

METODOLOGÍA PARA EL USO RACIONAL Y EFICIENTE DE LA ENERGÍA DESDE EL ENFOQUE EXERGÉTICO EN INDUSTRIA DE CAUCHOS RECORD LTDA

Autor: GERMÁN ALFONSO OSMA PINTO



UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

**FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO MECÁNICAS
INGENIERÍA ELÉCTRICA
BUCARAMANGA, 2 007**

METODOLOGÍA PARA EL USO RACIONAL Y EFICIENTE DE LA ENERGÍA DESDE EL ENFOQUE EXERGÉTICO EN INDUSTRIA DE CAUCHOS RECORD LTDA

**Trabajo de grado para optar por el título de
Ingeniero Electricista**

Autor: GERMÁN ALFONSO OSMA PINTO

Director: GABRIEL ORDÓÑEZ PLATA
Doctor Ingeniero Industrial

Codirector: CARLOS ARTURO CÁRDENAS GUERRA
Magíster en Ingeniería. Área Ingeniería Eléctrica



UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

**FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO MECÁNICAS
INGENIERÍA ELÉCTRICA
BUCARAMANGA, 2 007**

AD MAOIREM GLORIAM DEI

PER AMOREM BEATAE MARIAE VIRGINI

PER CONVERSIONEM PECCATORUM

**Abuna di bishemaya
Itqaddash shemak,
Tete maltutak
tit'abed re'utak
kedi bi shemaya kan ba ar'a
Lajmana hab lana sekom yom beyoma
U shebok lana jobeina
Kedi af anajna shebakna lejeibina
Weal ta'alna lenision,
Ela peshina min bisha.**

Per semper caritas. Per Semper Christus.

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por haberme encontrado, por mis padres, Alfonso y Marien, por mis hermanos, Carolina y Julio Cesar, y por mi sobrino Juan José, por haberme dado una familia que me ha apoyado siempre, por ser quien soy, por permitirme conocer personas muy valiosas, y por este ciclo de mi vida y por su culminación en mi proceso de formación, de ser, de amar y de servir.

Al Dr. Gabriel Ordoñez Plata, por su amistad durante estos últimos años, por ser un ejemplo para jóvenes de lo que debe ser un profesional, en entrega y servicio a los demás. Que Dios lo bendiga y le lleve a Él.

Al Msc. Carlos Arturo Cárdenas Guerra, por su confianza, enseñanza, paciencia y ánimo durante el desarrollo de este trabajo.

A la comunidad E3T, que me acogió y durante estos años me acompañaron y ayudaron en este proceso de formación humana y técnica en mi vida universitaria.

A Industria Cauchos Record Ltda, por la confianza y disposición que permitieron la realización de este trabajo de grado.

CONTENIDO

	Pág.
1. INTRODUCCIÓN	1
2. CONSIDERACIONES GENERALES	3
2.1. LA CALIDAD: NECESIDAD EMPRESARIAL	3
2.2. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL TRABAJO	5
2.2.1. Identificación del problema	5
2.2.2. Justificación para solucionarlo	6
2.2.3. Objetivos del trabajo	6
2.2.4. División de Recursos Humanos.	7
2.3. EXERGÍA ELÉCTRICA	7
2.3.1. Consideraciones exergéticas	8
2.3.2. Potencia y energía	9
2.3.3. La potencia eléctrica	9
2.3.4. El significado físico de las potencias eléctricas	12
2.3.5. Irreversibilidades eléctricas	16
2.3.6. Comentarios finales	21
3. METODOLOGÍA PARA EL USO RACIONAL Y EFICIENTE DE LA ENERGÍA DESDE EL ENFOQUE EXERGÉTICO	22
3.1. UNA SOLUCIÓN DE INGENIERÍA APLICADA	22
3.1.1. Programa URE	23
3.1.2. Resultados esperados de un programa URE	24
3.2. FASES DE LA METODOLOGÍA	25
3.2.1. Fase 1: La toma de conciencia	25
3.2.2. Fase 2: Identificación del problema	25
3.2.3. Fase 3: Desarrollo del plan	25
3.2.4. Fase 4: Programa URE	26
3.3. CICLO DE VIDA DE LA METODOLOGÍA	26

3.4. ETAPAS DE LA METODOLOGÍA PROPUESTA	Pág. 27
FASE 1. TOMA DE CONCIENCIA	27
3.4.1. Etapa 1: Emprendimiento gerencial	28
3.4.2. Etapa 2: Conocimiento básico inicial	29
3.4.3. Etapa 3: Análisis de información	29
FASE 2. IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA	29
3.4.4. Etapa 4: Filosofía exergética	29
3.4.5. Etapa 5: Identificación y formulación matemática de flujos	30
3.4.6. Etapa 6: Medición de variables físicas y cuantificación de los flujos	30
3.4.7. Etapa 7: Análisis termoeconómico	31
FASE 3. DESARROLLO DEL PLAN	31
3.4.8. Etapa 8: Ideas y alternativas	31
3.4.9. Etapa 9: Diseño y formulación	32
3.4.10. Etapa 10: Evaluación y aprobación	32
FASE 4. PROGRAMA URE	33
3.4.11. Etapa 11: Administración y dirección	33
3.4.12. Etapa 12: Puesta en marcha	35
3.4.13. Etapa 13: Operatividad	35
3.5. PRECEDENCIA EN LA METODOLOGÍA	35
3.6. HERRAMIENTAS DE APOYO	36
3.7. PROGRAMA URE Y LOS SISTEMAS DE GESTIÓN EMPRESARIALES	37
3.7.1. Adaptación del programa URE a los sistemas de gestión	37
3.7.2. Sistemas de gestión de la calidad	37
3.7.3. Hacia un sistema de gestión energética con enfoque exergético – SG3E	38
4. SITUACIÓN ENERGÉTICA ACTUAL	40
4.1. ETAPA 1: EMPRENDIMIENTO EMPRESARIAL	41
4.2. ETAPA 2: CONOCIMIENTO BÁSICO INICIAL	42
4.2.1. Selección de los repuestos	44
4.2.2. Recolección de la información faltante	45
4.2.3. Descripción del consumo energético en el proceso productivo	48
4.3. ETAPA 3: ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN	48

	Pág.
5. MODELADO EXERGÉTICO	52
5.1. CONSIDERACIONES SOBRE LAS OPERACIONES DE PRODUCCIÓN IDENTIFICADAS	52
5.1.1. Generalidades de las operaciones de producción identificadas	52
5.1.2. Análisis del proceso productivo	53
5.2. FUNDAMENTOS Y CONSIDERACIONES PARA EL MODELADO	54
5.2.1. Teoría General de Sistemas – TGS	54
5.2.2. Modelo exergético	56
5.3. DESCRIPCIÓN DEL MODELO	57
5.3.1. Partes de un modelo exergético	57
5.3.2. Modelo base	57
5.3.3. Modelado por bloques	58
5.3.4. Naturaleza de los flujos identificados	59
5.3.5. Supuestos del modelo	60
5.3.6. El modelado exergético y la Termoeconomía	61
5.4. CONSIDERACIONES EN EL PROCESO DE MODELADO	61
5.4.1. Discontinuidad de los flujos	61
5.4.2. Esquema termoeconómico según el diagrama de operaciones	62
5.4.3. Configuraciones de los sistemas de producción	63
5.4.4. Valor exergético de los flujos del producto en proceso	64
5.5. MODELOS EXERGÉTICOS	66
5.5.1. Modelo exergético del torno	66
5.5.2. Modelo de los tanques para los tratamientos químicos	67
5.5.3. Operación de vulcanizado	68
5.5.4. Modelo exergético del generador de aceite caliente	69
5.5.5. Modelo exergético de las planchas	70
5.5.6. Modelo exergético del sistema hidráulico de vulcanizado	72
5.6. CUANTIFICACIÓN DE LOS FLUJOS	73
5.6.1. Consideraciones sobre variables identificadas	73
5.6.2. Cuantificación de las variables	73
5.6.3. Cuantificación de las variables influidas	74
5.6.4. Medición	75

6. ANÁLISIS TERMOECONÓMICO	Pág. 76
6.1. APLICACIÓN DE LA TEORÍA DEL COSTO EXERGÉTICO EN INDUSTRIA CAUCHOS RECORD LTDA	76
6.2. ANÁLISIS TERMOECONÓMICO POR REPUESTOS	79
6.2.1. Valoración económica de los flujos entrantes	80
6.2.2. Caso de aplicación	82
6.3. ANÁLISIS TERMOECONÓMICO DE LOS EQUIPOS	90
6.3.1. Tornos	95
6.3.2. Tanques de tratamientos químicos	98
6.3.3. Sistema de vulcanizado	100
7. CONSIDERACIONES INICIALES PARA EL DESARROLLO DE LA FASE 3	106
7.1. ANÁLISIS A LOS COMPONENTES DE LOS EQUIPOS	108
7.2. ANÁLISIS TERMOECONÓMICO ENRIQUECIDO	110
8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	113
BIBLIOGRAFÍA	121
ANEXOS	125

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
1. Calidad de la energía.	8
2. Valores característicos del circuito de la figura 3.	14
3. Valores característicos del circuito en función de la potencia reactiva.	17
4. Valores característicos del circuito en función del ángulo de la carga.	17
5. Valores característicos de un circuito en función de la variación de la potencia aparente.	19
6. Herramientas de apoyo.	36
7. Repuestos fabricados.	43
8. Inventario de los equipos.	43
9. Nivel de producción de los repuestos seleccionados.	44
10. Información de los repuestos seleccionados.	45
11. Simbología de los elementos de un diagrama de operaciones.	46
12. Tipo de energía utilizada en cada equipo.	49
13. Consumo energético.	50
14. Carga instalada por proceso o servicio.	50
15. Carga, consumo y costo por contador.	51
16. Operaciones por componente.	53
17. Bloques definidos.	58
18. Flujos de entrada y salida de los bloques definidos.	59
19. Flujos identificados en el torno.	66
20. Formulación matemática de los flujos en el torno.	67
21. Flujos identificados en los tanques de tratamientos químicos.	67
22. Formulación matemática de los flujos en los tanques de tratamientos químicos.	68
23. Flujos identificados en el generador de aceite caliente de vulcanizado.	69
24. Formulación matemática de los flujos del generador de aceite caliente de vulcanizado.	69
25. Flujos identificados en las prensas de vulcanizado.	70
26. Formulación matemática de los flujos en las prensas de vulcanizado.	71

**METODOLOGÍA PARA EL USO RACIONAL Y EFICIENTE DE LA ENERGÍA DESDE EL ENFOQUE EXERGÉTICO
EN INDUSTRIA CAUCHOS RECORD LTDA**

Índice de tablas

	Pág.
27. Flujos identificados en el sistema hidráulico de vulcanizado.	72
28. Formulación matemática de los flujos en el sistema hidráulico de vulcanizado.	72
29. Variables identificadas.	73
30. Variables medidas.	73
31. Equipos de medición empleados.	75
32. Presentaciones del acero.	80
33. Costo de las piezas de acero por repuesto.	81
34. Costos del caucho según su espesor.	81
35. Espesor del caucho utilizado por cada repuesto.	81
36. Componentes del sistema de producción del repuesto Soporte Motor Bisón.	82
37. Costos exergéticos y costos exergéticos unitarios de los flujos del repuesto Soporte Motor Bisón.	84
38. Aumento de los costos exergéticos por equipo.	85
39. Costos exergéticos y costos exergoeconómicos del repuesto Soporte Motor Bisón.	87
40. Flujos entrantes del repuesto Soporte Motor Bisón.	88
41. Fuels, productos e irreversibilidades por equipo del repuesto Soporte Motor Bisón.	88
42. Irreversibilidades y valor agregado ganado por equipo en la producción del repuesto Soporte Motor Bisón.	89
43. Participación de los equipos en la producción de los repuestos seleccionados.	92
44. Fuels, productos e irreversibilidades por operación por equipo.	93
45. Fuels, productos e irreversibilidades por equipo en un día.	93
46. Irreversibilidades y valor agregado ganado por equipo.	94
47. Fuels, productos e irreversibilidades de los componentes del modelo exergético del Torno Revólver.	95
48. Fuels, productos e irreversibilidades de los componentes del modelo exergético del Torno Jumbo.	96
49. Fuels, productos e irreversibilidades de los componentes del modelo exergético del Torno Paralelo.	97
50. Fuels, productos e irreversibilidades de los componentes del modelo exergético del TTQ1.	98
51. Fuels, productos e irreversibilidades de los componentes del modelo exergético del TTQ2.	99
52. Fuels, productos e irreversibilidades de los componentes del modelo exergético del generador de aceite caliente.	100
53. Fuels, productos e irreversibilidades de los componentes del modelo exergético del sistema hidráulico de vulcanizado.	102
54. Fuels, productos e irreversibilidades de los componentes del modelo exergético de las planchas de vulcanizado.	102

**METODOLOGÍA PARA EL USO RACIONAL Y EFICIENTE DE LA ENERGÍA DESDE EL ENFOQUE EXERGÉTICO
EN INDUSTRIA CAUCHOS RECORD LTDA**

Índice de tablas

55. Fuels, productos e irreversibilidades por equipo anuales.	Pág. 107
56. Observaciones y recomendaciones a los componentes.	109

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
1. Circuito CA monofásico.	10
2. Señales características del circuito de la Figura 1.	11
3. Circuito de un generador acoplado a una red de dos cargas.	14
4. Esquema de estudio.	17
5. Potencia pérdida.	18
6. Transformación de potencias.	18
7. Curvas características en un sistema debidas a la variación de potencia aparente.	19
8. Pérdidas debidas a la potencia activa y la potencia reactiva.	21
9. Resultados esperados.	24
10. Ciclo de vida de la metodología	26
11. Fases y etapas de la metodología establecida.	27
12. Administración y dirección de la metodología y del Programa URE.	34
13. Precedencia de las fases y etapas de la metodología.	36
14. Esquema del Sistema de Gestión de Calidad de la norma ISO 9 001: 2 000.	38
15. Esquema propuesto para el Sistema de Gestión Energética con Enfoque Exergético – SG3E.	39
16. Etapas de la Fase 1.	40
17. Tiempo de aplicación de la Fase 1.	40
18. Registro de la lista de chequeo de la información requerida.	42
19. Consumo mensual.	44
20. Consumo de energía eléctrica y de gas natural.	50
21. Grafo representativo de la estructura de un sistema.	55
22. Esquema del modelo base.	58
23. Diagrama de operaciones del producto A.	62
24. Esquema del modelo exergético del C1, C2 y C3.	63
25. Esquema para el análisis termoeconómico del producto A.	63
26. Esquema del modelo para el torno.	67

**METODOLOGÍA PARA EL USO RACIONAL Y EFICIENTE DE LA ENERGÍA DESDE EL ENFOQUE EXERGÉTICO
EN INDUSTRIA CAUCHOS RECORD LTDA**

Índice de figuras

	Pág.
27. Esquema del modelo para los tanques de los tratamientos químicos.	68
28. Modelos exergéticos determinados en la operación de vulcanizado.	68
29. Esquema del modelo para el generador de aceite caliente de vulcanizado.	69
30. Esquema del modelo para el sistema hidráulico de vulcanizado.	71
31. Esquema del modelo para las prensas de vulcanizado.	72
32. Sistema o componente de un sistema con un fuel y n productos.	78
33. Diagrama por flujos del sistema del proceso de producción del repuesto Soporte Motor Bisón.	83
34. Diagrama por equipos del sistema del proceso de producción del repuesto Soporte Motor Bisón.	86
35. Participación exergética en el proceso de producción del repuesto Soporte Motor Bisón.	88
36. Participación económica en el proceso de producción del repuesto Soporte Motor Bisón.	88
37. Exergía consumida por equipo en la producción del repuesto Soporte Motor Bisón.	89
38. Participación de las irreversibilidades por equipo en la producción del repuesto Soporte Motor Bisón.	89
39. Valor agregado entregado por equipo en la producción del repuesto Soporte Motor Bisón.	90
40. Consumo diario de los equipos de planta analizados.	94
41. Distribución de la exergía consumida por equipo.	94
42. Distribución de la exergía consumida por los componentes del modelo exergético del Torno Revólver.	95
43. Irreversibilidades por componente del modelo exergético del Torno Revólver.	96
44. Distribución de la exergía consumida por los componentes del modelo exergético del Torno Jumbo.	97
45. Irreversibilidades por componente del modelo exergético del Torno Jumbo.	97
46. Distribución de la exergía consumida por los componentes del modelo exergético del Torno Paralelo.	97
47. Irreversibilidades por componente del modelo exergético del Torno Paralelo.	98
48. Distribución del consumo por los componentes del modelo exergético del TTQ1.	99
49. Distribución del consumo por los componentes del modelo exergético del TTQ2.	99
50. Distribución del consumo por los componentes del modelo exergético del generador de aceite caliente.	101
51. Pérdidas por componente del modelo exergético del generador de aceite caliente.	101
52. Distribución del consumo por los componentes del modelo exergético del sistema hidráulico de vulcanizado.	102

**METODOLOGÍA PARA EL USO RACIONAL Y EFICIENTE DE LA ENERGÍA DESDE EL ENFOQUE EXERGÉTICO
EN INDUSTRIA CAUCHOS RECORD LTDA**

Índice de figuras

	Pág.
53. Pérdidas por componente del modelo exergético del sistema hidráulico de vulcanizado.	102
54. Distribución del consumo por los componentes del modelo exergético de las planchas de vulcanizado.	103
55. Comportamiento del consumo durante el en las planchas de vulcanizado.	103
56. Comparación entre la energía y la exergía consumida durante el proceso.	105
57. Pérdidas por componente del modelo exergético de las planchas de vulcanizado.	105
58. Dimensionamiento del análisis termoeconómico.	111

ÍNDICE DE ANEXOS

	Pág.
A. CONCEPTOS GENERALES SOBRE EL USO RACIONAL Y EFICIENTE DE LA ENERGÍA.	125
B. INDUSTRIA CAUCHOS RECORD LTDA.	137
C. LISTA DE CHEQUEO.	142
D. REPUESTOS SELECCIONADOS.	144
E. DISTRIBUCIÓN FÍSICA DE LAS INSTALACIONES.	175
F. DATOS PREMUESTRALES.	176
G. PRUEBA ESTADÍSTICA DE D'AGOSTINO.	178
H. ESTUDIO DE TIEMPOS DE LOS REPUESTOS SELECCIONADOS.	179
I. INFORMACIÓN ELÉCTRICA DE LA MAQUINARÍA.	216
J. MODELOS EXERGÉTICOS.	218
K. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LAS PRENSAS DE VULCANIZADO.	242
L. MODELOS EXERGÉTICOS DEL SISTEMA DE VULCANIZADO.	247
M. ESTUDIO DE PRESIONES.	266
N. ESTUDIO DE TEMPERATURAS.	277
O. ANÁLISIS DE TEMPERATURA.	296
P. CUANTIFICACIÓN DE LOS FLUJOS DE LOS MODELOS EXERGÉTICOS.	306
Q. VALORACIÓN MÁSICA, ENERGÉTICA Y EXERGÉTICA DE LOS FLUJOS.	332
R. TEORÍA DEL COSTO EXERGÉTICO – TCE.	348
S. SISTEMA DE ECUACIONES.	353
T. COMPORTAMIENTO DE LOS EQUIPOS.	366
U. ANÁLISIS TERMOECONÓMICO POR REPUESTO.	375
V. ANÁLISIS TERMOECONÓMICO POR EQUIPO.	405

NOTA: Los anexos de este libro se encuentran en el CD “Anexos”

ÍNDICE DE EXPRESIONES MATEMÁTICAS

	Pág.
1. Potencia eléctrica instantánea.	10
2. Potencia eléctrica instantánea para un circuito monofásico.	10
3. Valor eficaz de tensión.	10
4. Valor eficaz de corriente.	10
5. Componentes de la potencia eléctrica instantánea para un circuito monofásico.	10
6. Relación hipotética de potencia activa y exergía.	12
7. Relación hipotética de potencia reactiva y anergía.	12
8. Relación hipotética de potencia aparente y energía.	12
9. Relación de potencia activa.	12
10. Relación de potencia reactiva.	12
11. Relación de potencia aparente.	12
12. Energía.	13
13. Flujo de energía.	13
14. Potencia aparente.	13
15. Relación hipotética de potencias y energía en el tiempo.	13
16. Relación hipotética de potencias y flujo de energía.	14
17. Pérdidas en conductores en un sistema trifásico.	16
18. Equivalencia de potencias mecánica y eléctrica.	18
19. Diferencia de magnitudes entre potencias.	18
20. Potencia aparente en función de la potencia activa.	18
21. Factor de potencia en función del escalar β .	19
22. Escalar β	19
23. Relación escalar β y corrientes.	19
24. Pérdidas de potencia.	20
25. Pérdidas de potencia en función de P y Q.	20
26. Pérdidas de potencia debidas a la potencia aparente (S).	20
27. Pérdidas de potencia debidas a la potencia activa (P).	20

**METODOLOGÍA PARA EL USO RACIONAL Y EFICIENTE DE LA ENERGÍA DESDE EL ENFOQUE EXERGÉTICO
EN INDUSTRIA CAUCHOS RECORD LTDA**

Índice de expresiones matemáticas

	Pág.
28. Pérdidas de potencia debidas a la potencia reactiva (Q).	20
29. Pérdidas de potencia en función de PpMIN y Q.	20
30. Tamaño de la muestra.	45
31. Exergía de la pieza producida o del producto en proceso.	65
32. Exergía de la pieza producida en el molino.	67
33. Exergía de la pieza producida en los tanques de tratamiento químico.	68
34. Valoración exergética de los flujos salientes.	78
35. Desigualdad entre el producto total y el fuel.	78
36. Costo exergético del fuel.	78
37. Distribución del valor exergético del producto.	79
38. Costo exergético de los productos.	79
39. Relación de productos.	79
40. Costo exergético de cada producto.	79
41. Limitante de Carnot.	98
42. Eficiencia energética.	103
43. Eficiencia exergética.	103
44. Desigualdad entre el coeficiente energético y coeficiente exergético.	104

RESUMEN

TÍTULO: METODOLOGÍA PARA EL USO RACIONAL Y EFICIENTE DE LA ENERGÍA DESDE EL ENFOQUE EXERGÉTICO EN INDUSTRIA CAUCHOS RECORD LTDA*

AUTOR: GERMÁN ALFONSO OSMA PINTO**

PALABRAS CLAVE: exergía, termoeconomía, metodología, uso racional y eficiente de la energía.

En la actualidad los recursos energéticos más utilizados en el mundo, como los hidrocarburos, se agotan y sus precios se elevan; esto representa una preocupación mundial, que junto al calentamiento global son problemas a resolver para garantizar un desarrollo sostenible, para lo cual se requiere con urgencia que el uso racional y eficiente de la energía se convierta en una necesidad social.

En el actual sistema económico las empresas son uno de los actores principales; adicionalmente, la dinámica del mercado las exhorta a mejorar su productividad y competitividad para garantizar su existencia y crecimiento. Parte de esto se logra si los recursos energéticos, una parte importante de los costos de operación de una empresa, se manejan de forma adecuada; por tanto, se identifica esto como una necesidad del sector empresarial, requiriéndose el desarrollo de herramientas que les brinden oportunidades en este campo.

Con base en lo anterior, en este trabajo de grado se propone una metodología que atiende la necesidad social del uso racional y eficiente de la energía y la necesidad empresarial de mejorar los índices de productividad y competitividad con el manejo adecuado de los recursos energéticos utilizados. Con su aplicación se busca el diseño e implementación de un Programa URE, que posibilite el establecimiento de un sistema de gestión energética con enfoque exergético – SG3E.

La metodología propuesta tiene cuatro (4) fases, a su vez divididas en trece (13) etapas, y se basa en la realización de un análisis termoeconómico que se fundamenta en la teoría del costo exergético – TCE. Los fundamentos de la metodología propuesta son la exergía y la termoeconomía como esencia de su valor agregado, junto a la teoría general de sistemas, la administración de operaciones, la estructura de sistemas de gestión y un trabajo interdisciplinario de ingenierías.

Se realiza como primer paso en el proceso de validación de la metodología una aplicación en Industria Cauchos Record Ltda. Para esto se seleccionaron diez (10) productos, y se aplicaron a sus sistemas de producción, previo establecimiento, las Fases 1 y 2, y parte de la 3.

*Trabajo de grado

**Facultad de Ingenierías Físico – Mecánicas. Escuela de Ingenierías Eléctrica, Electrónica y Telecomunicaciones.

Director: Dr. Gabriel Ordóñez Plata. Codirectores: Msc. Carlos Arturo Cárdenas Guerra.

ABSTRACT

TITLE: METHODOLOGY FOR RATIONAL AND EFFICIENT USE OF ENERGY FROM THE FOCUS EXERGETIC IN INDUSTRIA CAUCHOS RECORD LTDA*

AUTHOR: GERMÁN ALFONSO OSMA PINTO**

KEY WORDS: exergy, thermoeconomic, methodology, rational and efficient use of energy.

At the present time the energy resources more used in the world, as the hydrocarbons, they are drained and their prices rise; this represents a world concern and the global heating are problems to solve to guarantee a sustainable development, for that which is required with urgency that the rational and efficient use of the energy transforms into a social necessity.

In the economic current system the companies are one of the main actors; additionally, the dynamics of the market exhorts them to improve its productivity and competitiveness to guarantee its existence and growth. It leaves of this it is achieved if the energy resources, an important part of the costs of operation of a company, they are managed in an appropriate way; therefore, it is identified this like a necessity of the managerial sector, being required the development of that tools offer them opportunities in this field.

With base in the above mentioned, in this grade work intends a methodology that assists the social necessity of the rational and efficient use of the energy and the managerial necessity of improving the indexes of productivity and competitiveness with the appropriate handling of the energy used resources. With their application it is looked for the design and implementation of a Program URE that facilitates the establishment of a system of energy management with exergetic focus.

The proposed methodology has four (4) phases, in turn divided in thirteen (13) stages, and it is based on the realization of an analysis termoeconómico that is based in the theory of the exergetic cost - TEC. The bases of the proposed methodology are the exergía and the thermoeconomic like essence of their added value, next to the general theory of systems, the administration of operations, the structure of management systems and an interdisciplinary work of engineering.

It is carried out as first step in the process of validation of the methodology an application in Industria Cauchos Record Ltda. For this ten (10) products were selected, and they were applied to their production systems, previous establishment, the Phases 1 and 2, and it leaves of 3.

* Degree work

**Physical – Mechanic Science Departament. School Electric Electronic Engineerings and Telecommunications.
Director: Dr. Gabriel Ordóñez Plata. *Codirectores:* Msc. Carlos Arturo Cárdenas Guerra.

1. INTRODUCCIÓN

El presente trabajo de grado tiene como objetivo establecer una metodología con enfoque exergético, como herramienta empresarial, que busca interiorizar, la filosofía del uso racional y eficiente de la energía, y así posibilitar la creación de un programa que propenda por este fin. Es un primer esfuerzo en el diseño e implementación de un sistema de gestión energética con enfoque exergético, SG3E, que pueda integrarse a cualquier estructura empresarial.

Parte de la metodología propuesta se validó en las instalaciones de la empresa Industria Cauchos Record Ltda, la cual tiene un sistema de producción con estructura de lote de trabajo, que se caracteriza por pequeñas cantidades de producción y una gran variedad de productos.

En este documento inicialmente se presenta una fundamentación que contextualiza tres aspectos: la energía como factor esencial de producción en las empresas, la descripción del trabajo de grado y algunas consideraciones sobre un análisis introductorio de la energía eléctrica desde la perspectiva exergética, donde se plantea una discusión con respecto al uso del término potencia en la ingeniería eléctrica, además de las irreversibilidades características de los circuitos eléctricos.

Seguidamente se muestra la metodología propuesta, sus trece (13) etapas comprendidas en cuatro (4) fases, y se presentan las herramientas para la aplicación de las mismas y algunas consideraciones.

Se documenta el desarrollo de la fase 1 de la metodología, **la toma de conciencia**, que muestra el estudio de la situación energética actual de las instalaciones de la empresa y se documenta la validación de la metodología para lo cual se seleccionan diez (10) repuestos que representan la producción de la empresa.

**METODOLOGÍA PARA EL USO RACIONAL Y EFICIENTE DE LA ENERGÍA DESDE EL ENFOQUE EXERGÉTICO
EN INDUSTRIA CAUCHOS RECORD LTDA**

CAPITULO 1. Introducción

En el capítulo 5 se desarrolla el modelado de los equipos identificados en el proceso de producción de los repuestos seleccionados que corresponde a la primera parte de la fase 2. En total, se realizaron nueve (9) modelos.

La parte final del desarrollo de la Fase 2, que corresponde al análisis termoeconómico de los procesos de las piezas seleccionadas, se presenta en el capítulo 6.

Se aclara que el presente trabajo no tiene dentro de su alcance propuestas de tipo económico relacionada con el URE; el objetivo general, tanto como los objetivos específicos, se orientaron hacia la consecución de una herramienta, como lo es la metodología propuesta, y su posible manera de aplicación en las primeras fase, por lo que el capítulo 7 sólo contiene algunas consideraciones, referentes a los equipos de producción, fundamentales para un posible desarrollo de la Fase 3.

Las conclusiones más relevantes del trabajo de grado así como algunas recomendaciones generales se presentan en el capítulo final.

Adicionalmente, en los anexos del documento se presenta la siguiente información: en el Anexo A se encuentran conceptos generales de fundamentación sobre el uso racional y eficiente de la energía, la relación entre la energía y la exergía, y como está última debiese ser el verdadero criterio para evaluar la eficiencia de cualquier sistema o equipo, en el Anexo B se presenta información básica de la empresa, en el Anexo C se puede consultar una lista de chequeo propuesta para la recolección de información, los Anexos D, E, F, H e I contienen información básica que se recolectó sobre los procesos de producción de la empresa, en especial de los repuestos seleccionados, el Anexo G hace referencia a una herramienta estadística para analizar la normalidad de los datos, en los Anexos J, K y L se muestra la información técnica de los equipos y los modelos exergéticos realizados, en los Anexos M, N, O, P y Q se presenta la información sobre las variables y la cuantificación de los flujos exergéticos, finalmente la base conceptual y matemática de la teoría del costo exergético se encuentra en el Anexo R y su aplicación detallada en los Anexos S, T, U y V.

2. CONSIDERACIONES GENERALES

En este capítulo se expone la importancia de la energía como un elemento clave en la existencia de cualquier actividad económica y su requerimiento en las empresas para el desarrollo de sus procesos, además se describe el proyecto de grado y se presentan algunas consideraciones sobre la energía eléctrica a tener en cuenta como fundamentación para el modelado exergético.

2.1. LA ENERGÍA: RECURSO EMPRESARIAL

En el actual sistema económico la interrelación en el entorno globalizado se desarrolla por medio de las empresas. Las definiciones de empresa que pueden encontrarse son diversas, al igual que sus tipos; aún así, se destacan dos términos, necesidad y capital, como la esencia del objetivo organizacional. La empresa atiende una necesidad que le da la posibilidad de existir, y un capital como beneficio de emprender dicho esfuerzo, y para cumplir con su objetivo organizacional transforma unas entradas en salidas, los productos y/o servicios que ofrece, para lo cual requiere del uso de recursos energéticos, razón por la cual se debe garantizar un uso eficiente de la energía.

Los problemas energéticos a nivel mundial: el agotamiento de los hidrocarburos, el incremento de sus precios y el calentamiento global, junto al consumismo, la falta de conciencia de las empresas por el desarrollo sostenible legan un desalentador panorama, dejándose intuir los grandes esfuerzos que se necesitan para encauzar el rumbo a un futuro menos autodestructivo.¹

En los últimos años, debido a los problemas antes expuestos, se ha iniciado una lucha por el desarrollo sostenible, parte de dichos esfuerzos se encaminan a realizar el mejor uso posible de los energéticos existentes, elevándose la eficiencia de los procesos manejados por las empresas.

¹ JARAMILLO DIAZ, Hebert. *Gestión energética en la industria [en línea]. Cali (Colombia). Estudios Gerenciales, Universidad ICESI, No 73 [octubre-diciembre de 1999], ISSN 0123-5923.*

METODOLOGÍA PARA EL USO RACIONAL Y EFICIENTE DE LA ENERGÍA DESDE EL ENFOQUE EXERGÉTICO EN INDUSTRIA CAUCHOS RECORD LTDA

CAPITULO 2. Consideraciones Generales

La presencia y variedad de recursos energéticos en una empresa depende de su costo, disponibilidad, de la maquinaria y diseño de las instalaciones. Al determinarse su consumo se conocen los requerimientos energéticos en sus procesos y con ello los costos asociados.²

La empresa por medio de los procesos de transformación a su materia prima presenta al cliente un producto con valor agregado, diferenciación por la que se está dispuesto a pagar, y debido a su participación en el proceso los recursos energéticos, en mayor o menor grado, lo generan. En especial, las empresas con sistemas de producción, por su intensa transformación de insumos, requieren cantidades importantes de recursos energéticos, y con ello crecen sus costos.

La administración de los recursos productivos se hace decisiva para la empresa en el crecimiento estratégico y la competitividad en el mercado, y ello se logra cuando se adoptan y/o se desarrollan operaciones eficientes y efectivas. Es así como el uso adecuado de los recursos energéticos puede considerarse como una llave para generar oportunidades de mayor productividad (medida que indica la adecuada utilización de los recursos o factores en la empresa) y una mejora en los índices de competitividad (capacidad de una empresa para mantener, incrementar o crear espacios en los mercados con rentabilidad a través de la innovación).³

Se hace lógico establecer un consumo adecuado de energía, que permita al productor de bienes o servicios reducir el costo de su producción, elaborando así un producto más competitivo en el mercado, y con ello, minimizando las emisiones relacionadas a su actividad, reduciendo el costo de las instalaciones y de los tratamientos necesarios para adecuarse a las normativas asociadas.

Dado que el costo de la energía se ha elevado, a que algunos recursos energéticos son no renovables, a la complejidad de generar energía de fuentes renovables, a la contaminación y al impacto social y ambiental, se han emprendido iniciativas de uso racional y eficiente de la energía en los procesos industriales. En definitiva, la energía es esencial en el modelo social existente y se hace necesario buscar y adoptar acciones que permitan su uso eficiente, pues los recursos que la proveen se agotan, otras fuentes de energía aún no alcanzan un nivel de adopción atractivo y su demanda debe suplirse.

² CAMPOS AVELLA, J.C., CARMONA Gabriel y LÓPEZ FORERO David. *Caracterización Energética de Empresas Industriales. Promigas Servicios Integrados S.A. Barranquilla. Colombia. 2005. 5 p.*

³ CHASE, Richard; NICHOLAS, Aquilano y ROBERT, Jacobs. *Administración de producción y operaciones. ED Mc Graw Hill. 2 004.*

2.2. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL TRABAJO

El presente trabajo de grado se enmarca en el contexto energético, identificando, en parte la magnitud de los problemas relacionados con los recursos energéticos y la dependencia social existente de éstos para mantener el actual estilo de vida, junto con el impacto ambiental asociado. Con base en esto, se plantea una metodología como herramienta que permita a las empresas realizar un uso eficiente de la energía.

2.2.1. Identificación del problema

La energía se ha convertido en un factor estratégico para el desarrollo y vigencia de cualquier nación. No obstante, mientras el consumo de energía aumenta, los recursos energéticos disminuyen, haciendo que se eleve el costo de la energía, hecho que se constituye en una preocupación de carácter global.⁴

El elevado costo de la energía ha hecho que las empresas, hayan asumido como una prioridad el control sobre su consumo. La forma más común de llevar a cabo dicho control consiste en la revisión periódica de los consumos tarifados; posteriormente se indaga cuales equipos registran los mayores consumos y una vez realizada la identificación se programa el mantenimiento correspondiente para que el consumo energético no sobrepase los valores nominales.

En ningún momento se tiene en cuenta que la energía se manifiesta de diferentes formas: trabajo, electricidad, calor, entre otras, las cuales presentan pérdidas en los diferentes procesos durante su utilización, y ocasionan, por consiguiente, una pérdida de eficiencia, no incluyéndose dicha consideración en la formulación del programa que se pueda implementar. Solo se hace un control sobre el consumo de la energía, pero no un mejoramiento de la eficiencia de ésta en los equipos y en los procesos, lo que en definitiva significa no realizar un uso racional y eficiente de la misma.

Un ejemplo de esto se presenta en el sector de autopartes, en especial en Industria de Cauchos Record Ltda, que requiere de grandes cantidades de energía para su funcionamiento, ya que

⁴ JARAMILLO DIAZ, Hebert. *Gestión energética en la industria [en línea]. Cali (Colombia). Estudios Gerenciales, Universidad ICESI, No 73 [octubre-diciembre de 1999], ISSN 0123-5923.*

cuenta con máquinas herramientas y otros equipos que en la mayoría de los casos funcionan gran parte del día, lo que posibilitaría obtener ahorros significativos en el consumo y en el uso eficiente de la energía, si se implementa un programa de gestión energética en su planta de producción.

2.2.2. Justificación para solucionarlo

El uso racional y eficiente de la energía puede considerarse como el camino para lograr objetivos sociales como conservar la energía y generar un impacto menos lesivo sobre el medio ambiente y objetivos corporativos como disminuir los costos asociados al consumo energético.

En la mayoría de las empresas, y en especial en aquellas en las que el costo energético representa un porcentaje importante de los costos de operación, se hace conveniente realizar una gestión energética, que apunte al mejoramiento y optimización de los procesos desde el uso eficiente de la energía, justificado por la rentabilidad obtenida en la reducción de los costos asociados.⁵

Dada la importancia de realizar un uso racional de energía en la empresa, se debe implementar y sostener mediante un programa, manejado a largo plazo. Por tal razón, el presente trabajo de grado pretende proporcionar una metodología, como herramienta que facilite el uso racional y eficiente de la energía para lo cual se presenta su aplicación en Industria Cauchos Record Ltda.

2.2.3. Objetivos del trabajo

Como objetivo general se busca establecer una metodología con enfoque exergético para la implementación de un plan de gestión energética en Industria Cauchos Record Ltda. A continuación se mencionan los objetivos específicos establecidos:

- Identificar la incidencia de los flujos exergéticos en las señales de tensión y corriente del suministro y consumo de energía eléctrica de los equipos utilizados para la producción de las piezas seleccionadas.

⁵ JARAMILLO DIAZ, Hebert. *Gestión energética en la industria [en línea]. Cali (Colombia). Estudios Gerenciales, Universidad ICESI, No 73 [octubre-diciembre de 1999], ISSN 0123-5923.*

- Realizar el estudio de la situación energética actual en Industria Cauchos Record Ltda.
- Establecer los modelos exergéticos de las operaciones realizadas para la producción de las siguientes piezas seleccionadas:

Soporte Motor Bisón	Soporte Mediano Tandem	Buje Muelle Delantero NPR
Caucho Eje Cardán	Soporte Izquierdo Motor	Repuesto Kodiak
Soporte Trasero Motor	Complemento Soporte Delantero	
Buje Muelle Dodge	Soporte Trailer Dite	

- Realizar el análisis termoeconómico a los procesos de producción de las piezas seleccionadas, identificando los costos exergéticos para valorar el uso racional y eficiente de la energía.

2.2.4. Industria Cauchos Record Ltda

Parte del presente trabajo se desarrolló en Industria Cauchos Record Ltda, empresa del sector de autopartes en Santander, debido a sus procesos industriales, los equipos utilizados y la colaboración para la realización de este esfuerzo académico.

Esta empresa manufacturera tiene por objeto social brindarle a la comunidad, pero en especial a todos aquellos propietarios de automóviles y vehículos de carga pesada, autopartes que combinan calidad, buen precio y una propuesta de valor para el cliente.

Industria Cauchos Record es una empresa privada, dedicada a la fabricación de soportes en caucho-metal para toda clase de vehículos y la industria en general, con objetivos claros y en función de su mercado, siempre bajo los más estrictos principios éticos y legales (ver información adicional en el Anexo B, o en la página web www.cauchosrecord.com).

2.3. EXERGÍA ELÉCTRICA

Para adelantar el modelado exergético presentado en el capítulo 5 se hace necesario realizar algunos razonamientos sobre la energía eléctrica desde el punto de vista exergético. Tales razonamientos se centran en definiciones clásicas manejadas en la ingeniería eléctrica como la potencia activa, la potencia reactiva y la potencia aparente, con el fin de determinar que parte de la energía eléctrica se transforma en otras formas de energía, en otras palabras, en exergía.

Para algunos investigadores, como por ejemplo Göran Wall, la energía eléctrica es 100% exergía, pero no se encuentra fundamentación que exponga de forma clara tal conclusión. Además, existen consideraciones como para pensar que la energía eléctrica tiene un factor exergético menor a 1.⁶

Para efectos del presente trabajo, solo se analizan los circuitos de corriente alterna. Las siguientes consideraciones se establecen como la base del estudio citado:

- Las definiciones de potencias como la activa, la reactiva, y la aparente, entre otras.
- La existencia de medidores de energía activa y energía reactiva.
- La necesidad de flujos de potencia reactiva para el uso de equipos inductivos (campo magnético) o capacitivos (campo eléctrico).

En ingeniería eléctrica se tiene como término más común potencia que energía. Por ejemplo, en el caso de la adquisición de un dispositivo, una característica importante que se tiene es la potencia de consumo, no la cantidad de energía que puede consumir en su vida útil. La potencia indica la tasa de consumo de la energía, y se define como la energía por unidad de tiempo, dE/dt .

2.3.1. Consideraciones exergéticas

El investigador Göran Wall, gran conocedor del tema exergético, realiza en su libro Exergetics (1998), que se plantea como una guía en lo relacionado a la exergía, una clasificación de las distintas formas de energía con base al índice de calidad. Esta clasificación se muestra en la tabla 1.

Tabla 1. Calidad de la energía.⁷

CLASIFICACIÓN	FORMA DE ENERGÍA	ÍNDICE DE CALIDAD (Factor Exergético)
EXTRA SUPERIOR	Energía Potencial	1
	Energía Cinética	1
	Energía Eléctrica	1
SUPERIOR	Energía Nuclear	Casi 1
	Luz Solar	0,93
	Energía Química	0,95
	Vapor Caliente	0,6
INFERIOR	Calor desechado	0,05
SIN VALOR	Radiación térmica sobre la Tierra	0

Este índice de calidad, o índice de la pureza de la energía, hace referencia a cuanta parte de ésta puede llegar a transformarse en otra forma de energía. Esta transformación efectiva se ha definido

⁶ WALL, Göran, Exergy Ecology Democracy. Documents to download in PDF format, Exergetics [en línea]. 1998, disponible en Internet: <URL: <http://www.exergy.se/>>.

⁷ WALL, Göran, Exergy Ecology Democracy. Documents to download in PDF format, Exergetics [en línea]. 1998, disponible en Internet: <URL: <http://www.exergy.se/>>.

como exergía. Por tanto, el índice de calidad refleja la exergía existente según la forma de energía. Como se aprecia en la tabla 1, junto a la energía potencial y la energía cinética, la energía eléctrica presenta un factor exergético de 1,0, clasificándose como energía de extra superior calidad.

Para efectos prácticos, se dice que la energía eléctrica puede convertirse en cualquier forma de energía que se desee, siempre y cuando se cuenten con los dispositivos requeridos.

Ni en este libro, Exergetics, ni en las demás publicaciones relacionadas que pudieron consultarse (*Exergy – A useful concept within resource accounting, 1 977, Exergy flows in industrial process, 1 996, y Can the greening of industry be profitable?, 1 997, Sweden, Göran Wall*), se presenta el planteamiento que condujo a la afirmación que la energía eléctrica es 100% exergía, por lo que se convierte en un cuestionamiento interesante de estudio.

2.3.2. Potencia y energía

El concepto de potencia se deriva del trabajo, W , que cuantifica la energía requerida para realizar el desplazamiento de una partícula por la componente de la fuerza a lo largo del desplazamiento o la magnitud que informa la diferencia de energía de un cuerpo al pasar entre dos estados.⁸

Se tiene que la potencia representa la tasa de la energía en el tiempo, por lo que para cuantificarla se considera esa tasa en el tiempo, y simplemente se evalúa con respecto al tiempo, en el caso de señales periódicas equivale al valor medio, como la potencia eléctrica en corriente alterna.

Para realizar el estudio citado, se presentan en primera instancia los conceptos de potencia en los circuitos eléctricos y después se revisa el significado físico de estas potencias y se analizan las irreversibilidades presentes en un circuito eléctrico.

2.3.3. La potencia eléctrica

La potencia eléctrica de un dispositivo cualquiera depende de su impedancia característica y de la tensión entre sus terminales, que imponen la intensidad de corriente que fluye por éste.

⁸ ALONSO, Marcelo; FINN, Edward J. *Physics*. ED Addison-Wesley Publishing Company, Inc. 1 996.

La potencia eléctrica instantánea, $p(t)$, se establece por el producto de la diferencia de potencial entre dichos terminales y la intensidad de corriente que pasa a través del dispositivo:

$$p(t) = v(t) * i(t) \tag{1}$$

Donde

$v(t)$, valor instantáneo de la tensión, V

$i(t)$, valor instantáneo de la corriente, A

En el caso de corriente alterna, sinusoidal, la potencia instantánea para un circuito monofásico, se determina de la siguiente forma,

$$p(t) = v(t) * i(t) = V_0 \cos(\omega t) * I_0 \cos(\omega t - \varphi) = V_0 * I_0 * \frac{\cos(\varphi)}{2} * (1 + \cos(2\omega t)) + V_0 * I_0 * \frac{\sen(\varphi)}{2} * \sen(2\omega t) \tag{2}$$

y dado que los valores eficaces de tensión y corriente para este caso corresponden a

$$V_{eff} = \frac{V_0}{\sqrt{2}} = \frac{\sqrt{2}}{2} V_0 \tag{3}$$

$$I_{eff} = \frac{I_0}{\sqrt{2}} = \frac{\sqrt{2}}{2} I_0 \tag{4}$$

se tiene, entonces que

$$p(t) = \underbrace{V_{eff} * I_{eff} * \cos(\varphi) * (1 + \cos(2\omega t))}_{\text{Término A}} + \underbrace{V_{eff} * I_{eff} * \sen(\varphi) * \sen(2\omega t)}_{\text{Término B}} \tag{5}$$

El término A se debe a la parte resistiva de la carga, y tiene un valor medio que indica la cantidad de trabajo útil que puede obtenerse. El término B se debe a la parte inductiva o capacitiva de la carga y se encuentra en función del tiempo, su naturaleza es fluctuante y su valor medio es cero.

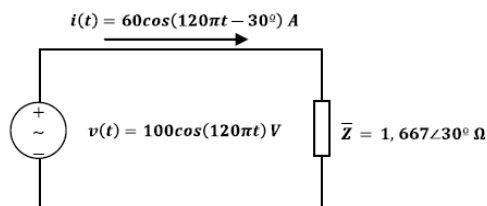


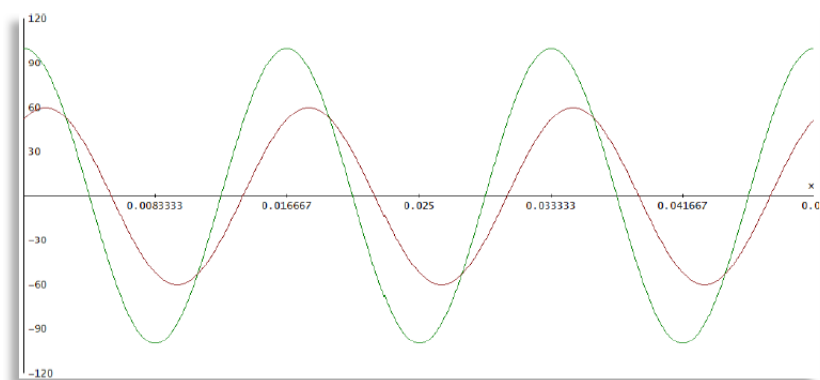
Figura 1. Circuito CA monofásico.

Con el fin de describir estos conceptos se toma como ejemplo un circuito monofásico de corriente alterna, el cual se muestra en la figura 1, en donde Z representa la impedancia de los conductores y de la carga. La impedancia tiene un factor de potencia de 0,866 en atraso. La figura 2 muestra las señales de tensión, corriente y potencia características del circuito monofásico de la figura 1.

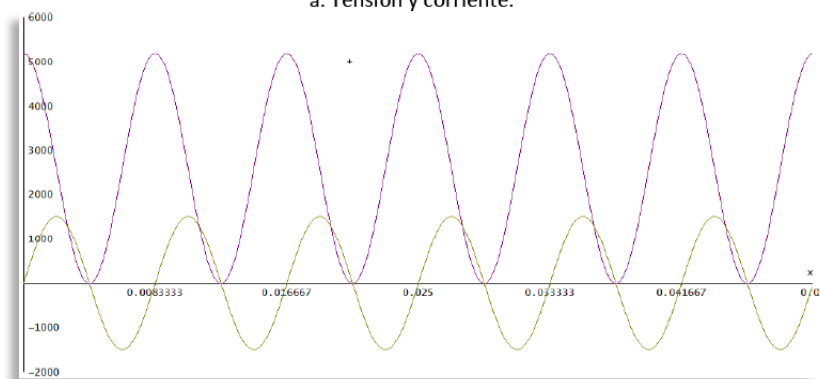
La tensión tiene un valor efectivo de 70,71V y la corriente tiene un valor efectivo de 42,43A. La potencia instantánea se describe de forma matemática como sigue

$$p(t) = 2\,598,1 * (1 + \cos(753,98t)) + 1\,500 * \text{sen}(753,98t) \text{ W}$$

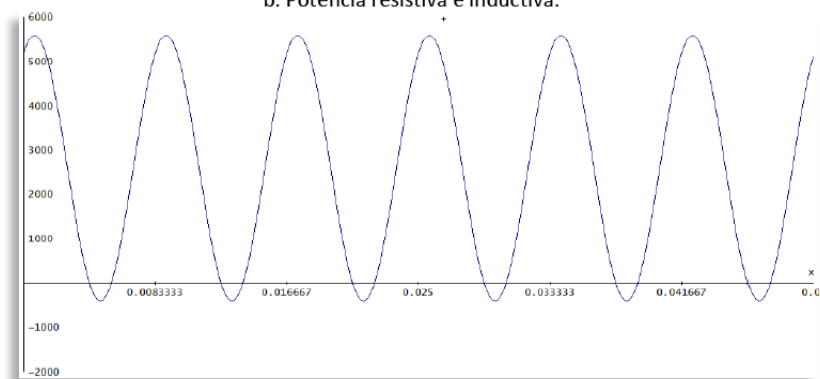
La potencia instantánea tiene una frecuencia que es el doble de la frecuencia de la señal de tensión. La potencia debida a la parte inductiva alcanza un valor pico de 1 500, con un valor medio nulo. La parte resistiva fluctúa de igual manera, pero tiene un valor medio de 2 598 W.



a. Tensión y corriente.



b. Potencia resistiva e inductiva.



c. Potencia instantánea.

Figura 2. Señales características del circuito de la Figura 1.

2.3.4. El significado físico de las potencias eléctricas

En ingeniería eléctrica se han definidos unas potencias que se emplean para la caracterización de los dispositivos de corriente alterna: la potencia activa, reactiva y la aparente. Aún hoy, existe una discusión abierta sobre el significado físico de estas potencias. Comúnmente, la potencia activa, P , se define como el valor promedio de la potencia instantánea, la potencia reactiva, Q , como el valor máximo de la potencia requerida ya sea para generar el campo magnético o eléctrico necesario en el funcionamiento de los dispositivos eléctricos y que tiene valor medio cero.

Con base en lo anterior podría asociarse, como hipótesis, que la potencia activa representa la tasa de exergía, y la potencia reactiva la tasa de anergía en el tiempo. A la par también puede darse sentido físico a la potencia aparente, S , como la tasa de energía en el tiempo, ya que acoge a P y a Q . Matemáticamente todo esto se expresa de la siguiente manera:

$$\int_{\tau} P dt = \text{Energía Activa} = \text{Exergía} \quad (6)$$

$$\int_{\tau} Q dt = \text{Energía Reactiva} = \text{Anergía} \quad (7)$$

$$\int_{\tau} S dt = \text{Energía Aparente} = \text{Energía} \quad (8)$$

Retomando el ejemplo del numeral anterior, se tiene que para un circuito monofásico la denominada potencia activa, reactiva y aparente se establecen de la siguiente manera:

$$P = V_{eff} * I_{eff} * \cos\phi \text{ (W)} \quad (9)$$

$$Q = V_{eff} * I_{eff} * \text{sen}\phi \text{ (VAR)} \quad (10)$$

$$S = V_{eff} * I_{eff} \text{ (VA)} \quad (11)$$

Reemplazando en el ejemplo de la figura 1 se tiene

$$P = 2\ 598\ W, \quad Q = 1\ 500\ VAR \quad \text{y} \quad S = 3\ 000\ VA$$

La potencia activa, P , presenta el mismo valor de la componente constante de la potencia instantánea ya determinada, lo cual se debe a que las expresiones son idénticas. Al evaluar la expresión (7) tomando el caso de un circuito monofásico se tiene que el valor medio de la potencia reactiva, Q , es cero; aún así, se analizará de forma más general su significado.

**METODOLOGÍA PARA EL USO RACIONAL Y EFICIENTE DE LA ENERGÍA DESDE EL ENFOQUE EXERGÉTICO
EN INDUSTRIA CAUCHOS RECORD LTDA**

CAPITULO 2. Consideraciones Generales

Al revisar las diversas definiciones de potencia y tener en la cuenta el comportamiento acumulado en el tiempo se tienen dos perspectivas. La primera, si la potencia se define estrictamente como trabajo útil, la potencia activa sería la única potencia real dentro de las definiciones de potencias eléctricas, y por tanto las demás no deberían llamarse potencias; y la segunda, si la potencia se define como la tasa a la que se produce o se consume energía, entonces, estas definiciones de potencias pudiesen tener un sentido físico, como por ejemplo asociar la potencia reactiva a la anergía.

En las dos perspectivas sobre la potencia se tiene como cierto que la potencia activa representa la tasa de exergía en el tiempo, y por lo tanto energía. Tomando como referencia la potencia activa se analizan la potencia reactiva y la aparente.

La exergía y la anergía tienen la misma naturaleza, son energía, su diferencia radica en la capacidad o no de producir trabajo. Ambas pueden sumarse, al igual que sus tasas en el tiempo, tal como se expresa a continuación:

$$\begin{aligned} \text{Exergía} + \text{Anergía} &= \text{Energía} & (12) \\ \frac{d(\text{Exergía})}{dt} + \frac{d(\text{Anergía})}{dt} &= \frac{d(\text{Energía})}{dt} & (13) \end{aligned}$$

La potencia aparente, por definición, es el producto del valor eficaz de la tensión por el valor eficaz de la corriente o la magnitud de la suma compleja de la potencia activa y la reactiva, esta última definición contrasta en su estructura matemática con la relación lineal entre la energía y la exergía.

$$S = |\bar{S}| = |\mathbf{P} + j\mathbf{Q}| = \sqrt{\mathbf{P}^2 + \mathbf{Q}^2} = V_{eff} * I_{eff} \text{ (VA)} \quad (14)$$

Ahora, en el caso de la potencia reactiva, se toma como referencia la expresión 12, y se plantea la incógnita de que la suma de la potencia activa y la potencia reactiva equivalgan a la tasa de la energía, por lo que si la potencia activa representa la tasa de la exergía, la potencia reactiva representaría la tasa de la anergía. Esta suma algebraica de tasas no tiene una representación definida en ingeniería eléctrica, ya que implicaría que:

$$\int_{\tau} \mathbf{P} dt + \int_{\tau} \overset{?}{\mathbf{Q}} dt = \text{Energía} \quad (15)$$

$$\mathbf{P} + \mathbf{Q} = \overset{?}{\frac{d(\text{Energía})}{dt}} \quad (16)$$

Para concluir sobre la veracidad o falsedad de este planteamiento primero se recurre al ejemplo trabajado, donde la suma de la potencia activa y la potencia reactiva, da como resultado

$$P + Q = 2\,598 + 1\,500 = 4\,098$$

valor que no se asocia a la potencia instantánea del circuito.

Para presentar otros elementos sobre este aspecto se recurre a un segundo ejemplo (ver figura 3). El generador se encuentra conectado a una turbina y para efectos prácticos, se consideran ideales las líneas de transmisión; de tal forma que las cargas se encuentran en paralelo.

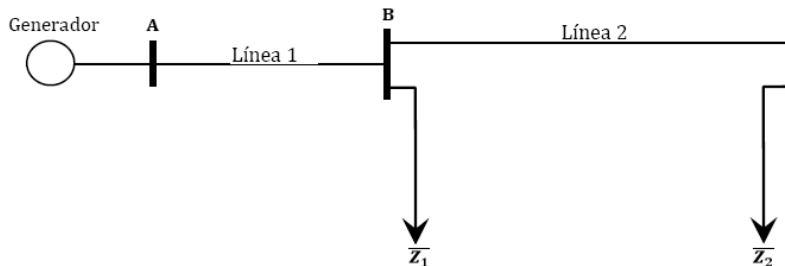


Figura 3. Circuito de un generador acoplado a un red de dos cargas.

Se tienen los siguientes valores característicos del sistema trifásico:

Impedancia de las líneas 1 y 2 $\overline{Z}_{L1} = \overline{Z}_{L2} = 0 \, \Omega$

Tensión de generación y barras $\overline{V}_A = \overline{V}_B = \overline{V}_C = 13,8 \angle 0^\circ \text{ kV}$

Impedancia de las cargas conectadas a las barras B y C $\overline{Z}_1 = 5,385 \angle 21,801^\circ \, \Omega$, $\overline{Z}_2 = 7,124 \angle -29,426^\circ \, \Omega$

Con base en esta información se determinan las potencias en cada carga, por ende en las barras B y C, para así establecer la potencia en la barra A (ver tabla 2).

Tabla 2. Valores característicos del circuito de la figura 3.

PUNTO	TENSIÓN (kV)	R (Ω)	X (Ω)	Z (Ω)	α ($^\circ$)	I (kA)	P (MW)	Q (MVAR)	S (MVA)
Carga 1 - Barra B	13,8	5,0	2,0	5,385	21,801	4,439	98,51	39,40	106,10
Carga 2 - Barra C	13,8	6,205	-3,5	7,124	-29,426	3,355	69,85	-39,40	80,16
Barra A	13,8	3,393	0,0	3,393	0,0	7,045	168,36	0,0	168,36

El Primer Principio de la Termodinámica establece que la energía no se crea ni se destruye, la energía se transforma. Tomando este enunciado la energía requerida por las cargas del sistema debe equivaler a la energía entregada por el generador a la red, y se tiene como hipótesis que las potencias características de la barra A equivalen a la suma de las potencias de las cargas.

**METODOLOGÍA PARA EL USO RACIONAL Y EFICIENTE DE LA ENERGÍA DESDE EL ENFOQUE EXERGÉTICO
EN INDUSTRIA CAUCHOS RECORD LTDA**

CAPITULO 2. Consideraciones Generales

Para determinar la energía eléctrica entregada por el generador se obtiene a la potencia entregada por este, que equivale a la potencia de consumo de la barra A. Por tanto, la tasa de generación de energía se establece en 168,36 MW, que se consume en la cargas 1 y 2, con 98,51 MW y 69,85 MW respectivamente. Por lo que no habiendo pérdidas en las líneas, se ha determinado el destino de la exergía producida y la energía transformada, puesto que no se cuantifica anergía en la barra A.

Ahora en cuanto a la potencia reactiva se tiene que entre la barra B y la barra C existe un flujo de reactivos de 39,40 MVAR, y dado que se ha explicado en su totalidad el destino de la energía y la exergía entregada al sistema, se tiene que este flujo no puede representar energía de ningún tipo.

El flujo de reactivos producido por la característica inductiva o capacitiva de la carga puede tomar una parte muy mínima de la exergía entregada al motor, esto por la corriente en los devanados del mismo, y el eventual campo generado. Más de ninguna forma proporcional a las magnitudes referidas, como para argumentar que dichas potencias reactivas representan la tasa de exergía destruida por las condiciones de funcionamiento del motor.

La magnitud de la potencia reactiva se debe a los valores de tensión, corriente y factor de potencia, de igual manera que para las demás potencias, por consiguiente, aunque las demás expresiones denominadas potencias se determinen con las mismas magnitudes, no implica que tengan la misma naturaleza y el mismo significado físico, o algún significado físico.

La impedancia vista desde la barra A es resistiva, razón por la cual, la potencia aparente y la potencia activa tienen la misma magnitud, no existiendo en el punto A reactivos.

No se necesita, en este caso los valores de potencia reactiva y aparente de ningún punto en el sistema. Esto indica que no tienen un significado físico relacionado con la energía eléctrica. Por consiguiente, lo planteado en las expresiones 7,8, 15 y 16 es falso.

La potencia reactiva va y viene de la carga 1 a la carga 2, y viceversa. No produciendo trabajo, pero elevando el valor de la corriente en ese segmento. Lo que para un circuito que describa un sistema real, ese aumento de corriente hará que las pérdidas en los conductores aumenten.

2.3.5. Irreversibilidades eléctricas

Las irreversibilidades se definen como la destrucción de exergía. En el caso eléctrico, éstas tienen lugar en todos los componentes del circuito y se debe a la existencia de una resistencia eléctrica en ellos, que por su estructura química se opone al libre flujo de la corriente⁹. En los conductores eléctricos es donde se presentan la mayoría de las irreversibilidades.

Dependiendo del diseño, se elige para un sistema un calibre de conductor determinado, y sin importar cual sea su capacidad amperométrica siempre existirán pérdidas por efecto Joule. La potencia consumida en los conductores eléctricos para un sistema trifásico balanceado es igual a:

$$P_p = 3 * I^2 * R \quad (17)$$

donde I representa la corriente, R la resistencia del mismo y P_p la potencia consumida por los conductores.

La potencia reactiva aumenta la magnitud de la potencia aparente, disminuyendo el factor de potencia con un aumento de la corriente, esto se refleja en las irreversibilidades ocasionadas.

El aumento de la potencia reactiva y de la intensidad de corriente ocasiona pérdidas de potencia en los conductores y como consecuencias se tienen aumento de temperatura, caídas de tensión, incrementos de potencia de transformadores, entre otras.

En la figura 4 se muestra el esquema de estudio para apreciar el efecto de la potencia reactiva en la corriente y la potencia consumida por el conductor de una línea de transmisión o distribución de energía eléctrica, que tiene una resistencia de $1,0 \Omega$, la tensión de la barra es de $13,8 \text{ kV}$ (barra infinita) y la carga tiene una potencia de 100 kW .

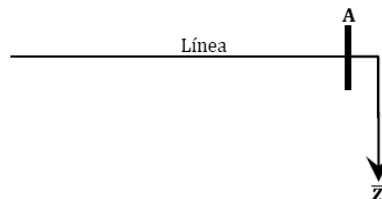


Figura 4. Esquema de estudio.

⁹ ALONSO, Marcelo; FINN, Edward J. *Physics*. ED Addison-Wesley Publishing Company, Inc. 1 996.

**METODOLOGÍA PARA EL USO RACIONAL Y EFICIENTE DE LA ENERGÍA DESDE EL ENFOQUE EXERGÉTICO
EN INDUSTRIA CAUCHOS RECORD LTDA**

CAPITULO 2. Consideraciones Generales

Para apreciar las variaciones que ocasiona la potencia reactiva de la carga en las pérdidas de potencia (potencia consumida por los conductores de la línea), se realizó un barrido de valores de esta potencia desde -100kVAR a 100kVAR, y en el ángulo de la carga de -45° a 45°. Los resultados en función de la potencia reactiva se encuentran en la tabla 3 y en función del ángulo de la carga en la tabla 4.

Tabla 3. Valores característicos del circuito en función de la potencia reactiva.

Q (kVAR)	S (kVA)	fp	I (A)	I/I _{MIN}	α (°)	P _P (W)	P _P /P _{P_{MIN}}
0	100,0	1,000	4,18	1,00	0	52,5	1,00
± 20	102,0	0,980	4,27	1,02	± 11,3	54,6	1,04
± 40	107,7	0,929	4,51	1,08	± 21,8	60,9	1,16
± 48,4	111,1	0,900	4,65	1,11	± 25,8	64,9	1,24
± 60	116,6	0,858	4,88	1,17	± 31,0	71,4	1,36
± 80	128,1	0,781	5,36	1,28	± 38,7	86,1	1,64
± 100	141,4	0,707	5,92	1,42	± 45,0	105,0	2,00

Tabla 4. Valores característicos del circuito en función del ángulo de la carga.

α (°)	Q (kVAR)	S (kVA)	I (A)	I/I _{MIN}	P _P (W)	P _P /P _{P_{MIN}}
0	0,0	100,0	4,18	1,00	52,5	1,00
± 10	17,6	101,5	4,25	1,02	54,1	1,03
± 20	36,4	106,4	4,45	1,07	59,5	1,13
± 30	57,7	115,5	4,83	1,16	70,0	1,33
± 40	83,9	130,5	5,46	1,31	89,5	1,70
± 45	100,0	141,4	5,92	1,42	105,0	2,00

Las columnas I/I_{MIN} y P_P/P_{P_{MIN}} son adimensionales y la relación de valores que muestran se cumplen para cualquier caso, por lo tanto, se aprecia como para una cantidad de reactivos de igual magnitud a la potencia activa consumida, la corriente aumenta un 42%, restringiendo la capacidad de conducción del conductor. Las pérdidas de potencia activa, tasa de irreversibilidades, aumentan en 100% cuando el ángulo de la carga es 45°, factor de potencia (fp) igual a 0,707.

En el caso de un factor de potencia igual a 0,9 donde la magnitud de la potencia reactiva es aproximadamente la mitad de la potencia activa, la corriente aumenta un 11%, siendo la irreversibilidad un 24% mayor que para un sistema eléctrico con factor de potencia unitario.

En la figura 5 se muestra el aumento de las irreversibilidades en función de la potencia reactiva (5.a) y del ángulo de la carga (5.b), el cual tiene una tendencia parabólica.

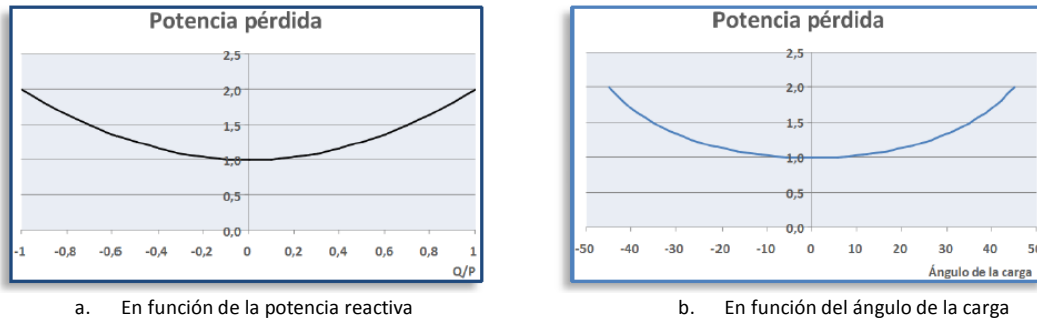


Figura 5. Potencia pérdida

Ahora, se analizan las irreversibilidades de un sistema considerando la variación de la potencia aparente con respecto a la potencia activa.

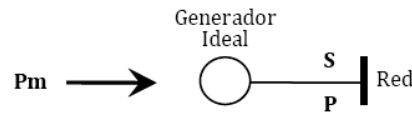


Figura 6. Transformación de potencias.

Se tiene en la figura 6 la transformación de la potencia mecánica, P_m , en potencia eléctrica, P , mediante un generador eléctrico ideal (sin pérdidas de potencia en la transformación), siendo

$$P_m = P \quad (18)$$

Se tiene que la red a la cual se conecta el generador eléctrico presenta reactivos, siendo la potencia aparente, S , en magnitud mayor a la potencia activa, P .

La expresión (19) denota la diferencia (δ) entre la magnitud de la potencia aparente y la potencia activa (esto a pesar de que la diferencia no tiene un significado físico). Esta diferencia se establece en función de la potencia activa, P , mediante el escalar β .

$$\delta = S - P = \beta * P \quad (19)$$

Por lo que se puede expresar la potencia aparente en función de la potencia activa como:

$$S = P + \delta = P + \beta * P = P(1 + \beta) \quad (20)$$

quedando el factor de potencia de la siguiente forma:

$$f_p = \frac{P}{S} = \frac{P}{P(1 + \beta)} = \frac{1}{(1 + \beta)} \quad (21)$$

despejando el escalor β se tiene que

$$\beta = \frac{1 - fp}{fp} = \frac{S - P}{P} \quad (22)$$

El fin de este análisis es determinar en las pérdidas producidas en los conductores la influencia de la variación de la potencia aparente respecto a la potencia activa. En la tabla 5 se presentan los resultados, donde el término I/I_{MIN} significa la relación de la magnitud de la corriente eléctrica dada con respecto a la corriente mínima posible que se da para un factor de potencia unitario, $P_p/P_{P_{MIN}}$ significa la relación de la magnitud de la potencia consumida por los conductores con respecto a la mínima potencia consumida en éstos para un factor de potencia unitario.

Tabla 5. Valores característicos de un circuito en función de la variación de la potencia aparente.

S/P	fp	Q/P	I/I _{MIN}	P _p /P _{P_{MIN}}	β	$\beta + 1$
1,00	1,00	0,00	1,00	1,00	0%	1,00
1,11	0,90	0,48	1,11	1,24	11%	1,11
1,20	0,83	0,66	1,20	1,44	20%	1,20
1,40	0,71	0,98	1,40	1,96	40%	1,40
1,60	0,63	1,25	1,60	2,56	60%	1,60
1,80	0,56	1,50	1,80	3,24	80%	1,80
2,00	0,50	1,73	2,00	4,00	100%	2,00

La figura 7 muestra el comportamiento de los siguientes factores: P_p/P_{p_min} , fp, y Q/P. Además, se tiene que los valores hallados tienen la siguiente relación:

$$\beta + 1 = \frac{I}{I_{MIN}} \quad (23)$$

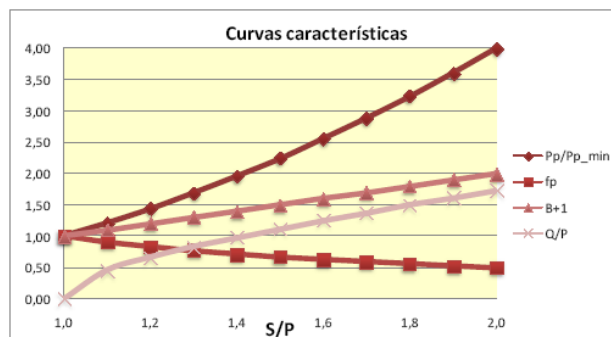


Figura 7. Curvas características en un sistema debidas a la variación de potencia aparente.

Por ejemplo, para el caso de un circuito que teniendo un factor de potencia unitario baje a 0,90 por una nueva carga inductiva conectada, se tiene que aparecerá una potencia reactiva Q que será el 48% de la potencia activa P, y su potencia aparente S aumentará un 11%, al igual que la corriente de los conductores, así las pérdidas habrán alcanzado un incremento del 24%.

Ahora, se desea establecer si es posible determinar de qué manera influyen la potencia activa y la potencia reactiva en las pérdidas de potencia generadas. Para esto se define la potencia de pérdidas en función de P y Q como se muestra a continuación:

$$\frac{Pp}{Pp_{MIN}} = \frac{3 * I^2 * R}{3 * I_{MIN}^2 * R} = \frac{I^2}{I_{MIN}^2} = \frac{1}{fp^2} = \frac{S^2}{P^2} = \frac{P^2 + Q^2}{P^2} = 1 + \left(\frac{Q}{P}\right)^2$$

$$\frac{Pp}{Pp_{MIN}} = 1 + \left(\frac{Q}{P}\right)^2 \quad (24)$$

$$Pp = \left(1 + \left(\frac{Q}{P}\right)^2\right) * Pp_{MIN} = \left(\frac{P^2 + Q^2}{P^2}\right) * 3 * I_{MIN}^2 * R$$

$$P = \sqrt{3} * V * I * fp = \sqrt{3} * V * I_{MIN} \rightarrow I_{MIN} = \frac{P}{\sqrt{3} * V}$$

$$Pp = \left(\frac{P^2 + Q^2}{P^2}\right) * 3 * \frac{P^2}{3 * V^2} * R = \frac{P^2 + Q^2}{V^2} * R$$

$$Pp = \frac{P^2 + Q^2}{V^2} * R \quad (25)$$

Potencia de pérdidas ocasionada la potencia aparente, S,

$$Pp = \frac{S^2}{V^2} * R \quad (26)$$

Potencia de pérdidas ocasionada la potencia activa, P,

$$Pp_P = \frac{P^2}{V^2} * R = Pp_{MIN} \quad (27)$$

Potencia de pérdidas ocasionada la potencia reactiva, Q,

$$Pp_Q = \frac{Q^2}{V^2} * R \quad (28)$$

Potencia de pérdidas ocasionada por la potencia activa y potencia reactiva,

$$Pp = Pp_P + Pp_Q = Pp_{MIN} + \frac{Q^2}{V^2} * R \quad (29)$$

La expresión (24) describe la gráfica 5. Las expresiones (25), (26), (27), (28) y (29) muestran el efecto de las potencias aparente, activa y reactiva en potencia pérdida en los conductores (ver figura 8). Es importante mencionar la independencia de los efectos de las potencias activa y reactiva en las pérdidas de potencia.

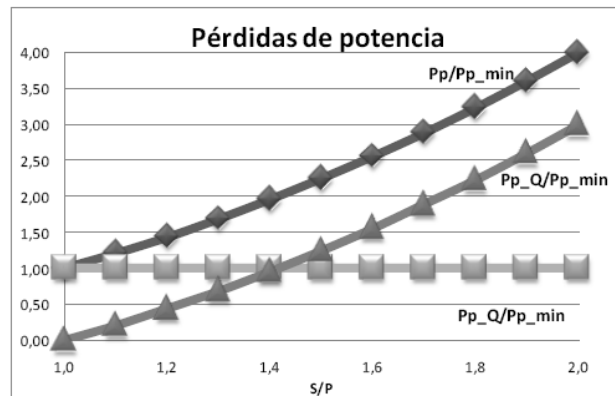


Figura 8. Pérdidas debidas a la potencia activa y la potencia reactiva.

2.3.6. Comentarios finales

Con respecto a las consideraciones planteadas se tiene que para la fundamentación del modelado exergético (Capítulo 5), la energía eléctrica tiene una calidad exergética del 100%, es decir toda la energía eléctrica se puede aprovechar para efectuar trabajo útil, y la tasa de exergía en el tiempo se representará por la magnitud de la potencia eléctrica P.

Teniendo en cuenta lo expuesto en el del numeral 2.3 se plantean las siguientes inquietudes:

- Si la potencia reactiva no tiene una connotación energética directa, y obviamente tampoco exergética, entonces qué significado físico tiene un medidor de energía reactiva y qué magnitud física se está midiendo en este dispositivo.
- Los equipos inductivos o capacitivos, por ejemplo motores, para funcionar necesitan reactivos, cuál es entonces el significado exergético de tal insumo.

3. METODOLOGÍA PARA EL USO RACIONAL Y EFICIENTE DE LA ENERGÍA DESDE EL ENFOQUE EXERGÉTICO - **TEXURE 1.0**

Las herramientas empresariales se establecen con el fin de afrontar alguna necesidad identificada; en el caso del sector industrial, el manejo eficiente de los energéticos se tiene como una necesidad para el cumplimiento de su objeto social debido a su costo, escasez e impacto ambiental. Su desarrollo asocia un número de aspectos a considerar, como la inversión para su obtención, el alcance, el período de aplicación, las disciplinas involucradas, etc.

El marco para el diseño, la operatividad y el alcance de la metodología tiene como referencia el aumento de la competitividad y productividad de la empresa, la reducción del desperdicio de energéticos y los costos asociados, una mayor eficiencia de los equipos y el sistema productivo desde el enfoque exergético; estableciéndose así, como un pilar en la política de la empresa.

En este capítulo se presentan algunas consideraciones sobre la metodología propuesta, que se ha denominado TEXURE, seguidamente se exponen sus fases y respectivas etapas.

3.1. UNA SOLUCIÓN DE INGENIERÍA APLICADA

La esencia de la ingeniería radica en la posibilidad de dar soluciones técnicas satisfactorias a problemas identificados en la sociedad, al facilitar conocimientos, herramientas e instrumentos.

Un problema se define como el planteamiento de una situación cuya respuesta desconocida debe obtenerse a través de métodos científicos. En esta categoría se encuentra el problema energético,

**METODOLOGÍA PARA EL USO RACIONAL Y EFICIENTE DE LA ENERGÍA DESDE EL ENFOQUE EXERGÉTICO
EN INDUSTRIA CAUCHOS RECORD LTDA**

CAPITULO 3. Metodología para el Uso Racional y Eficiente de la Energía desde el Enfoque Exergético - TEXURE

su tratamiento es de interés y conveniencia para los actores de la sociedad, uno de ellos la empresa, para así mejorar su productividad y competitividad.¹⁰

La ingeniería a aplicarse para llegar a una solución satisfactoria en el tema energético a de propender por la integralidad, para tener mayor profundidad y versatilidad; también se identifican como características deseables la sencillez, la operatividad, la efectividad, el costo, etc. Esto se hace posible trabajando con un enfoque interdisciplinario, tal y como se realizó en este trabajo de grado, pues se involucró la ingeniería eléctrica, la ingeniería industrial y la ingeniería mecánica.

Una metodología, conjunto de métodos que se siguen en una investigación o trabajo, se considera elemento esencial y estructural en la solución de un problema, para lo cual se requiere una base teórica y la selección de técnicas de investigación.

En este trabajo se determinó una metodología como el eje central de la solución propuesta para afrontar el problema energético. Ésta se despliega en fases, las cuales se dividen en etapas y tiene como objetivo establecer una solución, acorde a las condiciones específicas de la empresa que la implemente, por medio de su desarrollo, con la creación e implementación de un programa URE.

3.1.1. Programa URE

Un programa URE se constituye en el resultado de aplicar la metodología TEXURE y se define como un conjunto homogéneo y organizado de actividades a realizar, referentes al uso racional y eficiente de la energía desde el enfoque exergético en una empresa, buscando mayor productividad y competitividad, contribuyendo a enfrentar el desarrollo sostenible. Este propósito se alcanza en la medida en que se disminuyan las irreversibilidades o pérdidas de exergía.

Este programa se tiene como un proyecto de inversión y desarrollo empresarial interno; como una iniciativa que busca mejorar la eficiencia de los procesos existentes, y que aporta criterios importantes para la redistribución, ampliación o creación de nuevas unidades de negocio de la empresa.

¹⁰ *DICCIONARIO ENCICLOPÉDICO ILUSTRADO. PLAZA&JANES. Barcelona*

METODOLOGÍA PARA EL USO RACIONAL Y EFICIENTE DE LA ENERGÍA DESDE EL ENFOQUE EXERGÉTICO EN INDUSTRIA CAUCHOS RECORD LTDA

CAPITULO 3. Metodología para el Uso Racional y Eficiente de la Energía desde el Enfoque Exergético - TEXURE

Se consideran tres condiciones claves para el éxito de un programa URE: la primera, es considerar el programa URE como una oportunidad de negocio, según la presente tendencia mundial y política nacional, la segunda consideración es establecer las bases de ingeniería del programa URE teniendo en cuenta las aplicaciones de la filosofía exergética y de la termoeconomía, y como última consideración está la capacidad de desplegar una gestión energética con enfoque exergético, lo que se relaciona con emprender el programa.

3.1.2. Resultados esperados de un programa URE

Al aplicar el programa URE se espera la reducción del consumo energético, lo que se traduce en un ahorro económico, mejorando así, los índices de productividad y competitividad (ver figura 9); adicionalmente la reducción del consumo de energía contribuye a lograr un desarrollo sostenible.



Figura 9. Resultados esperados.

Los resultados esquematizados en la figura 9 no se diferencian de los posibles resultados obtenidos al emplear otros instrumentos o herramientas, para controlar el consumo de la energía, que existen en la actualidad, por lo que se requiere hacer énfasis en la diferenciación de la metodología propuesta en este trabajo con respecto a las demás técnicas que abordan el problema energético.

Esta diferenciación se soporta en dos pilares: el primer pilar trata sobre la participación organizacional que busca el programa URE, pues se concibe como un generador de productividad y competitividad, lo que significa una mayor utilidad, que propende en su desarrollo por la estructuración y consolidación de un sistema de gestión energética con enfoque exergético, SG3E,

**METODOLOGÍA PARA EL USO RACIONAL Y EFICIENTE DE LA ENERGÍA DESDE EL ENFOQUE EXERGÉTICO
EN INDUSTRIA CAUCHOS RECORD LTDA**

CAPITULO 3. Metodología para el Uso Racional y Eficiente de la Energía desde el Enfoque Exergético - TEXURE

como parte de la cultura organizacional de la empresa, y el segundo pilar se relaciona con la comprensión del problema, que se da al emplear la exergía como fundamento científico que posibilita la generación de soluciones más acertadas, delimitadas solo por la profundidad del análisis fijado y de los medios que se dispongan. Las mayores limitaciones de las soluciones encontradas hacen referencia a la tecnología y a la cuantificación de la exergía.

El real aporte de la metodología radica en la promoción de un programa que permita la gestión energética con un enfoque exergético y en el tratamiento exergético del problema.

3.2. FASES DE LA METODOLOGÍA TEXURE

La metodología TEXURE presenta cuatro (4) fases: toma de conciencia, identificación del problema, desarrollo del plan y programa URE.

3.2.1. Fase 1: Toma de conciencia

Consiste en generar un estado de conciencia en las directivas de la empresa, en el que se advierta la importancia y la necesidad de realizar un uso eficiente de la energía, se promueve la metodología como una aplicación de ingeniería concebida para atender esta necesidad y se busca la aceptación para desplegarla; posteriormente, se recolecta la información para conocer el funcionamiento de la empresa, sus procesos y todo lo relacionado al manejo de la energía.

3.2.2. Fase 2: Identificación del problema

Esta fase describe el desempeño organizacional y la administración de los recursos energéticos; se caracteriza por la dedicación y producción de ingeniería aplicada, y el esfuerzo humano y técnico, para puntualizar el problema energético con un adecuado manejo de la filosofía exergética, el modelado exergético de los procesos y equipos, y la termoeconomía sobre la información recopilada y analizada. El conocimiento del problema permite determinar la situación de la empresa y establecer los posibles focos a tratarse, o al menos los más críticos.

3.2.3. Fase 3: Desarrollo del plan

Las alternativas de solución se fundamentan en el análisis del problema, que permitirá establecer los criterios que deban estructurar la solución. Se adicionan los juicios técnicos, que indiquen las reales posibilidades de mejora en consumos, eficiencias, etc., lo cual señala los posibles niveles exergéticos, operativos y gerenciales. Posteriormente se contempla lo relacionado a un proyecto: formulación, evaluación, control de actividades y recursos para su implementación, así como los valores futuros de indicadores, inversiones y beneficios para la empresa en plazos específicos.

Como resultado de esta fase, debe formalizarse el plan del programa URE. El plan se presenta y sustenta a las directivas, las cuáles deciden sobre su implementación.

3.2.4. Fase 4: Programa URE

Sólo se da paso a la cuarta fase después de la aprobación del plan, para así iniciarse la implementación del programa URE, su puesta en marcha y su funcionamiento. El programa se concibe en una dinámica de mejoramiento continuo, por lo que esta fase tiene un inicio definido, pero no su terminación.

3.3. CICLO DE VIDA DE LA METODOLOGÍA

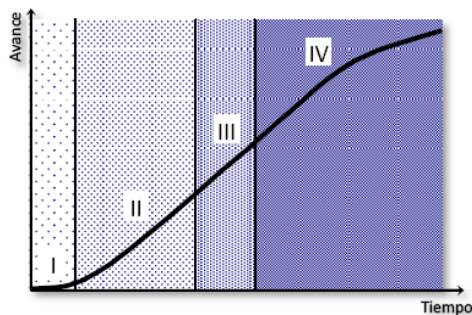


Figura 10. Ciclo de vida de la metodología.

La figura 10 describe el bosquejo del ciclo de vida de la metodología, con base en la experiencia de validación realizada en este trabajo, pero sobre todo en los ciclos de vida característicos de los

proyectos de inversión. De ninguna manera se refiere estrictamente a la duración de las fases, pues esto sólo puede establecerse después de un período de aplicación en varios escenarios.

3.4. ETAPAS DE LA METODOLOGÍA PROPUESTA - TEXURE

Crear e implementar el programa URE es el objetivo de la metodología, que está dividida en cuatro (4) fases, cada una con sus propios objetivos. Dada la amplitud y alcance de cada fase, se subdividen éstas en etapas, trece (13) en total como se muestra en la figura 11.

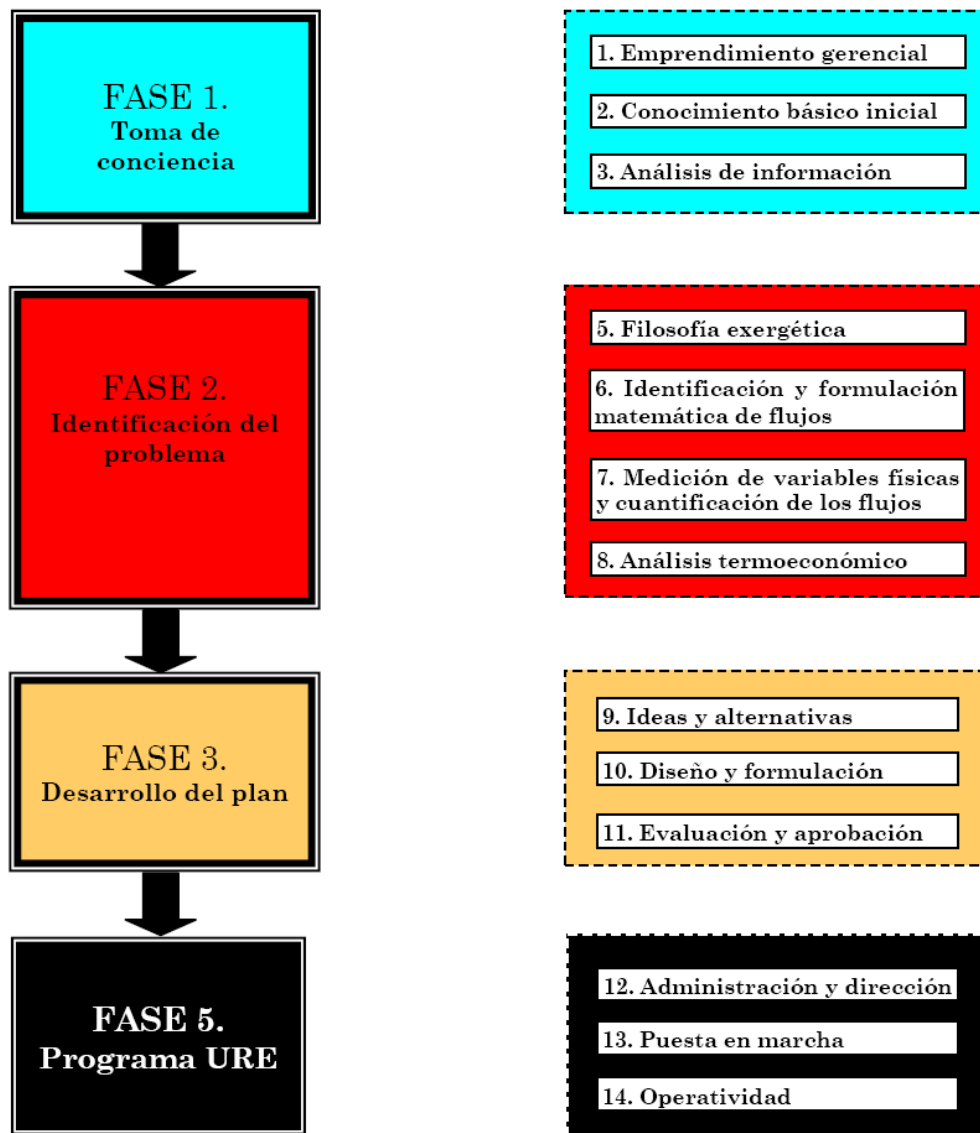


Figura 11. Fases y etapas de la metodología propuesta – TEXURE.

FASE 1. TOMA DE CONCIENCIA

3.4.1. Etapa 1: Emprendimiento gerencial

La metodología puede ser aplicada por un ente externo como una empresa prestadora de servicios energéticos; su aplicación inicia antes de autorizarse su implementación al seleccionarse una empresa como posible cliente. Se indaga sobre sus procesos y el sector al cual pertenece, se revisan tendencias del mercado y los consumos estándar y después se contacta a la persona responsable del tema energético en la organización, y se exponen los siguientes temas:

- La situación energética actual, nacional y mundial.
- La posible situación en la que se encuentra la empresa, su eficiencia, las pérdidas, las repercusiones en el mercado y sus utilidades.
- El URE, como una oportunidad de mejorar su productividad y competitividad.

Tras contextualizar a la empresa en el problema, identificando la necesidad y planteando una oportunidad de mejora, se menciona una solución puntual, la aplicación de la metodología TEXURE, de este modo se ubica a la metodología en las circunstancias apropiadas, lo que permite dimensionar su valor como herramienta gerencial de mejora empresarial en competitividad y productividad.

De igual manera se contactan los directivos y el gerente, en cada instancia de esta presentación y negociación se debe hacer énfasis en ciertos puntos más que en otros, en función de los objetivos de cada persona con relación a la empresa. Con los directivos se debe manejar con mayor intensidad criterios de inversión, utilidad y tiempos, pues el beneficio financiero se establece como su prioridad, con la gerencia, a parte de lo anterior se debe tener en cuenta los índices de productividad y competitividad, y estrategias, en pro de una dirección ágil de la empresa.

También han de tratarse temas como la notificación a los empleados de la nueva iniciativa, la estructura de forma detallada para el desarrollo de los demás pasos metodológicos, la conformación de equipos de trabajo y figuras de cooperación que puedan requerirse, etc.

3.4.2. Etapa 2: Conocimiento básico inicial

La información requerida se define y se solicita a la empresa, con la cual se busca tener un conocimiento inicial de la empresa; lo anterior, permite establecer el marco organizacional, el negocio, el mercado atendido, los clientes, los productos o servicios ofrecidos, las iniciativas en desarrollo, además la manera como administra sus recursos, en especial los energéticos. Deben incluirse datos históricos y estudios realizados y en el caso de una empresa de producción, se necesita toda la información relacionada con la administración de operaciones.

Posteriormente se actualiza la información suministrada; en caso de no existir información clara en la administración de operaciones, se realiza un barrido por los procesos para determinar rutas de producción, tiempos y recursos requeridos, además de un inventario detallado de los equipos para obtener la información técnica. Este proceso de recolección requiere tiempo si la información antes citada no existe o es dispendiosa de precisar.

3.4.3. Etapa 3: Análisis de información

En esta etapa se revisa la información para tener un acercamiento a la situación energética de la empresa, se definen los procesos, los equipos, las instalaciones, etc., que han de analizarse, además de los puntos críticos para estudiar desde un enfoque exergético con mayor intensidad.

También se realiza un análisis de las instalaciones y los procesos para exponer observaciones y recomendaciones, en especial a lo referente a las normas técnicas, reglamentos, seguridad industrial y ambiental relacionadas.

FASE 2. IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

3.4.4. Etapa 4: Filosofía exergética

Se define la profundidad del análisis exergético, teniendo en cuenta que a mayor grado de profundidad mayor costo asociado, debido al tiempo, a los equipos de medición y al personal.

**METODOLOGÍA PARA EL USO RACIONAL Y EFICIENTE DE LA ENERGÍA DESDE EL ENFOQUE EXERGÉTICO
EN INDUSTRIA CAUCHOS RECORD LTDA**

CAPITULO 3. Metodología para el Uso Racional y Eficiente de la Energía desde el Enfoque Exergético - TEXURE

La filosofía exergética aplicada a la información de los pasos anteriores tiene como objeto el establecer los métodos, modelos y la naturaleza de las variables y parámetros que se han de emplear para describir y analizar de forma termoeconómica los procesos y equipos.

En esta etapa se establece el modelado inicial de los sistemas seleccionados; la complejidad del modelo dependerá de las relaciones existentes entre las variables.

3.4.5. Etapa 5: Identificación y formulación matemática de flujos

La identificación de flujos requiere de una descripción de su comportamiento y su naturaleza, ya que para la aplicación de la teoría del costo exergético se deben identificar los flujos asociados a los procesos según los criterios fijados en el planteamiento exergético. Después los flujos se han de valorar, para ello se ha de establecer su formulación matemática, en función de los parámetros y variables físicas, lo cual requiere de un manejo matemático y teórico desde un enfoque multidisciplinario.

Se completa el modelado exergético y se definen los equipos y las técnicas de medición, al igual que el manejo estadístico de los datos, lo que determina la forma y la intensidad de las medidas.

3.4.6. Etapa 6: Medición de variables y cuantificación de los flujos

La utilidad de las mediciones se halla en función de la confiabilidad (ajuste) de los modelos y en la cuantificación de los flujos, para lo cual es necesario establecer criterios de confiabilidad, precisión y exactitud. De forma paralela a esta tarea se especifica el valor de los parámetros definidos en el modelado.

Posteriormente se traducen las mediciones realizadas, previo tratamiento estadístico, en datos puntuales a introducirse en las relaciones de cuantificación identificadas y deducidas en la etapa anterior.

3.4.7. Etapa 7: Análisis termoeconómico

Para realizar el análisis termoeconómico se definieron procesos y equipos (etapa 3), se fijaron criterios exergéticos para su modelado (etapa 4) y se identificaron y se cuantificaron los flujos (etapas 5 y 6).

El análisis termoeconómico se basa en la aplicación de la teoría del costo exergético y con él se determinan los costos exergéticos y exergoeconómicos, pudiéndose conocer la eficiencia exergética y el valor de las irreversibilidades características y existentes en los equipos de producción y en la planta en general, información de vital importancia, ya que en la reducción de las irreversibilidades existentes y técnicamente alcanzables se soportan las oportunidades de mejora.

FASE 3. DESARROLLO DEL PLAN

3.4.8. Etapa 8: Ideas y alternativas

En esta etapa se inicia un estudio a la información resultante de la Fase 2, seguidamente se realiza un análisis DOFA de la información resultante en la Fase 2. DOFA (acrónimo de Debilidades, Oportunidades, Fortalezas y Amenazas) es una herramienta de gran utilidad para analizar diferentes aspectos y tomar decisiones.

Con la matriz DOFA debe hacerse la comparación objetiva entre los procesos y equipos de la misma empresa y si se posibilita con los de su competencia para determinar fortalezas y debilidades.

Ahora se analiza y se contrasta la información con los juicios técnicos que indican las posibilidades reales de disminuir las irreversibilidades de los sistemas, procesos y equipos seleccionados, las emisiones, los consumos, las eficiencias, los rendimientos, etc., y cual es la barrera tecnológica y económica existente. Entiéndase barrera tecnológica como la limitación del aprovechamiento perfecto de la exergía debido a las pérdidas de exergía originadas por el diseño de los equipos.

**METODOLOGÍA PARA EL USO RACIONAL Y EFICIENTE DE LA ENERGÍA DESDE EL ENFOQUE EXERGÉTICO
EN INDUSTRIA CAUCHOS RECORD LTDA**

CAPITULO 3. Metodología para el Uso Racional y Eficiente de la Energía desde el Enfoque Exergético - TEXURE

Con la contrastación se esbozan los niveles exergéticos objetivo como parámetro inicial para la generación de ideas que permitan alcanzarlos, el planteamiento de ideas para el mejoramiento del rendimiento exergético se hace por equipo, y con ello se repercute globalmente en el proceso.

También se fijan criterios de viabilidad, costo, tiempo y eficiencia de las ideas generadas para analizar y seleccionar las mejores, preferiblemente al menos dos por equipo.

Dependiendo del conjunto de ideas seleccionadas se podrán conformar varias alternativas que atiendan la necesidad identificada y puedan cumplir con los índices exergéticos objetivo esbozados.

3.4.9. Etapa 9: Diseño y formulación

El diseño consiste en la adopción de las alternativas de solución, la selección de los focos concretos de estudio y la recolección de nueva información y su tratamiento, para dar consistencia a la viabilidad técnica de las alternativas plasmadas.

Se precisan propuestas cimentadas en las alternativas generadas, y con base en información económica, financiera, gerencial, humana, estratégica y operativa se opta por la más competente, que se enriquece en menor o mayor grado de las demás, estructurándose así la propuesta.

La formulación describe el plan de manera detallada, responde qué se va a hacer, por qué, para qué, dónde, cuándo, cómo y quién; además se establecen al pormenor objetivos, presupuestos, etc., que permitan avanzar eficazmente en la ejecución del programa. La formulación concreta del plan contiene toda la información necesaria para efectuar el control de gestión del programa.

3.4.10. Etapa 10: Evaluación y aprobación

La evaluación consiste en realizar un análisis al plan, el cual debe ser: (1) técnico, para establecer la factibilidad técnica y operacional, (2) económico, para determinar la conveniencia económica o la rentabilidad, (3) financiero, para establecer la disponibilidad y origen de los fondos necesarios,

**METODOLOGÍA PARA EL USO RACIONAL Y EFICIENTE DE LA ENERGÍA DESDE EL ENFOQUE EXERGÉTICO
EN INDUSTRIA CAUCHOS RECORD LTDA**

CAPITULO 3. Metodología para el Uso Racional y Eficiente de la Energía desde el Enfoque Exergético - TEXURE

(4) e intangibles, que implica considerar los efectos no cuantificables, aspectos legales, opinión pública, percepción de los empleados, entre otros factores.

Los criterios de evaluación se basan en los empleados para los proyectos empresariales y deben establecer de manera clara los impactos positivos y negativos de la aplicación del programa: financieros, logísticos, operativos, productivos, etc.

La evaluación final la realiza el evaluador designado por la empresa con base en criterios propios de la organización y en las evaluaciones parciales de los departamentos o áreas que se consulten.

El plan de un programa URE se acepta como la guía organizacional para el uso racional y eficiente de la energía en la empresa, por parte de las directivas, conforme el concepto entregado por éste.

FASE 4. PROGRAMA URE

3.4.11. Etapa 11: Administración y dirección

La administración y dirección del programa debe lograr la mejor calidad de las mejoras físicas y procesos, dentro de un presupuesto definido, y ejecutar las iniciativas en los plazos previstos; se presenta como la etapa 11 de la metodología, y es a su vez la primera etapa y la más importante del programa URE. Esta etapa busca materializar el programa en las mejores condiciones, implantar una estructura que involucre las áreas y las personas requeridas, desarrollar actividades, negociar e implementar los planes de financiamiento, definir los planes de compra, abordar las tareas de construcción y montaje (ver figura 12).

El programa URE requiere un compromiso directivo diferente al de carácter temporal que se ha manejado hasta ahora, y ha de ser indefinido, debido a la naturaleza de las diferentes iniciativas que se plantean en el corto, mediano y largo plazo.

Para favorecer la aplicación del programa URE debe crearse una unidad encargada de su administración, que ha de encontrarse lo más arriba de la cadena de mando, en lo posible como prioridad gerencial, para facilitar el desarrollo del programa.

**METODOLOGÍA PARA EL USO RACIONAL Y EFICIENTE DE LA ENERGÍA DESDE EL ENFOQUE EXERGÉTICO
EN INDUSTRIA CAUCHOS RECORD LTDA**

CAPITULO 3. Metodología para el Uso Racional y Eficiente de la Energía desde el Enfoque Exergético - TEXURE

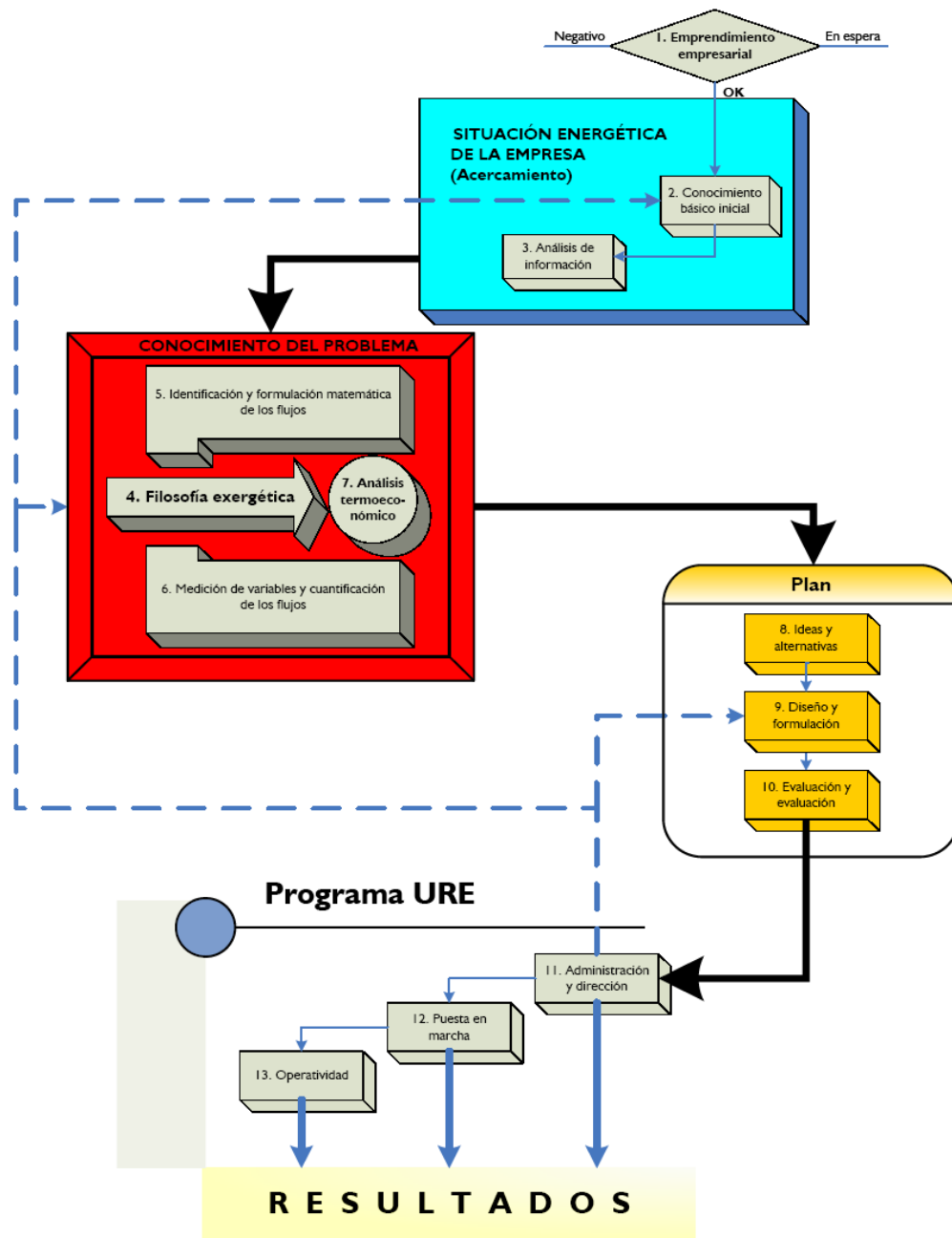


Figura 12. Administración y dirección de la metodología TEXURE y del Programa URE.

Es necesario actualizar y mejorar la estrategia de cohesión del Programa URE con la estructura organizacional de la empresa a lo largo del tiempo, permitiendo su desarrollo e integración.

Esta etapa interactúa con las anteriores, lo cual se da por el manejo del mejoramiento continuo que se caracteriza, entre otras cosas, por la interrelación de sus partes en función de un objetivo común.

**METODOLOGÍA PARA EL USO RACIONAL Y EFICIENTE DE LA ENERGÍA DESDE EL ENFOQUE EXERGÉTICO
EN INDUSTRIA CAUCHOS RECORD LTDA**

CAPITULO 3. Metodología para el Uso Racional y Eficiente de la Energía desde el Enfoque Exergético - TEXURE

Dada la importancia de facilitar los nuevos cambios en la organización de las empresas con la adopción de nuevas filosofías y sistemas de gestión se considera prudente que la administración y dirección del programa URE se armonice con tales cambios, lo cual se puede lograr de dos maneras: la primera en la medida en que se cree e instaure el SG3E (Sistema de gestión energética con enfoque exergético) y la segunda en que el programa URE sea un proyecto concebido y desarrollado desde el sistema de gestión de calidad.

3.4.12. Etapa 12: Puesta en marcha

La implementación del programa se entrega a los directivos de la empresa y a las personas que trabajan en las áreas involucradas; posteriormente, se verifican las instalaciones, los índices exergéticos propuestos, la reducción planificada de las irreversibilidades, la operación de los equipos, la corrección de las fallas detectadas, todo apuntando a lograr la capacidad, costo y calidad planificados. Adicionalmente, se debe preparar al personal para adoptar los cambios y las nuevas disposiciones producto de las mejoras realizadas a las instalaciones.

3.4.13. Etapa 13: Operatividad

La operatividad consiste en el logro de las metas esperadas con la implementación del programa URE. Para el cumplimiento de cada meta se requieren determinadas condiciones, por lo que la monitorización y control de los índices y criterios que estipulen el logro o no de las metas deben especificarse claramente, en especial en relación a los tiempos requeridos y los ahorros por reducción de pérdidas, primeros indicadores de evaluación por parte de la empresa.

3.5. PRECEDENCIA EN LA METODOLOGÍA

Cada fase de la metodología se inicia cuando la anterior ha culminado en su totalidad, de forma similar sucede con la mayoría de las etapas, como se ilustra en la figura 13.

**METODOLOGÍA PARA EL USO RACIONAL Y EFICIENTE DE LA ENERGÍA DESDE EL ENFOQUE EXERGÉTICO
EN INDUSTRIA CAUCHOS RECORD LTDA**

CAPITULO 3. Metodología para el Uso Racional y Eficiente de la Energía desde el Enfoque Exergético - TEXURE

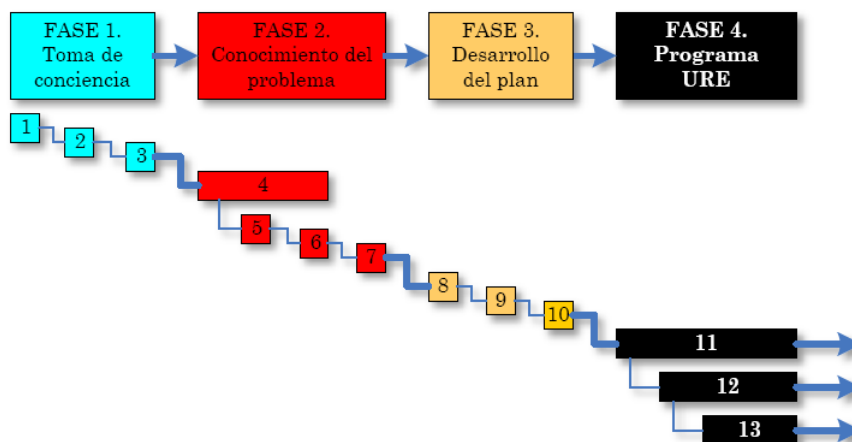


Figura 13. Precedencia de las fases y etapas de la metodología.

El programa URE, Fase 4, se establece como indefinido, y también, por consiguiente, las etapas 11, 12 y 13; a medida que se administra y dirige el programa se ponen en marcha las iniciativas y se colocan en operación, llegando en corto tiempo a presentarse las tres etapas de forma simultánea.

3.6. HERRAMIENTAS DE APOYO

Las herramientas de apoyo son aquellos instrumentos que permiten el desarrollo de la metodología, la búsqueda y tratamiento de la información, la toma de mediciones, como métodos, técnicas, estudios, etc. En la tabla 6 se presentan las posibles herramientas a emplear en cada etapa.

Tabla 6. Herramientas de apoyo

FASE	ETAPA	HERRAMIENTAS DE APOYO
1	Emprendimiento empresarial	Entrevista, encuesta, gráficas de responsabilidad.
	Conocimiento básico inicial	Lista de chequeo, recorridos de planta, entrevistas, encuestas, diagramas y flujos de la organización, operaciones y materiales.
	Análisis de información	Herramientas estadísticas, árboles de aspectos, árboles de brecha, modelo de las 5 fuerzas, análisis cuello de botella, árboles de decisión, tableros del proceso.
2	Filosofía exergética	Teoría general de los sistemas
	Identificación y formulación matemática de flujos	Teoría general de los sistemas, herramientas estadísticas, conceptos generales de electricidad, termodinámica, transferencia de calor, estática, mecánica de fluidos.
	Medición de las variables y cuantificación de los flujos	Estudio de tiempos, presión, equipos de medición, herramientas estadísticas.
	Análisis termoeconómico	Teoría del Costo Exergético
3	Ideas y alternativas	Matriz DOFA, Lluvia de ideas
	Formulación	Guía para la formulación de proyectos
	Evaluación y aprobación	Guía para la evaluación de proyectos
4	Administración y dirección	Se pueden emplear todas las herramientas de administración y dirección de proyectos y empresa.
	Puesta en marcha	
	Operatividad	

3.7. PROGRAMA URE Y LOS SISTEMAS DE GESTIÓN

Las empresas implementan y se certifican en sistemas de gestión (SG), adaptados a sus procesos, buscando rentabilidad, calidad, tecnología y desarrollo sostenible, y así enfrentar los desafíos del cambiante mercado global.¹¹

En la medida que iniciativas como un programa URE, se relacionen con los sistemas de gestión implicará un menor costo y tiempo y una mayor adhesión a la estructura organizacional.

Existen varios sistemas de gestión, como el sistema de gestión de la calidad, SGC, el sistema de gestión medioambiental, SGM, el sistema de gestión de seguridad y salud laboral, SGSSL, el sistema de gestión de seguridad informática, SGSI, y el sistema de gestión de comercio electrónico, SGCE. El SGC se encamina hacia la mejora del negocio, descubre puntos fuertes y oportunidades de mejora mostrando su compromiso con la calidad y la satisfacción del cliente. El SGM busca mantener los procesos clave y objetivos bajo control, demostrando el compromiso con acciones para proteger el medio ambiente, y el SGSSL se concentra en aspectos críticos y en la gestión de riesgos para salvaguardar la salud y seguridad de los empleados y el medio ambiente.

3.7.1. Adaptación del Programa URE a los sistemas de gestión

Un ejemplo de un sistema integrado de gestión puede comprender el SGC, el SGSSL y el SGM; dentro de estos sistemas el programa URE propende por los objetivos del primer y tercer sistema, desde la perspectiva energética, al buscar la calidad y la eficiencia de los procesos y contribuir con la reducción de la degradación de la energía.

Cualquier iniciativa a desarrollarse en la empresa debe armonizar con la esencia de los sistemas de gestión, para lo cual la iniciativa se estructura conforme a la gestión por procesos, que identifica entradas, salidas, recursos y el objetivo a conseguir en los diferentes puntos del sistema.

Los criterios de la filosofía exergética, al basarse en la teoría general de sistemas, resultan muy convenientes por su similitud con el planteamiento de la gestión por procesos, constituyéndose

¹¹ www.dnv.es

esta característica en un valor agregado de la metodología, al aprovechar las bondades de sus planteamientos estructurales para permitir su mejor adaptación a los modelos de gestión.

3.7.2. Sistema de gestión de la calidad

La figura 14 esquematiza el sistema de gestión de calidad existente en una empresa certificada; la certificación en calidad se presenta como una de las condiciones actuales del mercado que exige de las empresas acciones concretas que demuestren su compromiso con la excelencia. La certificación con base en la norma ISO 9 001:2 000 ha implantado un modo específico de procedimiento para la realización de actividades actuales y futuras en la empresa.

El esquema de mejora que se aprecia en la figura 14 permite una adaptación de la metodología en la empresa que planea, se encuentre o se haya certificado en calidad. El acople de mejora del programa URE con el SGC demanda el cumplimiento de requisitos generales y de documentación.



Figura 14. Esquema del Sistema de Gestión de Calidad de la norma ISO 9 001:2 000.

3.7.3. Un sistema de gestión energética con enfoque exergético – SG3E

El programa URE se establece como la plataforma para consolidar el SG3E. La figura 15 muestra el esquema del SG3E, se aprecia una similitud importante con el esquema del SGC de la figura 14, y presenta de manera más clara el ciclo de mejoramiento continuo, que a su vez se tiene como la aplicación cíclica de la metodología establecida.

METODOLOGÍA PARA EL USO RACIONAL Y EFICIENTE DE LA ENERGÍA DESDE EL ENFOQUE EXERGÉTICO
EN INDUSTRIA CAUCHOS RECORD LTDA

CAPITULO 3. Metodología para el Uso Racional y Eficiente de la Energía desde el Enfoque Exergético - TEXURE

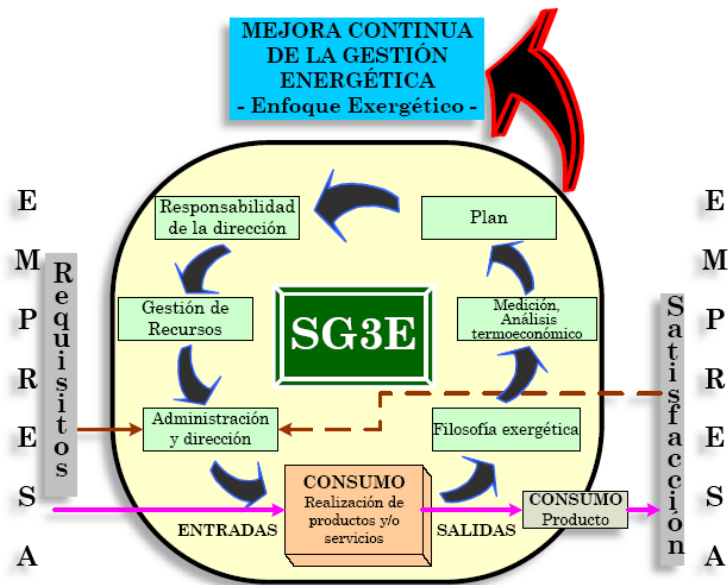


Figura 15. Esquema propuesto para el Sistema de gestión energética con enfoque exergético – SG3E.

4. SITUACIÓN ENERGÉTICA ACTUAL

En este capítulo se expone la aplicación de la fase 1 de la metodología (*La toma de conciencia*) que se compone de tres etapas, donde las etapas 2 y 3 permiten determinar la situación energética de la empresa. Su interrelación se ilustra en la figura 16.



Figura 16. Etapas de la Fase 1.

Se eligió a Industria Cauchos Record Ltda por su sistema de producción y consumo energético, para el primer esfuerzo de validación de la metodología en las fases 1 y 2, y parte de la 3; además esta empresa es una excelente exponente del sector autopartista y se encuentran en disposición de escuchar y aplicar iniciativas que contribuyan a su permanencia en el mercado y crecimiento.

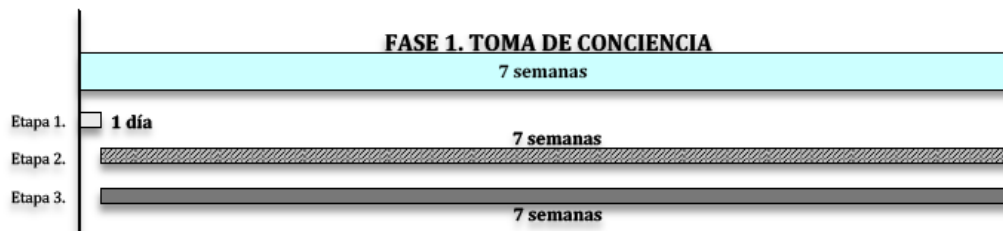


Figura 17. Tiempo de aplicación de la fase 1.

En la figura 17 se indica la duración de cada etapa de la fase 1, que requirió un tiempo prolongado porque se debió realizar un estudio de tiempos, que aunque no tiene complejidad, fue demorado debido a que los repuestos seleccionados no se fabrican de forma continua, a pesar de encontrarse dentro de los más fabricados.

Para adelantar el estudio concerniente a la situación energética de la empresa se requiere la evaluación, en particular, de dos aspectos: la estructura física y las políticas de desempeño.

La estructura física involucra todo medio físico que produzca, transmita, distribuya y consuma energía, su eficiencia y su funcionamiento, a la par de la seguridad industrial y ambiental.

La política de gestión de la energía referencia los esfuerzos emprendidos en el manejo de la energía. En el caso de Industria Cauchos Record Ltda no existen, por el momento, estrategias sobre el URE y además, se encuentran deficiencias en la edificación y las instalaciones eléctricas.

Además, no se emprenderán iniciativas de mejora estructural en las deficiencias identificadas, por su inviabilidad económica, debido a la inversión requerida, en especial, si se tienen en cuenta los costos del traslado de la planta y la adecuación de las nuevas instalaciones por su reubicación en el Parque Industrial vía Chimita. Esto se debe Plan de Ordenamiento Territorial, iniciativa municipal, que tiene como misión la reubicación de las empresas del Área Metropolitana de Bucaramanga.

4.1. ETAPA 1: EMPRENDIMIENTO EMPRESARIAL

Se llevó a cabo una entrevista con el dueño de la empresa, exponiéndose el problema mundial de los energéticos, las repercusiones para la sociedad, y sus efectos en el sector productivo. Después de visualizar el problema desde diferentes escenarios y teniendo en cuenta a la empresa se presentó el URE como una filosofía para afrontar el panorama actual.

Se hizo evidente la necesidad de transformar en hechos prácticos esta filosofía del uso racional y eficiente de la energía; la cual toma sentido y validez en una empresa cuando ésta se integra a la política de dirección mediante un programa URE, resultado de implementar la metodología.

La primera etapa, el emprendimiento empresarial, se dio a principios del año 2 006 cuando se presentó la idea de realizar un proyecto de grado que generase una herramienta práctica y valiosa para el sector empresarial, que aportase, desde la perspectiva energética, elementos que contribuyesen a mejorar la competitividad y productividad, junto a un esfuerzo en su validación.

Expuestos los argumentos, las directivas de la empresa accedieron al desarrollo de este proyecto, brindando las garantías necesarias, como la información corporativa, parte de la información financiera y toda la información relacionada con la administración y producción existentes.

Para determinar la situación energética de la empresa se definieron sus prácticas, realizándose un barrido por áreas de trabajo, con lo cual se conoció el funcionamiento de la empresa, lo relacionado al manejo de la energía, tan estrechamente ligado a la administración de operaciones.

La administración de operaciones se define como el diseño, la operación y mejora de los sistemas que crean y entregan los productos y servicios de la empresa, lo cual implica entre otras cosas los recursos productivos, los equipos, así como las instalaciones¹², por tanto, en la administración de operaciones es donde se utiliza gran parte de la energía eléctrica que se consume en la empresa.

4.2. ETAPA 2: CONOCIMIENTO BÁSICO INICIAL

Para determinar que información existía de la empresa y en particular del consumo energético de los procesos, se estableció una lista de chequeo (ver figura 18) que relaciona la información solicitada y la información existente y suministrada. En el Anexo C se detallan los ítemes requeridos.

INFORMACIÓN REQUERIDA	SI	NO	OBSERVACIONES
1. Estructura organizacional	X		-
2. Clientes	X		-
3. Proveedores		X	<i>Confidencial</i>
4. Índices de productividad		X	<i>No existen.</i>
5. Políticas de manejo energético		X	<i>No existen.</i>
6. Planos de las instalaciones		X	<i>Ni civiles, ni eléctricos.</i>
7. Recibos de consumo energético	X		-
8. Diagramas de operaciones		X	<i>Actualmente adelanta esta tarea.</i>
9. Catálogos, cantidades y frecuencia de producción	X		-
10. Inventarios de la maquinaria	X		-
11. Estudio de tiempo de los procesos		X	<i>Actualmente adelanta esta tarea.</i>
12. Políticas de mantenimiento de los equipos	X		<i>Anual, por personal externo.</i>
13. Gestión de la calidad		X	<i>Se planea en el 2º semestre de 2 007 iniciar el proceso de certificación ISO 9 001.</i>
14. Manejo de materiales	X		-
15. Políticas de inventarios	X		-
16. Horario de trabajo	X		-
17. Programación de la producción	X		-
18. Información técnica de los equipos		X	<i>No existen registros</i>
19. Trabajos relacionados con el manejo de la energía	X		-

Figura 18. Registro de la lista de chequeo de la información requerida.

¹² CHASE, Richard; NICHOLAS, Aquilano y ROBERT, Jacobs. *Administración de producción y operaciones*. ED Mc Graw Hill. 2 004.

**METODOLOGÍA PARA EL USO RACIONAL Y EFICIENTE DE LA ENERGÍA DESDE EL ENFOQUE EXERGÉTICO
EN INDUSTRIA CAUCHOS RECORD LTDA**

CAPITULO 4. Situación Energética Actual

A continuación se expone parte de la información con respecto al sistema de producción, al inventario de equipos y al consumo energético; para ampliar esta información consultar Anexo B.

Producción. La empresa produce alrededor de 250 referencias de 30 líneas de 14 marcas distintas (ver tabla 7). Parte de los repuestos fabricados se pueden ver en página web www.cauchosrecord.com.

Tabla 7. Repuestos fabricados.

MARCA	LÍNEA	REFERENCIAS	MARCA	LÍNEA	REFERENCIAS
RENAULT	4/6	12	DOGDE	250	7
	9	7		P-900	3
	12	9		600	3
	18	7		100/300	3
MAZDA	323	14	BUJES	ÚNICA	15
	626	2	MACK	ÚNICA	9
	B2000	7	TRAILER	ÚNICA	5
CHEVROLET	Brigadier	24	KENWORTH	ÚNICA	3
	General	49	FORD	600	2
	Kodiak	2		9000	10
	NPR	5		100/150	3
	Superbrigadier	10		361/391	3
		Ranger		3	
DAIHATSU	ÚNICA	3	ISUZU	ÚNICA	9
SUZUKI	ÚNICA	3	INTERNATIONAL	ÚNICA	2
TOYOTA	ÚNICA	7			

El sistema de producción tiene la estructura de un taller de trabajo, que corresponde a volúmenes bajos de producción, pero con una gran variedad de éstos. Cada puesto de trabajo forma parte del sistema de producción de decenas de repuestos y la programación de la producción es semanal, cada sábado, con base en los pedidos registrados por los vendedores durante la semana. La empresa desarrolla diversos procesos para la fabricación de los repuestos, para su consulta remitirse al Anexo B.

Inventario de los equipos. En la tabla 8 se muestra el resumen del inventario de equipos; la mayoría de ellos funcionan con energía eléctrica.

Tabla 8. Inventarios de los equipos.

Equipo	Nº	Equipo	Nº	Equipo	Nº
Torno revólver neumático	1	Torno revólver pequeño	1	Torno paralelo	1
Torno Alemán	1	Torno Jumbo	1	Torno CNC	1
Taladro	2	Esmeril	2	Generador de aceite caliente	2
Sistema hidráulico	1	Planchas de vulcanizado	13	Tanque de trat. Químico	3
Troqueladora	2	Sierra o cortadora	1	Molino	1
Soldador arco	1	Soldador punto	1	Tambor	1
Compresor	1	Horno	3	Aire acondicionado	2
Ventilador	4	Computador	5		

Consumo energético. La empresa utiliza gas natural y energía eléctrica para adelantar sus operaciones, con consumos promedios mensuales de 6 070MWh (21,85GJ) y 2 866 m³ (116,1GJ), respectivamente (ver figura 19), que permanecen prácticamente constantes en el año, sólo con alguna pequeña disminución en los meses de enero y diciembre, debido a la época de vacaciones.

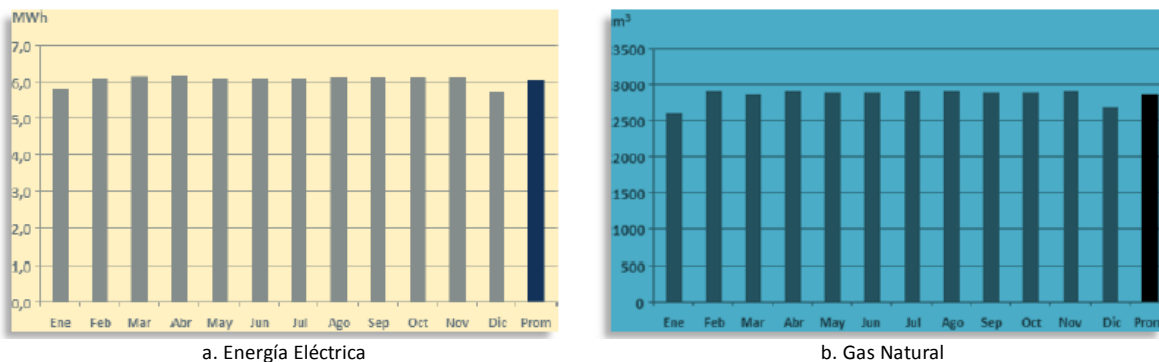


Figura 19. Consumo mensual.

4.2.1. Selección de los repuestos

Para realizar el estudio del trabajo de grado se seleccionaron diez (10) repuestos que permitieron realizar un análisis termoeconómico a la planta de producción (Fase 2); para lo cual se toma de forma individual el sistema de producción de diez (10) repuestos que representen el total de repuestos producidos. En la tabla 9 se presenta la producción anual y la frecuencia de producción de estos repuestos.

Tabla 9. Nivel de producción de los repuestos seleccionados.

REPUESTO	FABRICACIÓN ANUAL	PRODUCCIÓN
Soporte Mediano Tandem	300	50 unidades bimestrales
Complemento Soporte Delantero	960	80 unidades mensuales
Soporte Motor Bisón	720	60 unidades mensuales
Caucho Eje Cardán	420	35 unidades mensuales
Soporte Trailer Dite	360	30 unidades mensuales
Buje Muelle Delantero NPR	1 000	42 unidades bimensuales
Soporte Trasero Motor	1 200	50 unidades bimensuales
Soporte Izquierdo Motor R4/R6	540	45 unidades mensuales
Kodiak	840	70 unidades mensuales
Buje Muelle Dodge	900	75 unidades mensuales

La selección de los diez repuestos se realizó teniendo en cuenta tres criterios: volumen de producción anual, la frecuencia de producción y los equipos empleados; en la tabla 10 se muestran los repuestos por marca y línea de producción, la información técnica de los repuestos seleccionados se encuentra el Anexo D.

Tabla 10. Información de los repuestos seleccionados.

REPUESTO	REFERENCIA	MARCA	LÍNEA
1 Soporte Mediano Tandem	10 – QK – 368	Mack	-
2 Complemento Soporte Delantero	12005 – 0002	Chevrolet	Superbrigadier
3 Soporte Motor - Bisón	702727	Chevrolet	Brigadier
4 Caucho Eje Cardán	230749 - 1	Chevrolet	Brigadier
5 Soporte Trailer Dite	40325	Trailer	-
6 Buje Muelle Delantero NPR	RB – 413	Bujes	-
7 Soporte Trasero Motor	DOHZ – 6068 – B	Ford	9000
8 Soporte Izquierdo Motor	7700527555	Renault	4/6
9 KODIAK	-	Kodiak	-
10 Buje Muelle Dodge	RB – 135	Bujes	-

4.2.2. Recolección de la información faltante

Debido a que la información suministrada no satisfizo las necesidades del estudio, fue necesario recopilar información de los planos de la construcción civil y de las instalaciones eléctricas, los diagramas de operaciones, el estudio de tiempos y la información técnica de los equipos; para lo cual durante siete (7) semanas se visitaron las instalaciones de la empresa de forma continua, pudiéndose precisar lo siguiente:






- Con respecto a los planos de la construcción civil se determinó que en lugar de éstos resultaría más práctico la distribución de planta, la cual se puede consultar en el Anexo E.
- El establecer los planos de las instalaciones eléctricas se descartó, debido a la inaccesibilidad en gran parte de la instalación eléctrica que se encuentra a más de cuatro (4) metros de altura, sin ningún elemento de seguridad que permita de forma viable su revisión, y la otra parte, embebidos en el piso de concreto.
- Dado que la empresa adelanta esfuerzos para determinar la información relacionada con la producción se determinaron los diagramas de operaciones de los repuestos seleccionados, además de la información sobre su sistema de producción.
- El estudio de tiempos se determinó de forma simultánea con los diagramas de operaciones.

Diagrama de operaciones. La descripción del proceso se soportó sobre un diagrama que muestra tareas, flujos e inspecciones, para lo cual se utiliza la simbología que se muestra en la tabla 11.

Para establecer un diagrama de operaciones se deben seguir los siguientes pasos:

- a. Registrar las operaciones realizadas al repuesto y los equipos donde se llevan a cabo.

Tabla 11. Simbología de los elementos de un diagrama de operaciones.¹³

ELEMENTO	SIMBOLO
Flujo de materia prima	
Flujo de producto en proceso	
Operación	
Inspección	
Operación – Inspección	

- b. Elegir el eje del diagrama, para determinar la columna vertebral de las operaciones del repuesto; en los casos donde existan más de una pieza que conforme el repuesto, se elige una de éstas como el eje del diagrama, y las demás conforman columnas paralelas a ésta. El inicio de cada columna corresponde a la materia prima básica que conforma la pieza y las columnas paralelas terminan en el punto de acople con la pieza principal, la cual por ser la columna principal llega hasta el final del proceso.
- c. Establecer una secuencia lógica entre las operaciones e inspecciones existentes, precedentes – siguientes, de forma vertical, de arriba hacia abajo.
- d. Dibujar en el diagrama los flujos secundarios de materia prima.
- e. Numerar cada operación e inspección en el diagrama.
- f. El formato debe contener la siguiente información: datos completos del repuesto, fecha de realización y número de elementos identificados.

En el Anexo D se presentan los diagramas de las operaciones necesarias para los repuestos seleccionados para este trabajo; además se pueden consultar las características físicas e información relacionadas con los equipos que conforman el proceso de producción.

Estudio de tiempos. El estudio de tiempos consiste en aplicar alguna técnica de registro, con el propósito de establecer la duración de una tarea específica¹⁴, se define como el medio para ahondar en el conocimiento de los métodos actuales de producción, y a la vez valorar, revalidar y establecer los actuales estándares de tiempos en los ciclos de producción. Se determinó la aplicación del método de tiempos por cronómetro, debido a la duración de las operaciones.

¹³ ORTIZ, Néstor R. *Análisis y mejoramiento de los procesos productivos de la empresa. Publicaciones UIS. 1 999.*

¹⁴ ORTIZ, Néstor R. *Análisis y mejoramiento de los procesos productivos de la empresa. Publicaciones UIS. 1 999.*

Este estudio requirió de seis (6) semanas para su realización, por las características del sistema de producción, en especial su discontinuidad; los tiempos se registran en unos formatos que facilitan el posterior análisis de la información.

Este estudio se desarrolla una vez han sido estudiados y analizados factores como las condiciones de trabajo, método y conocimiento del operario, al que se hace participe para que el estudio sea adecuado. Se deben seleccionar los operarios y determinar el cronograma de medición, estableciéndose una relación en términos de estricto respeto, valoración y cooperación del trabajo del operario.

Para facilitar la medición de los tiempos, se debe iniciar fraccionando el ciclo de trabajo en varias etapas, a las cuales se les da el nombre de *elementos*¹⁵. Para ello es necesario observar al trabajador realizando la operación, identificando por medio de señales visuales o auditivas, tanto el comienzo como el fin del elemento, teniendo consistencia entre las lecturas del cronómetro en cada ciclo.

La importancia del estudio radica en la variación de la tasa de exergía consumida por *elemento*. En el caso de un motor por ejemplo, que funciona con carga variable, su consumo de exergía se encuentra en función de la potencia demandada en la ejecución de un elemento determinado de la operación y su duración, entendiéndose el elemento como una subdivisión de una operación.

El tamaño de la muestra consiste en determinar el número de ciclos necesarios a medir que aseguren una apreciación bastante cercana del tiempo de ciclo de la operación en estudio para cada repuesto, se hace necesario usar una fórmula estadística para el muestreo de datos.¹⁶

El número de datos se determina con el análisis de una premuestra de quince (15) datos, con un confiabilidad del 95%. Se recurre a una distribución t – Student, por tener menos de treinta (30) datos, aplicándose la siguiente expresión:

$$N = \left(\frac{S}{e} t_{\alpha/2, 14} \right)^2 \quad (30)$$

¹⁵ ORTIZ, Néstor R. Análisis y mejoramiento de los procesos productivos de la empresa. Publicaciones UIS. 1 999.

¹⁶ ANGARITA CORONEL, Christian Felipe. Diseño e implementación de un programa de mejoramiento a los actuales niveles OEE (Overall Equipment Effectiveness) en las líneas de mecanizado y ensamble THC DANA TRANSEJES COLOMBIA. Tesis de grado. UIS. 2 005.

Donde

S , desviación estándar de la muestra

e , error máximo establecido para la muestra

$t_{\alpha/2,14}$, estadístico Student, para 14 grados de libertad

N , número de datos determinados para la muestra

De este análisis se obtuvo que debieran realizarse mediciones con diez (10) datos por muestra; los datos del análisis premuestral se encuentran en el Anexo F.

Para la validación de los parámetros estadísticos muestrales: media, \bar{X} , y desviación estándar, σ , se utilizó la prueba estadística de D'Agostino, para un 95% de confiabilidad; en el Anexo G se detalla esta validación. Una vez realizada la validación se considera que el valor promedio es representativo para la muestra seleccionada y por lo tanto para la población respectiva. El estudio de tiempos para los repuestos seleccionados se presenta en el Anexo H.

Información técnica de los equipos. Con la información del inventario se realizó una inspección con la colaboración de un operario de mantenimiento, para determinar la ubicación y las características físicas de cada componente del equipo, así como el funcionamiento de los mismos; la información detallada de estos aspectos se encuentra en los Anexos J y L. En el caso de los componentes eléctricos se buscó identificar datos de placa en los motores, calibre de los conductores, y posibles puntos de medición; en el Anexo I se presenta un resumen de las características eléctricas recopiladas de los equipos.

4.2.3. Descripción del consumo energético en el proceso productivo

En Industria Cauchos Records Ltda se tienen a disposición energía eléctrica y gas natural para adelantar los procesos de producción; además, dado que los artículos fabricados son dos tipos: caucho 100% y acero-caucho, los procesos de manufactura difieren en el consumo de energéticos.

La energía eléctrica se utiliza en la fabricación de caucho, en los procesos de manufactura (tamboreado, cortado, cincado, torneado, esmerilado, soldado, troquelado), en el accionamiento de las prensas de vulcanizado, en los servicios de ventilación e iluminación, y también en el

funcionamiento de los equipos de oficina mientras que el gas natural se utiliza en tres procesos: los tratamientos químicos de las piezas de acero, el templado en hornos y el vulcanizado.

La mayoría de los componentes eléctricos en los equipos son motores, que generan el mayor consumo. Para la iluminación se utiliza en su mayoría lámparas fluorescentes, con algunas lámparas incandescentes; los ventiladores y extractores de aire, junto al aire acondicionado y los computadores de la administración, conforman el resto de dispositivos eléctricos.

En la tabla 12 se presenta el tipo de energía utilizada en cada equipo, su transformación y su fin.

Tabla 12. Tipo de energía utilizada en cada equipo.

EQUIPO	TRANSFORMACIÓN	OBJETIVO
Torno	E. Eléctrica → E. Mecánica	Desprender de material. (Cortar, cilindrar, refrentar, biselar, etc.) Accionar bombeo
Taladro	E. Eléctrica → E. Mecánica	Desprender de material. (Perforar)
Esmeril	E. Eléctrica → E. Mecánica	Desprender de material. (Pulir y desbastar)
Troqueladora	E. Eléctrica → E. Mecánica	Doblar, cortar y embutir.
Sistema hidráulico	E. Eléctrica → E. Mecánica	Accionar bombeo
Sierra o cortadora	E. Eléctrica → E. Mecánica	Cortar Accionar bombeo
Molino	E. Eléctrica → E. Mecánica	Mezclar con dos rodillos de velocidades distintas Accionar bombeo
Soldador	E. Eléctrica → E. Eléctrica	Soldar
Tambor	E. Eléctrica → E. Mecánica	Agitar las piezas
Compresor	E. Eléctrica → E. Mecánica	Accionar comprensión y bombeo
Tanque de TQ	Gas Natural → E. Térmica	Calentar un fluido
Horno	Gas Natural → E. Térmica	Templar
Generador de aceite caliente	E. Eléctrica → E. Mecánica Gas Natural → E. Térmica	Accionar bombeo Calentar un fluido

4.3. ETAPA 3: ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN

La planta de producción se conforma de dos espacios, que en un inicio se empleaban como una bodega de almacenamiento con entrada por la calle 23 y un restaurante que da a la carrera 13 (ver Anexo E); ninguno con las condiciones técnicas para cumplir con el objeto social.

El consumo de energía eléctrica se registra en cuatro contadores, con cuatro acometidas, dos por la calle 23 y dos por la carrera 13 mientras que para el registro del consumo de gas natural se tiene un contador.

**METODOLOGÍA PARA EL USO RACIONAL Y EFICIENTE DE LA ENERGÍA DESDE EL ENFOQUE EXERGÉTICO
EN INDUSTRIA CAUCHOS RECORD LTDA**

CAPITULO 4. Situación Energética Actual

En la tabla 13 y la figura 20 se muestra el consumo de energía eléctrica y gas natural; en promedio la empresa consume 137,95 GJ mensuales, con un costo de \$ 3 620 788. El costo de la energía eléctrica no incluye el pago de la tarifa de alumbrado público.

Tabla 13. Consumo energético.

	CONSUMO		PRECIO		
Energía Eléctrica	21,85 GJ	15,84%	\$1 702 574,00	47,02%	\$77,92/MJ
Gas Natural	116,10 GJ	84,16%	\$1 918 214,00	52,98%	\$16,52/MJ
TOTAL	137,95 GJ		\$3 620 788,00		\$26,25/MJ

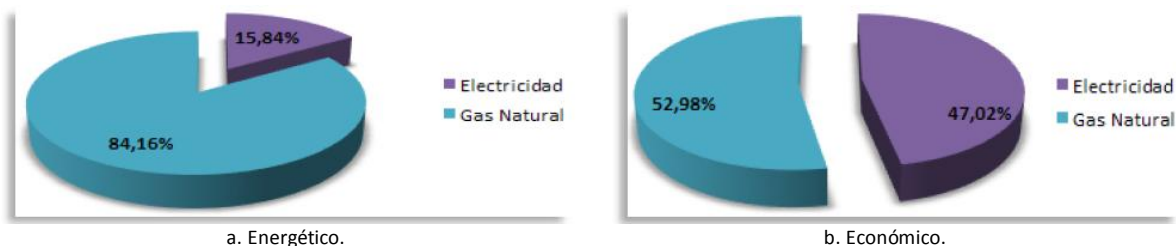


Figura 20. Consumo de energía eléctrica y de gas natural.

La energía eléctrica tiene un costo cinco (5) veces mayor que el gas natural, que tiene un precio más competitivo; es decir que un proceso térmico resulta más viable económicamente que su homólogo eléctrico, aún cuando su eficiencia se acerque tan solo al 20%. Esta motivación impulsó, hace algunos años, el cambio de dos (2) hornos eléctricos por dos (2) hornos que funcionan con gas natural.

El consumo promedio es de 24,3 kWh (ver tabla 13) mientras que la carga eléctrica instalada es de 160 kW (ver tabla 14) y la carga contratada de 109,2 kW (ver tabla 15).

Tabla 14. Carga instalada por proceso o servicio

PROCESO	
Torneado	34,04 kW
Troquelado	10,60 kW
Tamboreado	1,16 kW
Molineado	20,70 kW
Cortado	1,10 kW
Soldado	27,40 kW
Cincado	30,45 kW
Vulcanizado	22,26 kW
SERVICIO	
Ventilación y climatización	3,73 kW
Alumbrado	5,72 kW
Oficina	2,70 kW
TOTAL	159,86 kW

De la carga instalada mostrada en la tabla 14 se aprecia que los procesos de soldadura y cincado presentan en operación los más altos consumos de la planta, casi de plena carga, pues aún cuando

**METODOLOGÍA PARA EL USO RACIONAL Y EFICIENTE DE LA ENERGÍA DESDE EL ENFOQUE EXERGÉTICO
EN INDUSTRIA CAUCHOS RECORD LTDA**

CAPITULO 4. Situación Energética Actual

el proceso de torneado tiene la mayor carga instalada, los motores que la conforman no trabajan a plena carga de forma simultanea, y menos de forma continua.

Tabla 15. Carga, consumo y costo por contador

CONTADOR	CARGA CONTRATADA	CONSUMO PROMEDIO	COSTO CONSUMO
1	16,6 kW	624 MWh	\$ 169 959
2	23,5 kW	1 294 MWh	\$ 352 447
3	11,5 kW	1 513 MWh	\$ 412 096
4	57,6 kW	2 639 MWh	\$ 718 784
TOTAL	109,2 kW	6 070 MWh	\$ 1 653 286

Los equipos de soldadura y cincado se encuentran conectados a los contadores 1 y 2 respectivamente. El contador 1 indica una carga contratada de 16,6 kW, en primera instancia insuficiente para el consumo efectuado, pero dado que el área de soldadura se encuentra conformada por dos equipos, solo se opera uno a la vez; en el caso del equipo de cincado se estableció como regla que no debe exceder el 70% de su capacidad. Estas medidas, aunque se ajustan a las exigencias de la carga contratada, son algo peculiares, pues no se tomaron con base a lo antes expuesto, sino por simple comodidad de funcionamiento.

Con base en la información existente, parte de esta ya expuesta, se presentan las siguientes observaciones con respecto a la situación energética de la empresa:

- La iluminación de la planta de producción evidencia deficiencia en sus niveles lumínicos; la mayoría de las lámparas son fluorescente.
- No se planea el crecimiento de la planta con nuevas máquinas o procesos con técnicas de expansión, sino en la capacidad física disponible, en otras palabras, según el espacio libre.
- Las instalaciones eléctricas no cumplen con los requerimientos de la norma NTC 2050 y el RETIE, en lo que respecta a la ubicación y disposición de los tableros, a los conductos y conexiones, y en particular con el sistema de puesta a tierra.
- No hay una política energética.
- No hay registro de las máquinas de ninguna clase.
- Los generadores de aceite caliente, parte esencial en el área del vulcanizado, no se encuentran técnicamente dimensionados.
- Existen deficiencias en la climatización de las áreas de vulcanizado y de molienda de caucho.
- No existen planos de ningún tipo.

5. MODELADO EXERGÉTICO

En este capítulo se presenta el modelado exergético realizado en Industria Cauchos Record Ltda como resultado de la aplicación de las etapas 4 (filosofía exergética) y 5 (identificación y formulación matemática de flujos) de la metodología propuesta.

5.1. CONSIDERACIONES SOBRE LAS OPERACIONES DE PRODUCCIÓN IDENTIFICADAS

Los repuestos seleccionados rotan más de una vez por un mismo equipo, en cada ocasión se adelanta una operación de producción y los equipos utilizados en estos procesos son los siguientes: molino, cortadora, torno, troqueladora, tanques para los tratamientos químicos, cincadora y sistema de vulcanizado.

5.1.1. Generalidades de las operaciones de producción identificadas

Para cada repuesto se tiene un proceso de producción determinado con operaciones específicas, tal como se muestra en el Anexo D; en cada repuesto varía el número y las operaciones realizadas. En total, se cuentan 17 operaciones diferentes, que se clasifican en manuales y de mecanizado.

Las operaciones manuales identificadas son tres (3): aplicar pegante, acabado final y empaçado, se tienen como operaciones menores y no se tuvieron en cuenta para el modelado. Las operaciones de mecanizado son catorce (14) y se aprecian en la tabla 16 por componente.

El modelado exergético se realizó sobre las operaciones de mecanizado identificadas, por lo que en principio se tendrían potencialmente 14 modelos exergéticos.

Tabla 16. Operaciones por componente.

COMPONENTE	OPERACIONES REALIZADAS
Molino	(1) Mezclado
Cortadora	(1) Cortado
Torno	(4) Cilindrado, biselado, taladrado y cortado
Troqueladora	(4) Doblado, cortado, perforado y embutido
Tanques para los tratamientos químicos	(2) Desengrase y fosforado
Zincadora	(1) Cincado
Sistema de vulcanizado	(1) Vulcanizado

En el proceso de modelado llevado a cabo se vio que las operaciones realizadas en el mismo componente presentaban un mismo esquema, diferenciándose en los valores de las variables definidas; por ello se determinó agrupar estas operaciones en un solo modelo, presentándose, por tanto, un único modelo exergético por componente de producción.

Se tienen siete (7) componentes identificados y empleados para la producción de los repuestos, por lo que se tendrían igual número de modelos, pero por su magnitud y complejidad, el sistema de vulcanizado se dividió en tres (3) modelos, quedando en definitiva nueve (9) modelos.

Los modelos exergéticos establecidos se mencionan a continuación: (1) molino, (2) cortadora, (3) torno, (4) troqueladora, (5) tanques de tratamientos químicos, (6) cincadora, (7) generador de aceite caliente del sistema de vulcanizado, (8) sistema hidráulico del vulcanizado y (9) planchas-prensas de vulcanizado.

5.1.2. Análisis del proceso productivo

El análisis de un proceso productivo se realiza para ajustar sus capacidades y equilibrarlas entre las diferentes partes del proceso con el fin de maximizar la producción o minimizar los costos con los recursos disponibles; para ello se identifican transportes, procesos y tiempos del procesamiento.¹⁷ Dentro de este análisis el tema energético no se plantea como un punto crítico, lo cual se justifica por la manera en que se han percibido los recursos energéticos en la producción.

Hace algunos años, los recursos energéticos no representaban buena parte de los costos de producción y no se disponía de opciones tecnológicas para reducir el consumo, o no se conocían; por tanto, las empresas no contaban con información relacionada con su situación energética.

¹⁷ CHASE, Richard; NICHOLAS, Aquilano y ROBERT, Jacobs. *Administración de producción y operaciones*. ED Mc Graw Hill. 2 004.

Para el modelado exergético, la información del análisis productivo es fundamental, pues precisa el flujo de los materiales, las operaciones, los tiempos, la maquinaria requerida, los niveles de producción, etc., lo cual permite conocer y comprender el proceso de producción. Teniendo una idea de para qué, cómo y en dónde se utiliza la energía consumida y empleando los diagramas de operaciones de los productos, se obtiene el esquema del análisis termoeconómico que puede realizarse, al identificarse las transformaciones de la materia prima en el proceso.

Finalmente, el modelado del proceso de producción de los repuestos se basó en el diagrama de operaciones y en la información general del proceso (ver Anexo D). Casi la totalidad de la información requerida para el modelado y para el análisis termoeconómico debió recopilarse, esfuerzo adelantado en este trabajo de grado, pues la empresa se encuentra desarrollando el análisis de producción, específicamente el estudio de tiempos y la programación de producción.

5.2. FUNDAMENTOS PARA EL MODELADO

Para realizar el análisis termoeconómico de los procesos de producción se aplicó la teoría del costo exergético, lo cual requiere, entre otras cosas, la identificación de los flujos del proceso a analizar y su valoración exergética, que se obtiene mediante un balance exergético, determinándose así, las cantidades entrantes y salientes de exergía al sistema definido.

Al usarse el modelo exergético de un sistema se obtiene la información que permite determinar su situación exergética, parte de dicha información se establece como el balance exergético.

El modelo ofrece la posibilidad de realizar el análisis de sensibilidad con respecto a factores tales como: tiempos, rendimiento de motores, flujo másico, señales eléctricas, temperatura, presión, entre otros, representados como variables, que pueden influir en las irreversibilidades del sistema.

5.2.1. Teoría general de sistemas – TGS

La teoría general de sistemas o teoría de sistemas (TGS) se establece como un esfuerzo de estudio interdisciplinario que trata de encontrar las propiedades comunes a sistemas de disciplinas

académicas diferentes. Su puesta en marcha se atribuye al biólogo austriaco Ludwig Von Bertalanffy, quien acuñó la denominación a mediados del siglo XX.¹⁸

Un sistema se puede considerar como una entidad compleja formada por un conjunto de elementos, que se definen como las partes del sistema, y por las relaciones existentes entre ellos y su entorno. El término elemento se emplea aquí en su sentido general, y alude a los componentes básicos que, bajo la perspectiva que se adopte, poseen una entidad que no sea relevante dividir. Los elementos del sistema se definen por los términos del estudio, con lo que se pretende establecer una pauta que indique que tan específicos deben presentarse durante el análisis.

La relación constituye la estructura que asocia y articula a los elementos, dando lugar a la entidad compleja llamada sistema. Empleando el lenguaje matemático, se establecen las ecuaciones que gobiernan estas interacciones entre los elementos, disponiéndose así de un modelo real.

La estructura de un sistema tiene un diagrama como el que se muestra en la figura 21, donde se representan los elementos del sistema mediante las letras A, B, C y D. El conjunto de estos elementos constituye la composición de sistema, y que se denota por $C = \{A, B, C, D\}$. Estos elementos se interrelaciona a través de una relación de influencia que se presenta en el diagrama mediante trazos o flujos como se muestra en la figura 21 donde por ejemplo el elemento A influye sobre el B.

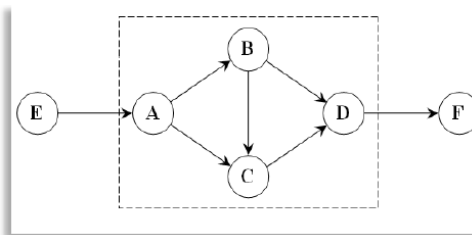


Figura 21. Simbología de los elementos de un diagrama de operaciones.

Sobre los elementos del conjunto C que construyen la composición del sistema, pueden influir a su vez elementos ajenos a esa composición como se muestra en la figura 21 donde los elementos E y F representan las influencias exteriores sobre el sistema y constituyen así su entorno, se definen como el conjunto E, donde $E = \{E, F\}$. Por tanto, el entorno de un sistema se define como el

¹⁸ TORRES CUADRA, César. *Exergoeconomía simbólica. Metodología para el análisis termoeconómico de los sistemas energéticos. Tesis Doctoral. Universidad de Zaragoza. 1991.*

conjunto de elementos que tienen influencia sobre los que constituyen el sistema o se ven influidos por ellos.¹⁹

La TGS se establece como la base para el planteamiento del modelado exergético de los componentes producción, debido a su representación gráfica, al concepto de interacción entre los elementos de un sistema y la descripción matemática de su comportamiento.

Dado que la relación o influencia entre los diferentes elementos del sistema puede presentarse por diversas razones, se tiene que para efectos del modelado exergético los elementos de un sistema se encuentran relacionados si y solo si existe un flujo de exergía, energía o masa entre ellos; este criterio se tiene como el único para determinar la existencia o no de una relación.

La exergía se define como la calidad de la energía y la verdadera capacidad de realizar un trabajo y el flujo exergético, o energético es la cantidad de exergía, o energía, transformada o transportada, por o desde un elemento del sistema a otro.

Así, la aplicación de la TGS posibilita el desglose esquemático de la irreversibilidad del sistema por elementos (análisis exergético), el cálculo de los consumos, de flujos internos y producto final (contabilidad exergética), y la valoración de la repercusión en los consumos ocasionados por el mal funcionamiento de cualquiera de las partes que componen el sistema (auditoría exergética).²⁰

5.2.2. Modelo exergético

Un modelo exergético se establece como una representación de lo que ocurre con la exergía y su transformación en las diferentes partes del sistema; a su vez, determina y permite analizar los factores que influyen en la situación exergética; por lo general se presenta de forma gráfica y posee un planteamiento matemático que describe el comportamiento de los flujos exergéticos, con un nivel de desagregación en función de la profundidad del análisis termoeconómico que se desea realizar.

¹⁹ UCHE MARCUELLO, Francisco Javier. ANÁLISIS TERMOCÓNOMICO Y SIMULACIÓN DE UNA PLANTA COMBINADA DE PRODUCCIÓN DE AGUA Y ENERGÍA. Tesis Doctoral. Universidad de Zaragoza. 2 000.

²⁰ TORRES CUADRA, César. Exergoeconomía simbólica. Metodología para el análisis termoeconómico de los sistemas energéticos. Tesis Doctoral. Universidad de Zaragoza. 1 991.

El planteamiento matemático de los modelos exergéticos, se conformó desde dos perspectivas: la empírica, que hace referencia al empleo de fórmulas para relacionar variables describiendo el comportamiento de algún evento, por ejemplo la variación de la temperatura a través del tiempo, y la conceptual, que emplea fórmulas matemáticas generales para fenómenos ya establecidos, por ejemplo el cálculo de la potencia eléctrica por medio de las señales de tensión y corriente.

5.3. DESCRIPCIÓN DEL MODELO

El modelo exergético tiene como objetivo presentar de manera comprensible lo que sucede con la exergía en un sistema. En este caso cada componente de producción se define como sistema.

5.3.1. Partes de un modelo exergético

Para facilitar el cumplimiento de este objetivo, el modelo se presenta en tres secciones: (1) identificación de flujos, que indica cantidad, naturaleza y características, (2) el esquema del modelo que indica los bloques en que se descompuso el componente de producción y la manera en como se relacionan mediante los flujos identificados y (3) la formulación matemática de los flujos que resume las expresiones básicas para obtener el valor cuantitativo de los mismos.

5.3.2. Modelo base

El esquema del modelo presenta el nivel de desagregación con el que se analiza el equipo de producción; para determinar el modelo propuesto se estudió el equipo como una caja negra, lo cual se denomina modelo base y se tiene como el punto de partida para el análisis exergético. En este modelo se identifican los flujos de entradas y salidas, ninguno de naturaleza interna, desconociéndose la manera en que se transforma la exergía, las partes del equipo y sus irreversibilidades particulares.

El modelo base se aprecia en la figura 22 como un bloque de cuatro flujos: dos entradas, recurso energético (1) y materia prima (2), y dos salidas, material desechado (3) y la pieza producida (4).

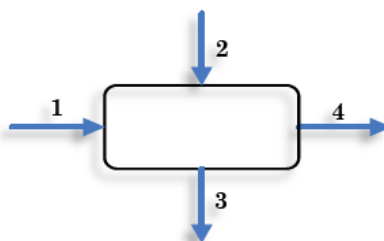


Figura 22. Esquema del modelo base.

El modelo base indica el mínimo nivel de desagregación de un equipo de producción y en algunos de los modelos no se identifica el flujo 3, pues no hay material desechado. En el caso del sistema de vulcanizado se ha de tener en cuenta que su modelo base se ha dividido en tres partes.

Dependiendo de la disponibilidad de información y profundidad de análisis de cada componente se realiza un modelo más detallado y dado que los flujos 2, 3 y 4 se presentan en la última etapa de operación en el componente, el elaborar un modelo más detallado significa describir lo que sucede con el flujo 1, el cual representa la exergía necesaria para realizar la operación. Esta desagregación permitió apreciar las diferentes transformaciones de la exergía en los elementos del equipo, así se puntualiza en las causas que ocasionan las irreversibilidades en el equipo.

5.3.3. Modelado por bloques

La desagregación de los componentes se realizó en función de las partes identificadas del equipo y la posible valoración de los flujos relacionados; las partes del equipo establecidas se denominaron bloques y se estableció un grupo general de bloques según la naturaleza de los flujos asociados.

La naturaleza del flujo se refiere a la forma en la que se encuentra la energía o la exergía, como calor, electricidad, trabajo, etc. A partir de esto se definió un grupo con siete bloques, los cuales se presenta en la tabla 17 con su descripción, esquema y nombres empleados en los diferentes modelos.

Tabla 17. Bloques definidos.

CLASE	DESCRIPCIÓN	ESQUEMA	NOMBRE
A	Conducción de energía eléctrica		Conductor
B	Transformación de energía eléctrica en mecánica		Motor

C	Transmisión mecánica I Movimiento de un fluido		Bomba
D	Transmisión mecánica II Reducción de velocidad		Reductor de velocidad Caja Norton
E	Transmisión mecánica III Aplicación de trabajo		Hoja de corte Martillo
F	Realización de la operación		Operación
G	Combustión		Combustión Generador de aceite caliente
H	Transmisión de calor		Tanque Plancha Matriz

A medida que se identifican las partes del equipo se asocian los bloques, y así se define el esquema del modelo; luego se verifica la posibilidad de establecer el valor exergético de los flujos asociados.

Con estos bloques se estructura el modelo, identificando las partes del equipo y su articulación; dependiendo de las características del componente de producción se pueden definir nuevos bloques, como el caso de los modelos establecidos en el sistema de vulcanizado.



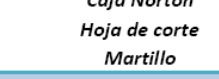
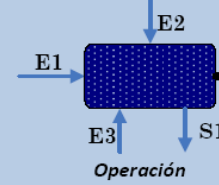
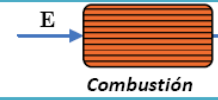
Por tanto, los bloques aquí definidos se tienen como una guía para estructurar el modelo del equipo. El color y achurado de los bloques se presenta como una ayuda visual para identificar las partes del equipo contempladas en el modelo y lo que sucede con la exergía en éstos.

5.3.4. Naturaleza de los flujos identificados

El planteamiento de los bloques se tiene como un medio facilitador para establecer los modelos y sus flujos tienen un comportamiento que puede describirse matemáticamente. La tabla 18 muestra la naturaleza de los flujos de cada bloque, donde E significa entrada y S salida.

Tabla 18. Flujos de entrada y salida de los bloques definidos.

CLASE	ESQUEMA	FLUJO	
A	 Conductor	E	Energía eléctrica
		S	Energía eléctrica
B	 Motor	E	Energía eléctrica
		S	Trabajo mecánico

C		E	Trabajo mecánico
		S	Energía cinética y potencial
D		E	Trabajo mecánico
		S	Trabajo mecánico
E		S	Energía cinética
F		E1	a. Trabajo mecánico b. Energía cinética c. Calor
		E2	Materia prima
		E3	Energía cinética
		S1	Desechos
		S2	Pieza producida
G		E	Calor
		S	Calor

Existen dos recursos energéticos que suministran la exergía consumida en los equipos: la energía eléctrica y el gas natural. Los flujos internos del equipo tienen su energía y exergía en forma de trabajo mecánico, calor, electricidad, energía cinética y energía potencial y de acuerdo con las características propias de estas formas de energía se tiene la fundamentación matemática para valorar los flujos. Gran parte de los flujos varían con el tiempo, por lo que su valoración requiere determinar el comportamiento dependiente de forma matemática para calcularlo.

5.3.5. Supuestos del modelo

Todo modelado parte de un objetivo establecido, la representación de una situación determinada, con un nivel de profundidad particular, que se encuentra en función de las capacidades de análisis que se tengan, pero también se parte de que tal representación se tiene como válida bajo ciertas condiciones, los supuestos del modelo. El modelado exergético tiene los siguientes supuestos:

- La discontinuidad en el tiempo de la secuencia de las operaciones no altera la valoración exergética de los flujos.
- La operatividad del equipo de producción no varía según el operario de turno.
- Las expresiones matemáticas de las variables empíricas, se consideran válidas para cualquier época del año o cualquier nivel de producción.
- El ritmo de trabajo en cada máquina no se encuentra en función del nivel de producción.

- La exergía de entrada cuantificada en el bloque de operación se consume en su totalidad en la transformación de la pieza.
- El valor exergético agregado del producto y del material desprendido se encuentra en función de la exergía aplicada a la operación y a la masa.

5.3.6. El modelado exergético y la termoeconomía

El modelo de cualquier equipo se presenta como un sistema de elementos y flujos de exergía, por tanto se puede realizar un análisis termoeconómico al equipo de producción, que también se puede aplicar a los demás modelos de forma integrada estableciéndose bajo un mismo sistema todos los modelos de los equipos involucrados en la producción de un repuesto en particular.

La teoría del costo exergético se emplea en sistemas cerrados y continuos, donde los valores de exergía de los flujos corresponden al mismo período de tiempo.

5.4. CONSIDERACIONES EN EL PROCESO DE MODELADO

Los flujos del modelo, los bloques y la determinación cuantitativa de los flujos no se ven influenciados por el tipo de sistema de producción característico de la empresa, pues al determinarse los modelos por equipo lo que varía es el valor de los flujos establecidos.

Existen ciertas consideraciones del modelado y de la aplicación de la teoría del costo exergético a tener en cuenta, como lo son: la discontinuidad de los flujos, la esquematización termoeconómica y el valor exergético del producto producido.

5.4.1. Discontinuidad de los flujos

En la figura 23 se presenta el diagrama de operaciones para un producto A, el cual se compone de tres (3) operaciones: O1, O2 y O3; el término PP significa *producto en proceso* y hace referencia a que la pieza se encuentra en el proceso de producción y que aún no ha sido terminada. El producto en proceso, PP1, es el resultado de la operación O1 y se convierte en la materia prima de

la operación O2; en este punto precisamente ocurre la discontinuidad del flujo, pues existe un lapso de tiempo entre la finalización de una operación y el inicio de la siguiente. Este lapso de tiempo se encuentra en segundos, minutos, horas, días, semanas o hasta meses cuando el producto en proceso se almacena, lo cual depende del sistema de producción que se maneje.

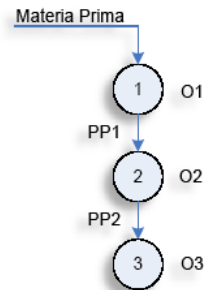


Figura 23. Diagrama de operaciones del producto A.

En el diagrama de operaciones de la figura 23 no se contempla esta circunstancia, y el tiempo de producción hace referencia sólo a los tiempos de las operaciones definidas.

Es importante tener en cuenta la discontinuidad de los procesos ya que la teoría del costo exergético se aplica mayoritariamente a sistemas cerrados donde los flujos se caracterizan por su continuidad, como el caso de una central térmica, donde los flujos son simultáneos y se relacionan en tiempo real; sin embargo, en este trabajo se valida su aplicación en sistemas no cerrados y no continuos.

5.4.2. Esquema termoeconómico según el diagrama de operaciones

El diagrama de operaciones de la figura 23 se emplea como base para determinar el esquema termoeconómico del proceso de producción del producto A; para efectos de describir la dinámica, se asume que cada operación se realiza en un equipo de producción distinto, denominados C1, C2 y C3, cada uno con un modelo exergético establecido, pero de los cuales sólo se presentan en un bloque, con entradas y salidas de la forma que se muestra en la figura 24.

En la figura 25 se muestra el esquema general del proceso conformado por los modelos exergéticos de los componentes de producción en donde se realizan las operaciones.

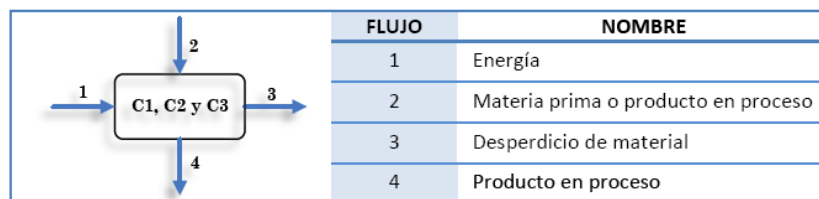


Figura 24. Esquema del modelo exergético de C1, C2 y C3.

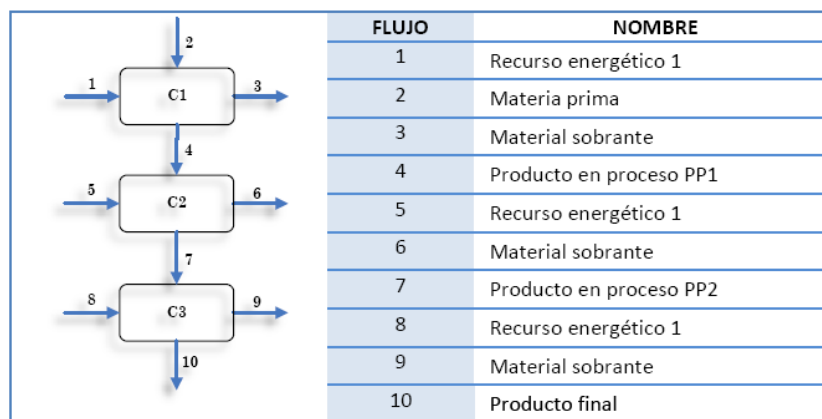


Figura 25. Esquema para el análisis termoeconómico del producto A.

De esta manera se determina el modelo exergético de un repuesto en particular después de establecidos los modelos de los equipos donde se realizan las operaciones siguiendo la dinámica de acople según el diagrama de operaciones.

5.4.3. Configuraciones de los sistemas de producción

El proceso de modelado y los modelos resultantes se basan en las condiciones de las operaciones establecidas, por ello la aplicación termoeconómica podría depender de la configuración de la producción.

La estructura del flujo del proceso se define como la forma en que se organiza el flujo de material utilizando una o más tecnologías del proceso. Pueden apreciarse cuatro estructuras principales en el flujo del proceso: *taller de trabajo*, *taller de lotes*, *línea de ensamble* y *flujo continuo*.²¹ El *taller de trabajo* corresponde a la estructura utilizada para la producción en un volumen bajo de una gran variedad de productos, en este caso una producción mensual inferior a 500 piezas, la cual corresponde al sistema de producción de Industria Cauchos Record Ltda.

²¹ CHASE, Richard; NICHOLAS, Aquilano y ROBERT, Jacobs. *Administración de producción y operaciones*. ED Mc Graw Hill. 2 004.

El *taller de lotes* produce una variedad de productos en volúmenes más o menos bajos, los productos se fabrican periódicamente en lotes, con el fin de reducir el efecto del tiempo de preparación del equipo.

La *línea de ensamble* se encuentra diseñada para fabricar partes separadas, las partes se mueven a una velocidad controlada, recorriendo una serie de estaciones de trabajo especialmente diseñada. El *flujo continuo* a menudo automatizado convierte las materias primas en un producto terminado mediante un proceso continuo.

Los recursos energéticos utilizados variarán de una estructura a otra, puesto que los equipos de producción pueden ser distintos o simplemente su uso cambiaría. A pesar de que los consumos, y por tanto los flujos tendrían valores diferentes, el modelo exergético del equipo sería el mismo, por lo que su análisis termoeconómico se varía con la misma base.

En definitiva, el análisis termoeconómico se desarrolla de manera similar para las demás estructuras ya que el análisis por equipo es el mismo, el análisis por producto varía en función del flujo de material.

5.4.4. Valor exergético de los flujos del producto en proceso

En el análisis termoeconómico se deben cuantificar los valores de los flujos, tanto exergéticos como económicos. Los valores económicos se establecen de manera sencilla de la contabilidad de la empresa, mientras que cuantificar el valor exergético de la pieza producida no es fácil, ya que a la pieza se le retiró material para darle una forma definida y por consiguiente el producto final no gana exergía desde el punto de vista físico, solo perdió masa.

Sin embargo, el producto tiene un valor económico mayor porque la transformación representa un esfuerzo que se le realizó, y se encuentra en función del costo del recurso energético y del esfuerzo humano que se requirió, más no se tiene una cuantificación exergética, lo que imposibilita la aplicación de la teoría del costo exergético. Para resolver este problema se estableció un método indirecto para asociar un valor exergético a la pieza, que se basa en el valor agregado, lo cual tiene una naturaleza intangible.

El valor exergético agregado de la pieza que gana en cada operación se determina de la exergía aplicada de manera directa a la pieza por el equipo de producción. Por ejemplo, si se tienen 100 unidades de exergía que se suministran al equipo, de las cuales sólo 20 unidades se aplican sobre la pieza, las demás se asocian a las irreversibilidades del equipo, sólo estas 20 unidades son las que realizan la transformación de la pieza.

En el proceso de transformación se desprende material, por tanto las 20 unidades no se pueden asociar exclusivamente a la pieza producida, se deben repartir; para hacer esto se determinó que tal repartición se realiza de forma proporcional a la masa del material desprendido y a la masa de la pieza producida. Es decir, ninguna de las dos ganó exergía físicamente, pero su separación requirió la aplicación de exergía, por tanto se asocia los valores de esta manera.

En la expresión (31) se indica el cálculo del valor exergético agregado de los flujos del producto en proceso.

$$B_{PP} = \frac{m_{PF}}{m_{MP}} B_A \quad (31)$$

Donde

B_{PP} , exergía de la pieza producida o del producto en proceso

m_{PF} , masa de la pieza producida o del producto en proceso

m_{MP} , masa de la material prima

B_A , exergía requerida para la transformación de la pieza

La exergía se transforma y se degrada en el proceso, convirtiéndose en anergía, dado que no se almacenó en la masa de la pieza producida ni en la masa de material desprendido.

En los procesos de desprendimiento de material el trabajo realizado sobre la pieza se debe a la resistencia que se tiene para desprender el material; esta resistencia hace que tal remoción produzca calor en: la herramienta cortante, la pieza que se trabaja, la masa del material desprendido, la base donde se apoya la pieza y el fluido lubricante que se emplee en la operación de corte y también se asocian las vibraciones y otras formas en las que se puede degradar la exergía.

5.5. MODELOS EXERGÉTICOS

A continuación se presentan cinco (5) de los nueve (9) modelos exergéticos establecidos, los demás se describen en el Anexo J. De cada modelo se muestran los flujos identificados, el esquema por bloques y las expresiones para cuantificación de los flujos; para algunos modelos se muestra también la expresión final para determinar el valor exergético entregado por la operación.

A la par del flujo exergético se establece también el flujo másico y el flujo energético; por lo tanto, el modelo permite realizar tres (3) balances: másico, energético y exergético, lo cual brinda mayor información para analizar la operación realizada en el equipo de producción.

5.5.1. Modelo exergético del torno

La descripción completa del equipo y el modelo correspondiente se describe en el Anexo J. El modelo consta de siete (7) bloques: los conductores generales de alimentación, el motor principal, la caja Norton, los conductores de alimentación del motor de refrigeración, el motor de refrigeración, la bomba y la operación a realizarse; además, se identificaron once (11) flujos como se muestra en la tabla 19.

Tabla 19. Flujos identificados en el torno.

FLUJO	NOMBRE	DESCRIPCIÓN
1	Electricidad	Flujo eléctrico antes de los conductores de alimentación
2	Electricidad	Alimentación del motor principal
3	Electricidad	Flujo eléctrico a través de los conductores del motor de refrigeración
4	Trabajo	Desarrollado por el eje del motor principal
5	Trabajo	Transmitido al área de operación
6	Electricidad	Alimentación del motor de refrigeración
7	Trabajo	Desarrollado por el eje del motor de refrigeración
8	Energía cinética y potencial	Impulso del fluido de refrigeración
9	Materia Prima	Masa de la pieza a trabajar
10	Desperdicio	Material desechado en la operación
11	Producto	Pieza trabajada

El modelo del torno se muestra en la figura 26; adicionalmente, en la tabla 20 se presentan las expresiones que permiten cuantificar los flujos.

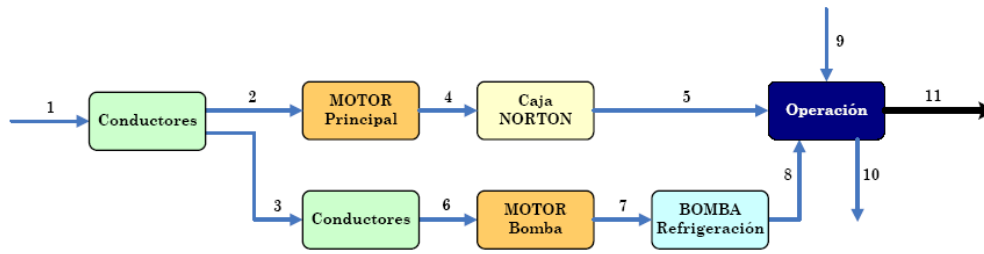


Figura 26. Esquema del modelado para el torno.

Tabla 20. Formulación matemática de los flujos en el torno.

FLUJO	MASA	Energía	Exergía
1. Electricidad	-	$E_1 = B_1 = \int P_1 dt = \sqrt{3} \int V_1 I_1 \cos \varphi_1 dt$	
2. Electricidad	-	$E_2 = B_2 = \sqrt{3} \int V_1 I_1 \cos \varphi_1 dt - 3 \int I_1^2 R_L dt - \sqrt{3} V_3 I_3 \cos \varphi_3$	
3. Electricidad	-	$E_3 = B_3 = \int P_3 dt = \sqrt{3} V_3 I_3 \cos \varphi_3 t$	
4. Trabajo	-	$E_4 = B_4 = \eta_{MP} B_2$	
5. Trabajo	-	$E_5 = B_5 = B_4 - B_{4,VACIO}$	
6. Electricidad	-	$B_6 = B_3 - 3 \int I_3^2 R_{L,MB} dt$	
7. Trabajo	-	$E_7 = B_7 = \eta_{MB} B_6$	
8. Energía cinética y potencial	-	$E_8 = B_8 = E_c + E_p = \dot{m}_R (v^2/2 + gh) t$	
9. Materia Prima	$m_9 = m_{MP}$	$E_9 = E_{MP}$	$B_9 = B_{MP}$
10. Desperdicio	$m_{10} = m_{desp}$	$E_{10} = m_{10}/m_9 (E_5 + E_8 + E_9)$	$B_{10} = m_{10}/m_9 (B_5 + B_8 + B_9)$
11. Producto	$m_{11} = m_{prod}$ $m_{11} = m_{10} - m_9$	$E_{11} = m_{11}/m_9 (E_5 + E_8 + E_9)$	$B_{11} = m_{11}/m_9 (B_5 + B_8 + B_9)$

La exergía de la pieza producida se calcula con la siguiente expresión:

$$B_{11} = m_{11}/m_9 \left(\eta_{MP} \left(\sqrt{3} \int V_1 I_1 \cos \varphi_1 dt - 3 \int I_1^2 R_L dt - \sqrt{3} V_1 I_{1,VACIO} \cos \varphi_3 t + 3 I_{1,VACIO}^2 R_L t \right) + \dot{m}_R (v^2/2 + gh) t + B_{MP} \right) \quad (32)$$

5.5.2. Modelo exergético de los tanques para tratamientos químicos

La descripción completa del equipo y el modelo detallado del mismo se consigna en el Anexo J. El modelo se compone de tres (3) bloques: combustión, tanque y operación y en él se identificaron cinco (5) flujos, los cuales se presentan en la tabla 21.

El modelo de los tanques de los tratamientos químicos es el mostrado en la figura 27 y las expresiones para cuantificar los flujos de este modelo se muestran en la tabla 22.

Tabla 21. Flujos identificados en los tanques de tratamientos químicos.

FLUJO	NOMBRE	DESCRIPCIÓN
1	Gas natural	Utilizado para suministrar el calor necesario por combustión.
2	Calor	Calor entregado al tanque.
3	Calor	Calor útil aprovechado para el tratamiento químico de las piezas.
4	Materia prima	Piezas sometidas a los tratamientos químicos.
5	Producto	Pieza tratada.

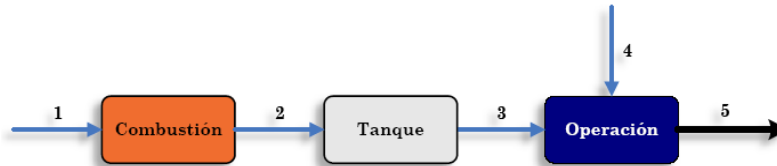


Figura 27. Esquema del modelo para los tanques de los tratamientos químicos.

Tabla 22. Formulación matemática de los flujos en los tanques de tratamientos químicos.

FLUJO	MASA	Energía	Exergía
1. Gas Natural	$m_1 = \rho_{GN} V_C$	$E_1 = Q_1 = \frac{m_1}{\rho_{GN}} P_C$	$B_1 = Q_1 \left(\frac{T_M - T_0}{T_M} \right)$
2. Calor	-	$E_2 = Q_{Ca} + Q_C + Q_{RN}$	$B_2 = B_{Ca} + B_C + B_{RN}$
3. Calor	-	$E_3 = Q_{Ca} + (Q_C + Q_{RN}) t_U / t_D$	$B_3 = B_{Ca} + (B_C + B_{RN}) t_U / t_D$
4. Materia prima	$m_4 = m_{MP}$	$E_4 = E_{MP}$	$B_4 = B_{MP}$
5. Producto	$m_5 = m_4$	$E_5 = E_4 + \frac{E_3 t_O}{N_P t_U}$	$B_5 = B_4 + \frac{B_3 t_O}{N_P t_U}$

La exergía de la pieza producida se calcula con la siguiente expresión:

$$B_5 = B_{MP} + \frac{m_a c (T_2 - T_1) (T_2 - T_0) t_O}{N_P T_2 t_U} + \frac{t_U t_O}{N_P t_D} \left(\frac{k A_m (T_2 - T_1)^2 T_0}{\Delta x T_2 T_1} + \left(1 + \frac{1}{3} \left(\frac{T_0}{T_m} \right)^4 - \frac{4}{3} \frac{T_0}{T_m} \right) (A_m - A_{desp}) \right) \quad (33)$$

5.5.3. Operación de vulcanizado

El modelado de la operación de vulcanizado debido a su complejidad y extensión se realiza con tres (3) modelos: el generador de aceite caliente, la prensa y el sistema hidráulico como se muestra en la figura 28. Los sistemas térmico e hidráulico funcionan de forma independiente, sus modelos se detallan en el Anexo L.



Figura 28. Modelos exergéticos determinados en la operación de vulcanizado.

5.5.4. Modelo exergético del generador de aceite caliente

La descripción del equipo y el modelo detallado del generador de aceite caliente se describe en el Anexo L. Este sistema consta de ocho (8) bloques: conductores de alimentación del motor 1, conductores de alimentación del motor 2, motor 1, motor 2, bomba 1, bomba 2, generador de aceite caliente y red de interconexión y doce (12) flujos que se muestran en la tabla 23.

Tabla 23. Flujos identificados en el generador de aceite caliente de vulcanizado.

FLUJO	TIPO	DESCRIPCIÓN
1	Electricidad	Flujo eléctrico a través de los conductores de alimentación
2	Electricidad	Alimentación del motor 1
3	Trabajo	Trabajo desarrollado por el eje del motor 1
4	Electricidad	Flujo eléctrico a través de los conductores de alimentación
5	Electricidad	Alimentación del motor 2
6	Trabajo	Trabajo desarrollado por el eje del motor 2
7	Gas natural	Utilizado para suministrar el calor necesario por combustión.
8	Calor	Fluido calentado
9	Calor	Fluido calentado
10	Calor y energía cinética	Fluido impulsado
11	Calor y energía cinética	Fluido impulsado
12	Calor	Calor bruto suministrado por la red

El modelo establecido del generador de aceite caliente se muestra en la figura 29; adicionalmente, en la tabla 24 se presentan las expresiones que permiten cuantificar los flujos.

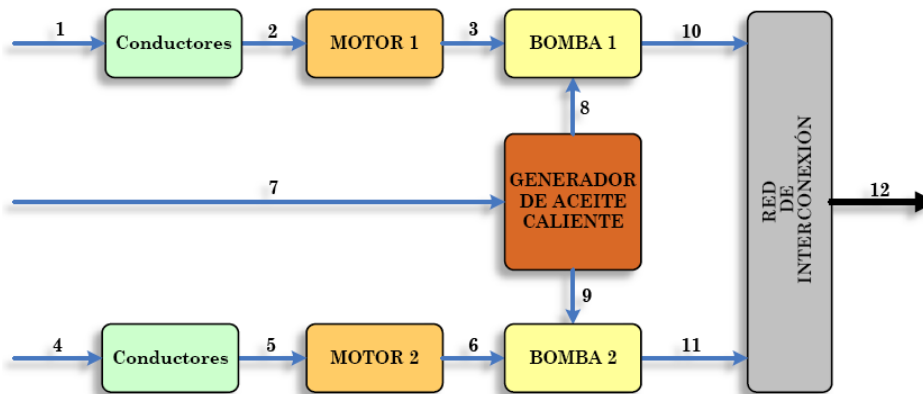


Figura 29. Esquema del modelado para el generador de aceite caliente de vulcanizado.

Tabla 24. Formulación matemática de los flujos en el generador de aceite caliente de vulcanizado.

FLUJO	MASA	Energía	Exergía
1. Electricidad	-	$E_1 = B_1 = \int P_1 dt = \sqrt{3} \int V_1 I_1 \cos \phi_1 dt$	
2. Electricidad	-	$E_2 = B_2 = \sqrt{3} \int V_1 I_1 \cos \phi_1 dt - 3 \int I_1^2 R_L dt$	

3. Trabajo	-	$E_3 = B_3 = \eta_{MF} B_2$	
4. Electricidad	-	$E_4 = B_4 = \int P_4 dt = \sqrt{3} \int V_4 I_4 \cos \varphi_4 dt$	
5. Electricidad	-	$E_5 = B_5 = \sqrt{3} \int V_5 I_5 \cos \varphi_5 dt - 3 \int I_5^2 R_l dt$	
6. Trabajo	-	$E_6 = B_6 = \eta_{MF} B_5$	
7. Gas natural	$m_7 = \rho_{GN} V_C$	$E_7 = Q_7 = m_7 P_C / \rho_{GN}$	$B_7 = Q_7 (T_M - T_0) / T_M$
8. Calor	$m_8 = \dot{m}_8 t$	$E_8 = Q_7 \dot{m}_8 / (\dot{m}_8 + \dot{m}_9)$	$B_8 = B_7 \dot{m}_8 / (\dot{m}_8 + \dot{m}_9)$
9. Calor	$m_9 = \dot{m}_9 t$	$E_9 = Q_7 \dot{m}_9 / (\dot{m}_8 + \dot{m}_9)$	$B_9 = B_7 \dot{m}_9 / (\dot{m}_8 + \dot{m}_9)$
10. Calor	$m_{10} = m_8$	$E_{10} = E_3 + E_8$	$B_{10} = B_3 + B_8$
11. Calor	$m_{11} = m_9$	$E_{11} = E_6 + E_9$	$B_{11} = B_6 + B_9$
12. Calor	-	$E_{12} = \sum Q_{Vi}$	$B_{12} = \sum B_{Vi}$

Los términos E_{Vi} y B_{Vi} se relacionan con el flujo 1 del modelo exergético de las planchas de vulcanizado como puede verse en el Anexo L.

5.5.5. Modelo exergético del sistema hidráulico de vulcanizado

La descripción del equipo y modelo detallado de este sistema se describe en el Anexo L. El modelo está conformado por tres (3) bloques: conductores de alimentación del motor, motor y bomba; asimismo, se identificaron catorce (14) flujos que se muestran en la tabla 25.

Tabla 25. Flujos identificados en el sistema hidráulico de vulcanizado.

FLUJO	TIPO	DESCRIPCIÓN
1	Electricidad	Flujo eléctrico a través de los conductores de alimentación
2	Electricidad	Alimentación del motor
3	Trabajo	Trabajo desarrollado por el eje del motor
4	Trabajo	Trabajo útil suministrado para V2P
5	Trabajo	Trabajo útil suministrado para V3P
6	Trabajo	Trabajo útil suministrado para V4PAR
7	Trabajo	Trabajo útil suministrado para V4PAB
8	Trabajo	Trabajo útil suministrado para V5P
9	Trabajo	Trabajo útil suministrado para V1SAR
10	Trabajo	Trabajo útil suministrado para V1SAB
11	Trabajo	Trabajo útil suministrado para V2S
12	Trabajo	Trabajo útil suministrado para V3S
13	Trabajo	Trabajo útil suministrado para V4S
14	Trabajo	Trabajo útil suministrado para V5S

El modelo establecido del sistema hidráulico de vulcanizado se muestra en la figura 30; adicionalmente, en la tabla 26 se presentan las expresiones que permiten cuantificar los flujos.

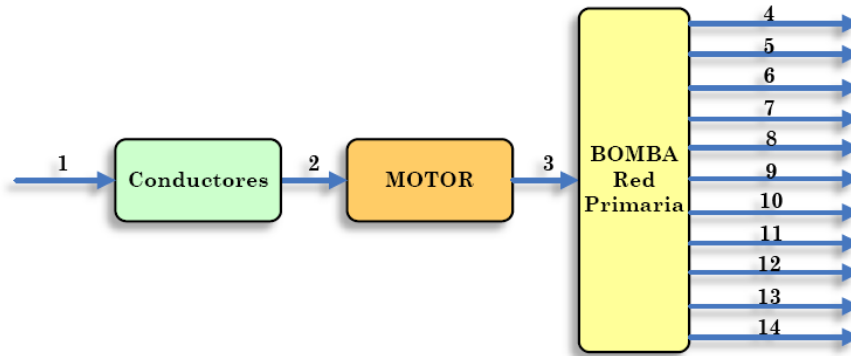


Figura 30. Esquema del modelo para el sistema hidráulico de vulcanizado.

Tabla 26. Formulación matemática de los flujos del sistema hidráulico de vulcanizado.

FLUJO	MASA	Energía	Exergía
1. Electricidad	-	$E_1 = B_1 = \int P_1 dt = \sqrt{3} \int V_1 I_1 \cos \varphi_1 dt$	
2. Electricidad	-	$E_2 = B_2 = \sqrt{3} \int V_1 I_1 \cos \varphi_1 dt - 3 \int I_1^2 R_L dt$	
3. Trabajo	-	$E_3 = B_3 = \eta_{MP} B_2$	
4. Trabajo	-	$E_4 = B_4 = n_{V2P} \eta_M \left(\sqrt{3} \int V_1 I_{1,V2P} \cos \varphi_{1,V2P} dt - 3 \int I_{1,V2P}^2 R_L dt \right) - n_{V2P} \eta_M (P_{1V} - P_{PV}) t_{V2P}$	
5. Trabajo	-	$E_5 = B_5 = n_{V3P} \eta_M \left(\sqrt{3} \int V_1 I_{1,V3P} \cos \varphi_{1,V3P} dt - 3 \int I_{1,V3P}^2 R_L dt \right) - n_{V3P} \eta_M (P_{1V} - P_{PV}) t_{V3P}$	
6. Trabajo	-	$E_6 = B_6 = n_{V4PAR} \eta_M \left(\sqrt{3} \int V_1 I_{1,V4PAR} \cos \varphi_{1,V4PAR} dt - 3 \int I_{1,V4PAR}^2 R_L dt \right) - n_{V4PAR} \eta_M (P_{1V} - P_{PV}) t_{V4PAR}$	
7. Trabajo	-	$E_7 = B_7 = n_{V4PAB} \eta_M \left(\sqrt{3} \int V_1 I_{1,V4PAB} \cos \varphi_{1,V4PAB} dt - 3 \int I_{1,V4PAB}^2 R_L dt \right) - n_{V4PAB} \eta_M (P_{1V} - P_{PV}) t_{V4PAB}$	
8. Trabajo	-	$E_8 = B_8 = n_{V5P} \eta_M \left(\sqrt{3} \int V_1 I_{1,V5P} \cos \varphi_{1,V5P} dt - 3 \int I_{1,V5P}^2 R_L dt \right) - n_{V5P} \eta_M (P_{1V} - P_{PV}) t_{V5P}$	
9. Trabajo	-	$E_9 = B_9 = n_{V1SAR} \eta_M \left(\sqrt{3} \int V_1 I_{1,V1SAR} \cos \varphi_{1,V1SAR} dt - 3 \int I_{1,V1SAR}^2 R_L dt \right) - n_{V1SAR} \eta_M (P_{1V} - P_{PV}) t_{V1SAR}$	
10. Trabajo	-	$E_{10} = B_{10} = n_{V1SAB} \eta_M \left(\sqrt{3} \int V_1 I_{1,V1SAB} \cos \varphi_{1,V1SAB} dt - 3 \int I_{1,V1SAB}^2 R_L dt \right) - n_{V1SAB} \eta_M (P_{1V} - P_{PV}) t_{V1SAB}$	
11. Trabajo	-	$E_{11} = B_{11} = n_{V2S} \eta_M \left(\sqrt{3} \int V_1 I_{1,V2S} \cos \varphi_{1,V2S} dt - 3 \int I_{1,V2S}^2 R_L dt \right) - n_{V2S} \eta_M (P_{1V} - P_{PV}) t_{V2S}$	
12. Trabajo	-	$E_{12} = B_{12} = n_{V3S} \eta_M \left(\sqrt{3} \int V_1 I_{1,V3S} \cos \varphi_{1,V3S} dt - 3 \int I_{1,V3S}^2 R_L dt \right) - n_{V3S} \eta_M (P_{1V} - P_{PV}) t_{V3S}$	
13. Trabajo	-	$E_{13} = B_{13} = n_{V4S} \eta_M \left(\sqrt{3} \int V_1 I_{1,V4S} \cos \varphi_{1,V4S} dt - 3 \int I_{1,V4S}^2 R_L dt \right) - n_{V4S} \eta_M (P_{1V} - P_{PV}) t_{V4S}$	
14. Trabajo	-	$E_{14} = B_{14} = n_{V5S} \eta_M \left(\sqrt{3} \int V_1 I_{1,V5S} \cos \varphi_{1,V5S} dt - 3 \int I_{1,V5S}^2 R_L dt \right) - n_{V5S} \eta_M (P_{1V} - P_{PV}) t_{V5S}$	

La exergía entregada a cada vulcanizadora se determina con los flujos 4 a 14.

5.5.6. Modelo exergético de las prensas de vulcanizado

Este modelo se desarrolla con base en las características físicas de las planchas que se muestran en el Anexo K; adicionalmente, la descripción del equipo y el modelo detallado se describe en el

Anexo L. El modelo está conformado por tres (3) bloques: planchas, tanque y matriz y en él se identificaron nueve (9) flujos que se muestran en el tabla 27.

Tabla 27. Flujos identificados en las prensas de vulcanizado.

FLUJO	TIPO	DESCRIPCIÓN
1	Calor	Flujo térmico para calentar las planchas de vulcanizado
2	Calor	Flujo térmico suministrado a la matriz de vulcanizado
3	Trabajo	Impulso de un fluido
4	Trabajo	Movimiento vertical de una plancha
5	Materia prima	Caucho
6	Materia prima	Acero
7	Materia prima	Acero
8	Desperdicio	Caucho sobrante
9	Producto	Repuesto vulcanizado

El modelo establecido de las prensas de vulcanizado se muestra en la figura 31 y las expresiones que permiten cuantificar los flujos se presentan en la tabla 28.

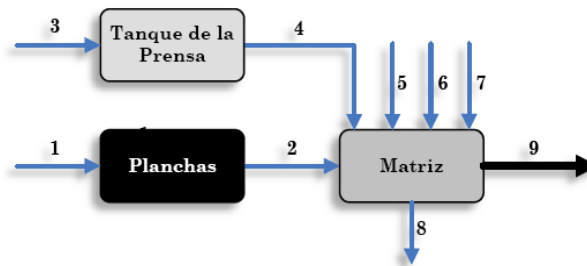


Figura 31. Esquema del modelo para las prensas de vulcanizado.

Tabla 28. Formulación matemática de los flujos en las planchas de vulcanizado.

FLUJO	MASA	Energía	Exergía
1. Calor	-	$E_1 = E_{TP}/n_V n_M$	$B_1 = B_{TP}/n_V n_M$
2. Calor	-	$E_2 = Q_{Mconv} + Q_{MO} + Q_C + Q_A + Q_{MC}/n_V n_M$	$B_2 = B_{Mconv} + B_{MO} + B_C + B_A + B_{MC}/n_V n_M$
3. Trabajo	-	$E_3 = B_3 = E_{SH}$	
4. Trabajo	-	$E_4 = B_4 = P_f A \Delta x$	
5. Materia prima	$m_5 = m_{MP_C}$	$E_5 = E_{MP_C}$	$B_5 = B_{MP_C}$
6. Materia prima	$m_6 = m_{MP_{A1}}$	$E_6 = E_{MP_{A1}}$	$B_6 = B_{MP_{A1}}$
7. Materia prima	$m_7 = m_{MP_{A2}}$	$E_7 = E_{MP_{A2}}$	$B_7 = B_{MP_{A2}}$
8. Desperdicio	$m_8 = m_{MP_{DC}}$	$E_8 = \frac{m_8}{m_5} (E_5 + Q_C)$	$B_8 = \frac{m_8}{m_5} (B_5 + B_C)$
9. Producto	$m_9 = m_5 + m_6 + m_7 - m_8$	$E_9 = E_4 + Q_A + E_6 + E_7 + (E_5 + Q_C)(m_5 - m_8)/m_5$	$B_9 = B_4 + B_A + B_6 + B_7 + (B_5 + B_C)(m_5 - m_8)/m_5$

5.6. CUANTIFICACIÓN DE LOS FLUJOS

El análisis termoeconómico del modelo total requiere de los valores exergéticos y económicos de los flujos. La valoración exergética se encuentra en los anexos P y Q y la valoración económica, referida al costo de los consumos de la electricidad y el gas, se mencionó en el capítulo 4.

5.6.1. Consideraciones sobre variables identificadas

Hay tres (3) tipos de variables según como se haya determinado su valor: medidas, consultadas y calculadas que se describen en la tabla 29.

Tabla 29. Variables identificadas.

CLASE	SUBCLASE	CUANTIFICACIÓN	
Consultadas	-	Directa	
Medidas	Influidas	Medición	Análisis por estudio estadístico
	No Influidas		Simple
Calculadas	-	Reemplazo	

Las variables consultadas se refieren a valores normalizados, como la gravedad, las variables calculadas se refieren a expresiones donde se reemplazan variables medidas y/o consultadas y las variables medidas pueden ser o no influenciadas por el operario, por lo que se dividen en dos subclases: influidas y no influidas. Las variables influidas son el tiempo, las presiones y las temperaturas y requieren un tratamiento estadístico, mientras que las no influidas son: longitudes, masas y volúmenes que tienen valores de medición constantes en condiciones normales de operación. La agrupación final de las variables medidas se muestra en la tabla 30.

Tabla 30. Variables medidas.

INFLUIDAS	Tiempos
	Presiones
	Temperaturas
	Señales eléctricas
NO INFLUIDAS	Longitudes
	Masas
	Volúmenes

5.6.2. Cuantificación de las variables

La cuantificación de las variables se debe realizar con un buen equipo de medida y el procedimiento adecuado. Las variables de consulta se establecen y cuantifican de manera directa,

las variables no influidas se determinan con una medición simple, su valoración no fluctúa y las variables influidas se tratan en el siguiente numeral.

5.6.3. Cuantificación de las variables influidas

Las variables influidas requieren un tratamiento estadístico específico, el cual consiste en determinar el comportamiento de los datos, su distribución probabilística, y sus parámetros estadísticos característicos.

Para reemplazar los valores en las expresiones se deben tener un estadístico, la media muestral y se puede hacer cuando los datos presentan una distribución normal, lo cual es el comportamiento esperado para las variables tiempo, presión y temperatura en las condiciones identificadas.

Los parámetros estadísticos utilizados son: la media, \bar{X} , y la desviación estándar, σ ; la distribución normal de los datos de la muestra se validó con la prueba estadística de D'Agostino para un 95% de confiabilidad (ver numeral 4.2.2.)

Para adelantar los estudios se determinó un número de datos por muestra, tal que éstos representen éstos de manera confiable el comportamiento de las variables identificadas, para lo cual se aplicó el procedimiento descrito en el numeral 4.2.2 basado en el ajuste con la distribución estadística t-student.

El análisis premuestral para los estudios se muestra en el Anexo E y de él se obtuvo como resultado la realización de mediciones con 10 datos por muestra para cada estudio.

El estudio de tiempos (Anexo H) hace referencia a los tiempos de operación de los repuestos seleccionados, esto incluye todas las operaciones identificadas; a la vez, el tiempo de operación se divide en elementos, con el fin de especificar las tasas de consumo de energía y exergía.

El estudio de presiones (Anexo M) se utiliza para determinar las presiones finales sobre la matriz en la operación de vulcanizado; para cada repuesto se tiene una única tabla de datos.

A diferencia del estudio de tiempos los datos de las presiones no se determinan en función de los repuestos seleccionados, sino del puesto de trabajo o prensas de vulcanizado en donde se lleva a cabo el vulcanizado del repuesto seleccionado.

El estudio de temperaturas (Anexo N) se presenta como el más extenso de los tres y registra el comportamiento de la temperatura en la matriz, las planchas de vulcanizado, el caucho y el acero que conforman el repuesto y en el aire circundante en la zona de vulcanizado.

A diferencia de la naturaleza de los datos puntuales requeridos en los estudio de tiempos y presiones, en el estudio de temperatura a parte de esto se debe determinar el comportamiento de la temperatura con respecto al tiempo; por tal razón se requirió realizar un análisis de los datos obtenidos (ver Anexo N); tal análisis se muestra en el Anexo O.

5.6.4. Medición

Las mediciones de las variables se realizaron durante los meses de Marzo, Abril, Mayo, Junio, Julio, Septiembre, Octubre y Noviembre de 2 006, en las instalaciones de la empresa.

Las mediciones requirieron este tiempo debido a que la producción de los repuestos seleccionados no es continua, a pesar de su alta frecuencia de producción en comparación con los demás repuestos. En la tabla 31 se muestran los equipos de medición utilizados.

Tabla 31. Equipos de medición empleados.

VARIABLE	EQUIPO DE MEDICIÓN	PROCEDENCIA	UNIDAD	ESCALA
Tiempo	Cronometro	Personal	s	hh/mm/ss
Presión	Barómetros	Empresa	Psi	3 000 Psi
Temperatura	Termómetro	Empresa	°C, °F	200 °C
Longitud	Cinta métrica	Personal	mm	3 m
Masa	Balanza 1	Personal		5 kg
	Balanza industrial	Empresa	g	150 kg
Volúmenes	Tanque	Empresa	L	5 – 20 L
Señales eléctricas	Pinza voltampèremétrica	Empresa	V, A	100 – 600 V 10 – 100 A
Tensión	Analizador de redes POWERVISTA	UIS	V, A, W	500 V
Corriente				50 – 100 A

6. ANÁLISIS TERMOECONÓMICO

El análisis termoeconómico, como último paso de la fase 2 de la metodología propuesta, suministra la información para la identificación de los problemas energéticos en los procesos productivos, por medio del cálculo de los costos exergéticos, costos exergoeconómicos, eficiencias exergéticas y el valor de las irreversibilidades.

El análisis termoeconómico se soporta en la aplicación de la teoría del costo exergético – TCE, que se expone de forma breve en el Anexo R. Se realizó el análisis desde dos perspectivas: por repuesto y por equipo, el análisis por repuesto determina el costo exergético, de producción por pieza terminada, de la materia prima que se desecha, además de la participación de cada equipo, y el análisis termoeconómico por equipo se justifica en la medida en que cada equipo participa en la producción de varios repuestos.

De los dos análisis realizados, el análisis por equipo resulta más acertado, debido a que cualquier acción de mejora sobre el funcionamiento, para aumentar su eficiencia exergética, afecta todas las operaciones que en éste se desarrollan, repercutiendo en los procesos de producción afines.

6.1. APLICACIÓN DE LA TEORÍA DEL COSTO EXERGÉTICO EN INDUSTRIA CAUCHOS RECORD LTDA

Para la aplicación de la teoría del costo exergético se debió tener en cuenta dos particularidades: la cuantificación del costo económico asociado a la pieza y la aplicación de la cuarta proposición de asignación para el caso donde se presenten bifurcaciones con más de dos flujos salientes.

El cálculo del costo económico de los flujos identificados está ligado de manera directa con la repercusión de los costos de producción en los distintos componentes que constituyen el proceso

**METODOLOGÍA PARA EL USO RACIONAL Y EFICIENTE DE LA ENERGÍA DESDE EL ENFOQUE EXERGÉTICO
EN INDUSTRIA CAUCHOS RECORD LTDA**

CAPITULO 6. Análisis Termoeconómico

productivo, y en consecuencia, a la asignación correcta de los costos de los productos finales. La formación del costo económico de los flujos internos y finales está relacionada tanto con la eficiencia termodinámica del proceso como con la operación de las componentes del mismo.

Entonces, en principio se puede considerar el costo exergoeconómico de un flujo como la suma de dos contribuciones: la primera, que procede del costo monetario de la exergía de los recursos y la segunda, que engloba el resto de los costos originados en el proceso productivo asociado a su obtención: capital, operación, mantenimiento, etc.

Este tipo de consideración se aplica en el caso de las plantas térmicas, dado su régimen de funcionamiento continuo, pues para éstas se concibió la TCE. Pero en el caso tratado en este trabajo de grado, el funcionamiento de los equipos en Industria Cauchos Record Ltda no se encuentra ligado a un solo producto, sino a más de 200, por lo que la contribución por concepto de mantenimiento y amortización no se asocia de manera directa al producto fabricado.

Además, la producción de cada repuesto varía en el tiempo, lo que dificulta el planteamiento inicial de considerar este tipo de costos dentro del costo exergoeconómico. También habría de considerarse el costo de la mano de obra y los gastos de operación, como iluminación, ventilación, etc.

Dependiendo de la manera en como se determine el costo de producción por pieza que se emplee en la empresa se debe acoplar el costo exergoeconómico. El principio de determinación planteado en el manejo de una planta térmica, puede diferir del más apropiado para una empresa en particular, pues la contabilidad de costos, ampliamente difundida, no se aplica en las empresas de igual manera.

En el presente trabajo se consideró como costo exergoeconómico de una pieza producida como la suma de los costos de los recursos energéticos empleados más el costo de la materia prima.

De esta manera, como los costos se encuentran relacionados con los flujos identificados de entrada, se emplea la misma base matemática considerada para el cálculo de los costos exergéticos de los flujos.

En cuanto a la aplicación de las cinco reglas de asignación de la TCE, se debió tener en cuenta un caso particular en la aplicación de la cuarta regla, la cual muestra la forma matemática de describir con ecuaciones las bifurcaciones en un sistema, tema fascinante y controversial para varios de los entendidos en el campo termoeconómico, pero surgió la inquietud de cómo aplicarla cuando se tienen más de dos productos con la misma calidad exergética, pues a este respecto no se hace alusión.

En el análisis termoeconómico del sistema hidráulico se tienen once (11) flujos salientes o productos, y dado que no se encontró en las referencias consultadas una manera de evaluar los costos se propone en este trabajo de grado un sencillo planteamiento, que se presenta a continuación, para establecer el sistema de ecuaciones asociado, y así poder determinar los costos exergéticos y exergoeconómicos.

La figura 32 describe un caso sencillo, un bloque único, con un fuel y n productos. Se tiene este ejemplo como base para presentar el planteamiento citado.



Figura 32. Sistema o componente de un sistema con un fuel y n productos.

La valoración exergética de los flujos salientes o productos ha de ser a lo sumo igual al fuel:

$$P_{TOTAL} = P_1 + P_2 + P_3 + \dots + P_n = \sum_{i=1}^n P_i \quad (34)$$

$$P_{TOTAL} \leq F \quad (35)$$

El costo exergético del fuel, F^* , equivale al total de los costos exergéticos de los productos, en otras palabras el costo exergético del fuel se distribuye en los productos.

$$F^* = P_1^* + P_2^* + P_3^* + \dots + P_n^* = \sum_{i=1}^n P_i^* \quad (36)$$

La distribución se establece de manera proporcional al valor exergético del producto con respecto al total de los productos.

$$P_i^* = P_i * \frac{F^*}{P_{TOTAL}} = k * P_i \quad (37)$$

Donde para cualquier flujo se tiene una constante, que describe el costo exergético unitario de los productos en función del costo exergético del fuel que los origina.

$$k = \frac{F^*}{P_{TOTAL}} \quad (38)$$

Por tanto, todos los productos se relacionan de la siguiente manera:

$$\frac{P_i^*}{P_i} = k = \frac{P_1^*}{P_1} = \frac{P_2^*}{P_2} = \frac{P_3^*}{P_3} = \dots = \frac{P_n^*}{P_n} \quad (39)$$

En el sistema hidráulico de vulcanizado se identificaron catorce (14) flujos, por lo que el sistema de ecuaciones requiere igual número de éstas. Aplicando las tres primeras proposiciones se establecen cuatro (4) ecuaciones, las diez (10) restantes deben establecerse en función a los once (11) flujos salientes o productos. Las ecuaciones faltantes han de expresarse de la siguiente manera:

$$P_i^* - \frac{P_i}{P_{i+1}} P_{i+1}^* = 0, \text{ para } i = 1, 2, \dots, n \quad (40)$$

El costo exergético de cada producto puede hallarse empleando la expresión (37), pero para efectos de aplicar el planteamiento de la TCE se optó por estructurar un sistema ecuaciones.

6.2. ANÁLISIS TERMOCÓNOMICO POR REPUESTOS

Para realizar este análisis se estableció el diagrama del sistema de producción y se asoció a éste la valoración de los flujos identificados, seguidamente se determinó el costo de la materia prima y los recursos energéticos utilizados, para finalmente aplicar la TCE, que se expone de forma breve en el Anexo R. Para precisar este diagrama se ubicó en cada operación identificada en el diagrama de operaciones (Anexo D) de cada repuesto el modelo exergético establecido del equipo que la realiza. La cuantificación de los flujos por operación para cada repuesto se presenta en el Anexo P y la valoración másica, energética y exergética de los flujos por producto se presenta en el Anexo Q.

Para los flujos que representan la materia prima solo se registra una valoración económica y no exergética. Esto se debe a que la materia prima va ganando un valor exergético agregado producto de la transformación física en cada operación, más no su composición química.

6.2.1. Valoración económica de los flujos entrantes

El costo exergético y el costo exergoeconómico conforman la base del análisis termoeconómico; el primero exige determinar la exergía de los flujos entrantes, y el segundo, su costo económico. El costo económico debe tener en cuenta la naturaleza de los flujos entrantes: recursos energéticos y materia prima. La energía eléctrica y el gas natural se utilizan como recursos energéticos; el acero, la fundición gris y el caucho como materia prima.

Energía eléctrica. El costo de la energía eléctrica se determina según el consumo; en el 2 006 a la empresa se le facturó a \$ 281,35/kWh, equivalente a \$0,0782/kJ (1 kWh equivalente a 3,6 MJ).

Gas natural. En el año 2 006 a la empresa se le facturo a \$ 669,3/m³ (\$0,01653/kJ), donde la energía contenida es 40,5 MJ/m³. Para asociar el costo por consumo a cada equipo se determina el volumen de consumo propio. En el caso del sistema de vulcanizado, donde se tienen varias prensas de vulcanizado conectadas a un solo generador de aceite caliente, se debe determinar porcentualmente el consumo.

Acero. Se utiliza en varias presentaciones: varilla, tira o tubo. El precio depende de las dimensiones de cada presentación y de las medidas propias para cada repuesto (ver tabla 32). El costo del acero, como materia prima, requerido en la fabricación de cada repuesto se determina con la cantidad de unidades extraídas, por varilla, tira o tubo, tal como se muestra en la tabla 33.

Tabla 32. Presentaciones del a cero.

MATERIAL	Dimensiones	Precio	\$/m
Tubo	6m x 1½"	\$ 14 950,00	\$ 2 491,67
	6m x 1¾"	\$ 17 175,00	\$ 2 862,50
	6m x 2"	\$ 19 400,00	\$ 3 233,33
	6m x 2¼"	\$ 22 640,00	\$ 3 773,33
	6m x 3½"	\$ 35 480,00	\$ 5 913,33
Varilla	6m x 1"	\$ 58 400,00	\$ 9 733,33
Tira	2,4m x 0,13m x 3/16"	\$ 35 100,00	\$ 14 625,00
	2,4m x 0,13m x ¼"	\$ 31 300,00	\$ 13 041,67

**METODOLOGÍA PARA EL USO RACIONAL Y EFICIENTE DE LA ENERGÍA DESDE EL ENFOQUE EXERGÉTICO
EN INDUSTRIA CAUCHOS RECORD LTDA**

CAPITULO 6. Análisis Termoeconómico

Tabla 33. Costo de las piezas de acero por repuesto.

REPUESTO	ACERO	PRESENTACIÓN	UNIDADES POSIBLES	COSTO POR UNIDAD (\$)
Soporte Motor	✓	Varilla [6m x 1"]	120	486,67
Tandem	-	-	-	-
Complemento	✓	Tira [2,4m x 0,13m x ¼"]	33	923,76
		Tira [2,4m x 0,13m x 3/16"]	37	948,75
Caucho Eje Cardán	-	-	-	-
Soporte Trailer Dite	-	-	-	-
Buje Delantero NPR	✓	Tira [2,4m x 0,13m x 3/16"]	61	572,92
		Tubo [6m x 2"]	75	258,67
Soporte Trasero	✓	Tubo [6m x 3½"]	76	461,24
		Tubo [6m x 2¼"]	75	301,87
Soporte Izquierdo R4/R6	✓	Tira [2,4m x 0,13m x 3/16"]	29	1 200,83
		Tira [2,4m x 0,13m x 3/16"]	31	1 132,08
Kodiak	✓	Tubo [6m x 2¼"]	75	301,87
		Tubo [6m x 1¾"]	70	243,31
Buje Dodge	✓	Tubo [6m x 1¾"]	80	214,69
		Tubo [6m x 1½"]	70	211,79

Fundición gris. Se requiere esta materia prima para un sólo repuesto de los seleccionados, el Soporte Mack Tandem. La pieza de fundición gris tiene un costo de \$ 2 500.

Caucho. El caucho procesado en la empresa se prepara en función del espesor requerido de los repuestos a vulcanizar; los componentes no varía en ningún caso, pero sus cantidades dependen del espesor. La empresa utiliza cuatro (4) espesores para el caucho: 5, 7, 8 y 10 mm; el costo de la tira de caucho se determina sumando los componentes requeridos y el consumo de energía eléctrica durante la operación. La tabla 34 presenta la información del costo de las tiras de caucho.

Tabla 34. Costos del caucho según su espesor.

Espesor	Peso (kg)	Costo			
		Electricidad	Insumos	Total	\$/g
5 mm	20	1 064,50	23 491,10	24 555,60	1,2278
7 mm	35	1 248,00	38 617,20	39 865,20	1,1390
8 mm	37	1 363,40	41 577,50	42 940,90	1,1606
10 mm	40	1 494,90	44 375,20	45 870,10	1,1468

En la tabla 35 se indica el espesor del caucho utilizado para el vulcanizado de cada repuesto.

Tabla 35. Espesor del caucho utilizado por cada repuesto.

REPUESTO	ESPESOR (mm)
Soporte Motor	10
Tandem	7
Complemento	5
Caucho Eje Cardán	8
Soporte Trailer Dite	8
Buje Delantero NPR	5
Soporte Trasero	5
Soporte Izquierdo R4/R6	7
Kodiak	7
Buje Dodge	5

6.2.2. Caso de aplicación

Para exponer la aplicación de la TCE se toma como ejemplo el desarrollo del análisis termoeconómico del repuesto Soporte Motor Bisón. En este caso se muestran dos planteamientos: por flujos, donde se trabaja con la totalidad de los flujos identificados en cada equipo de producción, y por equipos, donde se toma el equipo en un nivel de menor agregación, solo flujos entrantes y salientes del equipo.

Se tiene el segundo planteamiento, el aplicar la TCE por equipos, como la mejor opción, pues responde al problema del gran número de flujos a considerar y al trabajo matricial respectivo, y que en definitiva no adiciona información importante.

El análisis particular de los equipos de producción identificados y sus partes se realiza en el numeral 6.3.

Los sistemas de ecuaciones característicos de los demás repuestos para determinar los costos se presentan en el Anexo S. Para efectos prácticos el análisis termoeconómico de los restantes repuestos cuenta con la siguiente información: diagrama del sistema del proceso de producción por equipos, costos exergéticos y costos exergoeconómicos, análisis de fuels, productos e irreversibilidades; estos análisis termoeconómicos por repuesto se presentan en el Anexo U.

Cálculo del costo exergético considerando los flujos. En la figura 33 se aprecian los 27 flujos de los tres equipos que intervienen en la fabricación del repuesto: torno, tanque de tratamiento químico y planchas de vulcanizado. En la tabla 36 se identifican los componentes por equipos del sistema.

Tabla 36. Componentes del sistema de producción del repuesto Soporte Motor Bisón.

TORNO		TANQUE DE TRATAMIENTO QUÍMICO		PLANCHAS	
A Conductores	E Conductores	H Combustión	K Combustión	N Tanque	
B Motor principal	F Motor de refrigeración	I Tanque	L Tanque	O Planchas	
C Caja NORTON	G Bomba	J Operación	M Operación	P Matriz	
D Operación					

El flujo 9 representa la entrada del acero, materia prima, al sistema de producción, siguiendo su proceso de transformación, flujos 11, 15 y 19, y con el caucho, flujo 24, conforman la pieza final, flujo 27. Los flujos 10 y 26 representan los desechos generados en el proceso.

**METODOLOGÍA PARA EL USO RACIONAL Y EFICIENTE DE LA ENERGÍA DESDE EL ENFOQUE EXERGÉTICO
EN INDUSTRIA CAUCHOS RECORD LTDA**

CAPITULO 6. Análisis Termoeconómico

Donde A es la matriz del sistema, B los costos exergéticos de los flujos y Y_e los coeficientes determinados. Esta formulación es igual si se valoran o no los desechos, lo cual se presenta para todos los equipos como una bifurcación del producto final.

En este sistema de ecuaciones se valoran los desechos, no distinguiéndose entre el producto en proceso, producto final y el producto a desechar. La diferencia en el sistema de ecuaciones para cuando no se valoran los desechos se encuentra en la matriz A .

En la tabla 37 se tiene la valoración exergética de los 27 flujos, los costos exergéticos y los costos exergéticos unitarios tanto valorando los desechos como no haciéndolo. El valor exergético de la pieza producida se cuantificó en 51kJ, valor exergético propio del flujo 27. Para el caso donde se valoren los desechos, k^* indica que se necesita 28,5J para tener un valor agregado exergético de 1J en la pieza.

Tabla 37. Costos exergéticos y costos exergéticos unitarios de los flujos del repuesto Soporte Motor Bisón.

Flujo	Valorando los desechos				No valorando los desechos	
	B(J)	k (tpu)	B (J)	k (tpu)	B (J)	
1	111 267,1	1,0000	111 267,1	1,0000	111 267,1	
2	73 462,2	1,0000	73 463,0	1,0000	73 463,0	
3	37 802,9	1,0000	37 804,1	1,0000	37 804,1	
4	60 240,6	1,2195	73 463,0	1,2195	73 463,0	
5	25 760,6	2,8518	73 463,0	2,8518	73 463,0	
6	37 763,6	1,0011	37 804,1	1,0011	37 804,1	
7	26 434,5	1,4301	37 804,1	1,4301	37 804,1	
8	28,9	1 308,1003	37 804,1	1 308,1003	37 804,1	
9	0,0	-	0,0	-	0,0	
10	18 160,5	4,3193	78 440,0	0,0000	0,0	
11	7 600,1	4,3193	32 827,1	14,6402	111 267,1	
12	274 991,1	1,0000	274 991,1	1,0000	274 991,1	
13	4 281,7	64,2247	274 991,1	64,2247	274 991,1	
14	4 280,1	64,1338	274 499,1	64,1338	274 499,1	
15	11 880,2	25,9102	307 818,2	32,5128	386 258,2	
16	504 150,4	1,0000	504 150,4	1,0000	504 150,4	
17	14 516,5	34,7295	504 150,4	34,7295	504 150,4	
18	14 506,1	34,7544	504 150,4	34,7544	504 150,4	
19	26 386,3	30,7724	811 968,6	33,7451	890 408,6	
20	400 403,3	1,0000	400 403,3	1,0000	400 403,3	
21	33 694,5	11,8833	400 403,3	11,8833	400 403,3	
22	369 232,5	1,0000	369 232,5	1,0000	369 232,5	
23	4 787,0	77,1323	369 232,5	77,1323	369 232,5	
24	22 815,8	1,0000	22 815,8	1,0000	22 815,8	
25	0,0	-	0,0	-	0,0	
26	4 850,5	31,1124	150 910,5	0,0000	0,0	
27	50 998,1	28,5013	1 453 509,7	32,9985	1 682 860,2	

Cuando no se valoran los desechos se necesitan 33,0J por cada 1J de valor agregado al repuesto y un aumento en el costo exergético de 229,4kJ, que es cuantificación de las pérdidas ocasionadas -irreversibilidad- con respecto a la materia prima desechada, acero desprendido y caucho sobrante. En la tabla 38 se desglosa la participación del aumento del costo exergético por equipo.

Tabla 38. Aumento de los costos exergéticos por equipo.

EQUIPO	AUMENTO DE B [*] (J)	PORCENTAJE (%)
Torno	78 440	34,31
TTQ1	0	0
TTQ2	0	0
Planchas	150 190,5	65,69
TOTAL	228 630,5	100,00

Según los datos de la anterior tabla se tiene que en el torno se ocasiona el 34,31% de la pérdida por desperdicio de acero y en las planchas el 65,69% por desperdicio de caucho. A medida que avanza la pieza en el proceso de producción, adquiriendo un mayor costo exergético, se hacen más costosas las irreversibilidades por desperdicios de material en las etapas finales.

En otras palabras, el costo exergético de los desperdicios materiales ocasionados en equipos del proceso posteriores es mayor que en los iniciales, y por tanto se aumenta el costo de pérdida. No es lo mismo desechar 1g de la pieza producto de la operación 1 en el equipo M, que 1g en la operación 4 en el equipo N, pues el costo de este último 1g ha requerido un gasto de recursos acumulado por los equipos precedentes para transformarse (ver figura 33).

Para los demás flujos se tienen las siguientes precisiones:

- Los flujos 1, 12, 16, 20, 22 y 24 tiene un costo exergético unitario, k^* , de 1,0 porque son los flujos entrantes al sistema, las entradas de exergía.
- Los flujos 2 y 3 presentan un valor de k^* igual a 1,0 debido a que las pérdidas producidas asociados a los flujos son muy bajas.
- El flujo 8 presenta un costo exergético unitario en extremo alto ($k^* = 1\ 308$) que se debe a las pérdida de casi toda la exergía entrante a la bomba de refrigeración.
- El flujo 9 representa la materia prima entrante, acero, y con base en las consideraciones ya expuestas en se tiene que su valor exergético es cero.
- El flujo 25 es cero porque el repuesto se conforma por una sola fracción de acero.

Cálculo del costo exergético por equipos. Al trabajarse el sistema de producción por equipos se dejan de analizar los flujos internos de cada equipo, ya que solo se tienen en cuenta los flujos entrantes y salientes. Por tanto, el número total de flujos se reduce, tal como se aprecia en el diagrama del sistema en la figura 34, donde se identifican 14 flujos (13 flujos menos).

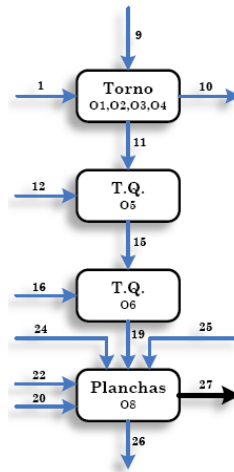


Figura 34. Diagrama por equipos del sistema del proceso de producción del repuesto Soporte Motor Bisón.

Para efectos de asociar con facilidad los diagramas del sistema expuestos y los flujos establecidos, en este segundo cálculo se han dejado rotulados los flujos como se encontraban inicialmente.

Al reducirse el número de flujos se reduce la matriz A de 27×27 a 14×14 . El sistema de ecuaciones se tiene de la siguiente forma:

$$A * B^* = Y_e$$

$$\begin{bmatrix}
 1 & 1 & -1 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & -1 & -1 \\
 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\
 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\
 0 & 0 & -0,42 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -9,63 & 1 & 0
 \end{bmatrix}
 *
 \begin{bmatrix}
 B^*_1 \\
 B^*_9 \\
 B^*_{10} \\
 B^*_{11} \\
 B^*_{12} \\
 B^*_{15} \\
 B^*_{16} \\
 B^*_{19} \\
 B^*_{20} \\
 B^*_{22} \\
 B^*_{24} \\
 B^*_{25} \\
 B^*_{26} \\
 B^*_{27}
 \end{bmatrix}
 =
 \begin{bmatrix}
 0 \\
 0 \\
 0 \\
 0 \\
 111\ 267,1 \\
 0 \\
 274\ 991,1 \\
 504\ 150,4 \\
 400\ 403,3 \\
 369\ 232,5 \\
 22\ 815,8 \\
 0 \\
 0 \\
 0
 \end{bmatrix}$$

Cálculo del costo exergoeconómico. Se realiza de manera similar al cálculo del costo exergético y solo es necesario transformar el vector de coeficientes exergéticos por los económicos.

Se toman como base las consideraciones del cálculo del costo exergético por equipos para plantear el sistema de ecuaciones aquí correspondiente. Se precisa, entonces, para el cálculo de los costos exergoeconómicos el siguiente sistema de ecuaciones:

$$A * \Pi^* = Z_e$$

**METODOLOGÍA PARA EL USO RACIONAL Y EFICIENTE DE LA ENERGÍA DESDE EL ENFOQUE EXERGÉTICO
EN INDUSTRIA CAUCHOS RECORD LTDA**

CAPITULO 6. Análisis Termoeconómico

La participación de la materia prima alcanza el 90% del costo; mientras que la energía eléctrica representa 2,25% del costo del Soporte Motor Bisón y el gas natural un 8,28%.

Tabla 40. Flujos entrantes del repuesto Soporte Motor Bisón.

	Flujo	Exergía (J)	Porcentaje (%)
Energía eléctrica	1	111 267,1	6,61
	22	369 232,5	21,94
	Subtotal	480 499,6	28,55
Gas Natural	12	274 991,1	16,34
	16	504 150,4	29,96
	20	400 403,3	23,79
Subtotal	1 179 544,8	70,09	
MP – Caucho	24	22 815,8	1,36
MP – Acero	9	-	-
PIEZA PRODUCIDA	27	1 682 860,2	100,00

	Flujo	Costo (\$)	Porcentaje (%)
Energía eléctrica	1	8,42	1,30
	22	6,15	0,95
	Subtotal	14,57	2,25
Gas Natural	12	4,02	0,62
	16	7,37	1,14
	20	42,15	6,52
Subtotal	53,54	8,28	
MP – Caucho	24	92,08	14,24
MP – Acero	9	486,67	75,24
PIEZA PRODUCIDA	27	646,86	100,00

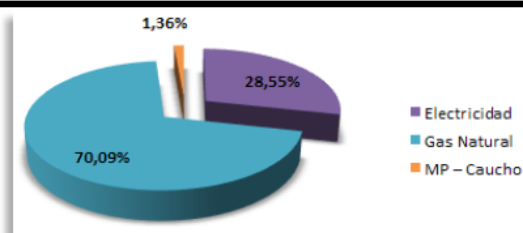


Figura 35. Participación exergética en el proceso de producción del repuesto Soporte Motor Bisón.

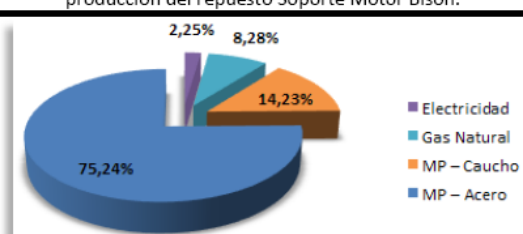


Figura 36. Participación económica en el proceso de producción del repuesto Soporte Motor Bisón.

Como el valor por unidad de masa aumenta conforme avanza el proceso, no se debe desligar el costo de pérdida por materia prima desechada y costo de irreversibilidades en el equipo, y para determinarlos de manera adecuada se debe avanzar equipo por equipo y realizar el análisis.

El análisis termoeconómico permite estudiar las irreversibilidades presentes, sus fuentes de origen, cuantificándoles exergética y económicamente. En la tabla 41 se muestra por equipos la eficiencia, las irreversibilidades y su costo económico, es así como se invierten 1,66MJ de exergía, a un costo de \$68,11, y como el 96,02% de esta exergía se traduce en irreversibilidades presentadas en los equipos del proceso de producción.

Tabla 41. Fuels, productos e irreversibilidades por equipo del repuesto Soporte Motor Bisón.

Elemento	Exergía (J)			η_B	K_B	Costo (\$)			I (%) Parcial	I (%) Global	I \$/kJ
	F	P	I			F	P	I			
Torno	111 267,1	25 760,5	85 506,6	0,2315	4,3193	8,42	1,95	6,47	76,85	9,88	0,0757
Tanque T.Q. 1	274 991,1	4 280,2	270 710,9	0,0156	64,2473	4,02	0,06	3,96	98,44	6,05	0,0146
Tanque T.Q. 2	504 150,4	14 506,1	489 644,3	0,0288	34,7544	7,37	0,21	7,16	97,12	10,94	0,0146
Planchas	769 635,8	6 646,5	762 989,3	0,0086	116,2791	48,30	0,42	47,88	99,14	73,13	0,0628
TOTAL	1 660 044,4	51 193,3	1 608 851,1	0,0313	31,9772	68,11	2,13	65,98	96,92	100,00	0,0396

**METODOLOGÍA PARA EL USO RACIONAL Y EFICIENTE DE LA ENERGÍA DESDE EL ENFOQUE EXERGÉTICO
EN INDUSTRIA CAUCHOS RECORD LTDA**

CAPITULO 6. Análisis Termoeconómico

Casi la totalidad de las pérdidas por desperdicio de materia prima se debe a las operaciones realizadas en el torno (ver tabla 42 y figura 37). Aquí se aprecia el porcentaje de la exergía perdida por el equipo en su funcionamiento, la exergía perdida por el desperdicio de material y la exergía entregada a la pieza como valor agregado de la transformación física.

Tabla 42. Irreversibilidades y valor agregado ganado por equipo en la producción del repuesto Soporte Motor Bisón.

	Torno		TTQ1		TTQ2		Planchas	
Irreversibilidades _ equipo	85 506,6	76,85%	270 710,9	98,44%	489 644,3	97,12%	762 989,3	99,14
Irreversibilidades _ masa	18 160,4	16,32%	-	-	-	-	577,3	0,08
VA ganado	7 600,1	6,83%	4 280,2	1,56%	14 506,1	2,88%	6 069,2	0,78
TOTAL	111 267,1	100,00%	274 991,1	100,00%	504 150,4	100,00%	769 635,8	100,00

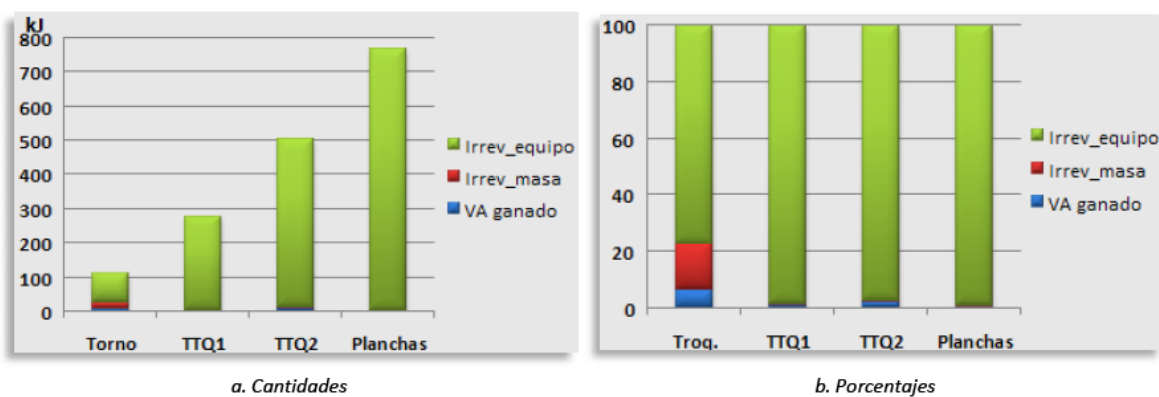


Figura 37. Exergía consumida por equipo en la producción del repuesto Soporte Motor Bisón.

Los tres equipos térmicos presentan las mayores irreversibilidades en operación, el costo de las irreversibilidades ocurridas en las planchas asciende a 73,13% (ver figura 38). Los datos de las planchas representan de forma conjunta el consumo térmico y eléctrico, mostrando las incidencias de las irreversibilidades de manera aproximada.

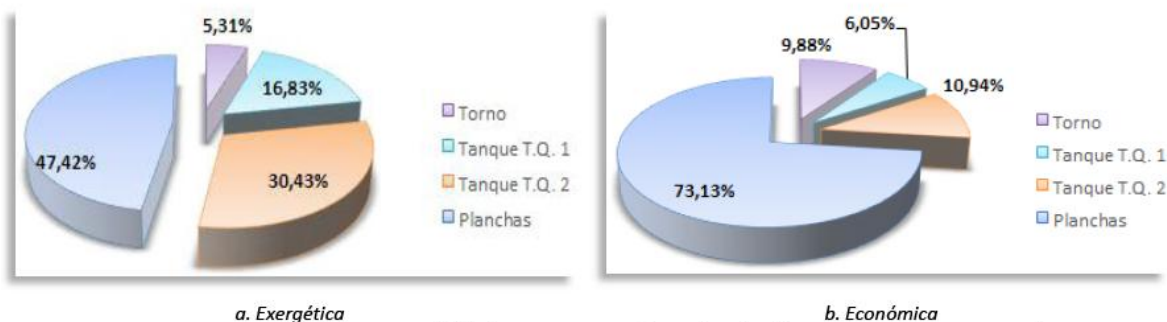


Figura 38. Participación de las irreversibilidades por equipo en la producción del repuesto Soporte Motor Bisón.

La valoración exergética, según lo visto en la figura 38, no debe emplearse como único criterio para emprender una iniciativa de uso racional y eficiente de la energía, puesto que dicha iniciativa implica unos costos, que por lógica deben cobijarse por el posible ahorro a obtener.

Las irreversibilidades presentes en la operación de vulcanizado, son casi la mitad de todo el sistema de producción, por lo que de forma inicial a de ser el primer equipo a tratarse, seguidamente los tanques de tratamientos químicos.

En la figura 39 se presenta la contribución de cada equipo al valor agregado ganado en el proceso. Estos datos muestran como a pesar de que el consumo exergético del torno es comparativamente menor al de los demás equipos, el valor agregado que entrega al repuesto es el mayor, lo cual indica la mayor eficiencia exergética de los equipos que se alimentan con energía eléctrica en contraste con los térmicos.

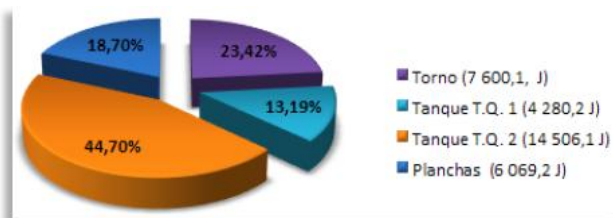


Figura 39. Valor agregado entregado por equipo en la producción del repuesto Soporte Motor Bisón.

6.3. ANÁLISIS TERMoeCONÓMICO DE LOS EQUIPOS

El análisis termoeconómico por repuesto permitió conocer el comportamiento del sistema de producción de los repuestos seleccionados y de sus equipos, determinándose la siguiente información valiosa:

- El costo exergético y económico de la pieza fabricada.
- La participación exergética y económica de cada recurso en el proceso de fabricación.
- La eficiencia exergética general del proceso de producción.
- Las repercusiones exergéticas y económicas del desperdicio de material durante el proceso y de las irreversibilidades propias del funcionamiento de cada equipo.
- La contribución de cada equipo del sistema a la generación de valor en la pieza terminada.

Con esta información, aunque valiosa, no conviene valorar la planta de producción de la empresa (de manera más exacta los equipos), pues se advierte un serio problema al pretender encasillar la eficiencia exergética de un equipo con una o dos operaciones realizadas en la fabricación de un sólo repuesto cuando se producen cientos de éstos.

**METODOLOGÍA PARA EL USO RACIONAL Y EFICIENTE DE LA ENERGÍA DESDE EL ENFOQUE EXERGÉTICO
EN INDUSTRIA CAUCHOS RECORD LTDA**

CAPITULO 6. Análisis Termoeconómico

Se tiene como el fin último de la metodología el proporcionar un programa URE. Dentro de las iniciativas que de éste se desplieguen, se entienden como mejoras adecuadas, las que permitan una mayor rentabilidad a la empresa, y que se relacionan con una reducción en el consumo, mediante un uso eficiente de los energéticos, en otras palabras, elevar la eficiencia exergética y económica. Dichas mejoras se deben realizar en los puntos críticos que se identifiquen, los equipos de producción.

Por tanto, los efectos de las mejoras en los puntos críticos identificados se darán en cada uno de sistema de producción de los repuestos que los involucren. Dado que cada repuesto requiere diferentes operaciones con una intensidad específica en cada equipo, los efectos de las mejoras se reflejarán en los indicadores y costos de un sistema de producción de un repuesto a otro de manera única.

Esto quiere decir que elevar al máximo posible físicamente la eficiencia exergética de un equipo según los indicadores de un sistema de producción de un repuesto, en particular, no significa de forma directa la mayor eficiencia posible del equipo en su funcionamiento global.

La eficiencia exergética del equipo se debe buscar en función del comportamiento del equipo en general, y no de su funcionamiento específico en la fabricación de un repuesto en particular.

Así, se tiene que, el enfoque del presente trabajo planteado en un principio, tomando como base un número determinado de repuestos, no suministra los criterios adecuados para la realización de un análisis termoeconómico correcto de los equipos de producción.

Pero dado que la mayoría de los equipos son comunes en los procesos de fabricación de los repuestos seleccionados (ver tabla 43), se propone describir el comportamiento de cada equipo en función de las operaciones realizadas en ellos, indistintamente del repuesto al que pertenezcan. Más aún, al haberse determinado por bloques los modelos exergéticos, cabe la posibilidad de un análisis a éstos.

En la tabla 43 los números en las casillas indican la cantidad de operaciones realizadas de un repuesto en un equipo en particular. Por ejemplo, para el repuesto Soporte Trasero Motor se

**METODOLOGÍA PARA EL USO RACIONAL Y EFICIENTE DE LA ENERGÍA DESDE EL ENFOQUE EXERGÉTICO
EN INDUSTRIA CAUCHOS RECORD LTDA**

CAPITULO 6. Análisis Termoeconómico

indica que cuatro (4) de las operaciones necesarias para su fabricación se realiza en la troqueladora.

Tabla 43. Participación de los equipos en la producción de los repuestos seleccionados.

	Torno Jumbo	Torno Paralelo	Torno Revólver	Troqueladora	Cortadora	Zincadora	TTQ1	TTQ2	Planchas
Soporte Mediano Tandem									✓ (1)
Complemento Soporte Delantero				✓ (4)			✓ (2)	✓ (2)	✓ (1)
Soporte Motor Bisón			✓ (4)				✓ (1)	✓ (1)	✓ (1)
Caucho Eje Cardán									✓ (1)
Soporte Trailer Dite									✓ (1)
Buje Muelle Delantero NPR		✓ (4)		✓ (5)			✓ (2)	✓ (2)	✓ (1)
Soporte Trasero Motor	✓ (9)			✓ (4)			✓ (2)	✓ (2)	✓ (1)
Soporte Izquierdo Motor				✓ (6)		✓ (2)	✓ (2)		✓ (1)
Kodiak	✓ (4)			✓ (2)	✓ (2)		✓ (2)	✓ (2)	✓ (1)
Buje Muelle Dodge	✓ (3)	✓ (4)		✓ (2)			✓ (2)	✓ (2)	✓ (1)
TOTAL	(16)	(8)	(4)	(23)	(2)	(2)	(13)	(11)	(10)

Para los equipos que presenten una baja frecuencia de uso dentro de los repuestos seleccionados, como la cortadora y la cincadora, se debe tener presente que este grupo de repuestos seleccionados representa una muestra, que busca describir, de la manera más fiel posible, la totalidad de los repuestos fabricados en la empresa. Debido a esto, se acoge el comportamiento de éstos dos equipos aquí presentado como una aproximación, de por sí única, de su real comportamiento.

Para llevar a cabo un análisis termoeconómico con este enfoque se debe determinar en forma exergética y económica el comportamiento general de cada equipo. En el Anexo P se presenta para cada equipo la cuantificación exergética por flujo promedio y el planteamiento matricial del sistema de ecuaciones para el cálculo de los costos exergéticos.

La tabla 44 describe la situación exergética de cada equipo por operación, mientras en la tabla 45 se indica por el comportamiento diario. Donde TSD indica el tiempo de servicio diario, FU, factor de servicio, TPO, tiempo promedio de operación, y NOD, número de operaciones diarias.

**METODOLOGÍA PARA EL USO RACIONAL Y EFICIENTE DE LA ENERGÍA DESDE EL ENFOQUE EXERGÉTICO
EN INDUSTRIA CAUCHOS RECORD LTDA**

CAPITULO 6. Análisis Termoeconómico

Tabla 44. Fuels, productos e irreversibilidades por operación por equipo.

EQUIPO	Exergía (J)			η_b	K_b	Costo (\$)			I (%) Parcial	I \$/kJ
	F	P	I			F	P	I		
Torno Jumbo	152 106,5	27 099,3	125 097,2	0,1782	5,6129	11,51	2,05	9,46	82,18	0,0756
Torno Paralelo	144 323,5	25 450,6	118 872,9	0,1763	5,6707	10,92	1,93	9,99	83,37	0,0840
Torno Revólver	27 816,8	6 440,2	21 376,6	0,2315	4,3192	2,11	0,49	1,62	76,85	0,0758
Troqueladora	17 274,5	601,4	16 673,1	0,0348	28,7238	1,29	0,05	1,24	96,52	0,0744
Cortadora	4 305,3	913,8	3 391,5	0,2123	4,7114	0,35	0,07	0,28	78,77	0,0825
Cincadora	224 791,2	145 142,9	79 648,3	0,6457	1,5488	17,02	10,99	6,03	35,43	0,0757
TTQ1	337 418,1	5 251,1	332 167,0	0,0156	64,26	4,87	0,08	4,79	98,44	0,0144
TTQ2	645 076,8	18 559,1	643 217,7	0,0288	34,7580	9,31	0,27	9,04	97,12	0,0141
Planchas										
Molino	16 612 787,7	10 711 857,1	5 900 930,6	0,6448	1,5509	1 256,53	810,21	446,32	35,52	0,0756
G. Aceite Caliente	1 828 058 455,0	224 794 544,0	1 603 263 911	0,1230	8,1321	35 570,90	4 375,22	31 195,68	87,70	0,0195
Sistema hidráulico	79 052 947,0	3 421 265,0	75 631 682	0,0433	23,1064	5 968,50	258,44	5 710,06	95,67	0,0755

En particular, se observa como la cincadora y el molino se presentan como los equipos de mayor eficiencia, 64,57% y 64,48% respectivamente. Se tiene un consumo energético diario, debido al empleo de los equipos aquí citados, de 4 128MJ, con un costo \$107 488,78, cuando el consumo exergético calculado es de 2 872MJ, lo que significa que la energía consumida en la planta tiene 69,6% de índice de calidad, pudiéndose transformar y producir trabajo útil, mientras el 30,4% se desecha, sin ser aprovechada.

Tabla 45. Fuels, productos e irreversibilidades por equipo en un día.

EQUIPO	TSD (h)	FU	TPO	NOD	Exergía (MJ)			η_b	Costo (\$)			I (%) Parcial	I \$/MJ
					F	P	I		F	P	I		
Torno Jumbo	16	0,85	1,655 m	493	74,99	13,36	61,67	0,1782	5 674,4	1 010,1	4 663,5	82,18	75,62
Torno Paralelo	16	0,85	1,525 m	535	77,21	13,62	63,60	0,1763	5 842,2	1 030,2	4 812,0	83,37	75,66
Torno Revólver	8	0,85	24,6 s	995	27,68	6,41	21,27	0,2315	2 099,45	486,1	1 613,4	76,85	75,85
Troqueladora	8	0,35	3,71 s	2 717	46,94	1,63	45,30	0,0348	3 504,93	122,0	3 382,9	96,52	74,68
Cortadora	10	0,15	1,827 m	49	1,27	0,18	1,09	0,1414	95,6	13,5	82,1	78,77	75,50
Cincadora	10	0,10	15,010m	4	26,97	17,43	9,54	0,6463	2 041,6	1 319,5	722,2	35,43	75,70
TTQ1	10	1,00	14,867 m	40	269,94	4,20	265,74	0,0156	3 895,2	60,6	3 834,6	98,44	14,43
TTQ2	10	1,00	25,550 m	23	267,07	7,69	259,38	0,0288	3 853,8	110,9	3 742,9	97,12	14,43
Planchas	10	1,00	25,483 m	259	228,22	20,74	207,48	0,0909	4632,41	420,91	4211,51	91,78	20,30
Molino	9	0,62	27,833 m	12	199,35	128,54	70,81	0,6448	1 256,5	810,2	446,3	35,52	6,30
G. Aceite Caliente	12	1,00	12,0 h	1	1 828,06	224,80	1 603,26	0,1230	35 570,9	4 374,1	31 196,8	87,70	19,46
Sistema hidráulico	10	1,00	10,0 h	1	79,05	3,42	75,63	0,0433	5 968,5	258,3	5 710,2	95,67	75,50
TOTAL	-	-	-	-	2 898,53	421,27	2 477,30	0,1453	69 803,2	9 596,4	60 206,8	85,85	24,30

Se debe aclarar que toda esa energía no aprovechada corresponde a energía térmica pérdida en la combustión del gas natural para transmitirse como calor al sistema. Lo que indica que ese 30,4% no aprovechado representa ese 34,4%, conforme a la limitante expuesta por Sadi Carnot, en cuanto a que la temperatura a la cual ocurra la combustión en relación a la temperatura ambiente tiene como consecuencia una pérdida de energía irre recuperable.

La gran influencia del gas natural se debe a que representa el 83,43% (3 444MJ) de la energía total y el 76,18% de la exergía total consumida (ver figura 40).

**METODOLOGÍA PARA EL USO RACIONAL Y EFICIENTE DE LA ENERGÍA DESDE EL ENFOQUE EXERGÉTICO
EN INDUSTRIA CAUCHOS RECORD LTDA**

CAPITULO 6. Análisis Termoeconómico

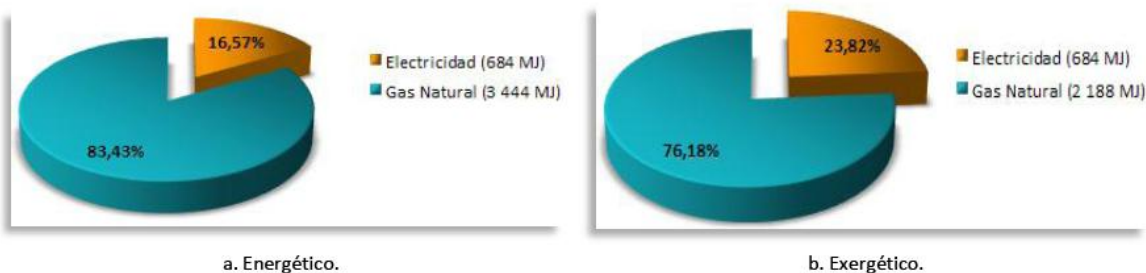


Figura 40. Consumo diario de los equipos de planta analizados.

En la tabla 46 y la figura 41 se indican porcentualmente las irreversibilidades debidas a funcionamiento del equipo y al desperdicio de masa y el valor agregado entregado por equipo.

Se tiene entonces que estos equipos de planta, en conjunto, que representan casi el 90% de la maquinaria habitual, tienen un rendimiento exergético del 14,15%, aprovechando 442MJ de 2 872MJ, y un rendimiento energético del 29,08%, aprovechando 1 200MJ de 4 128MJ.

Tabla 46. Irreversibilidades y valor agregado ganado por equipo.

EQUIPO	Irreversibilidades Equipo	Irreversibilidades Masa	VA Agregado
A. Torno Jumbo	82,18%	6,33%	11,49%
B. Torno Paralelo	83,37%	4,02%	12,61%
C. Torno Revólver	76,85%	16,32%	6,83%
D. Troqueladora	96,52%	0,62%	2,86%
E. Cortadora	78,78%	1,06%	20,16%
F. Zincadora	35,47%	-	64,53%
G. TTQ1	98,44%	-	1,35%
H. TTQ2	97,12%	-	3,04%
I. Planchas	91,78%	1,47%	7,75%
J. Molino	35,52%	-	64,48%
K. Generador	87,70%	-	12,30%
L. Sistema hidráulico	95,67%	-	4,33%

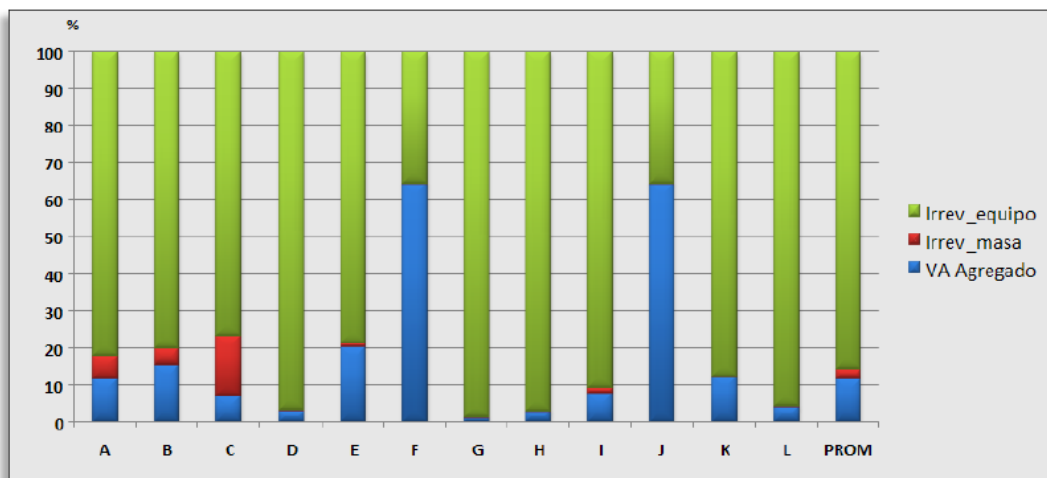


Figura 41. Distribución de la exergía consumida por equipo.

A continuación se presenta el análisis termoeconómico de los siguientes equipos: tornos, tanques de tratamientos químicos, generador de aceite caliente, sistema hidráulico y prensas de vulcanizado; los análisis termoeconómicos de los demás equipos se presentan en el Anexo V.

6.3.1. Tornos

Dentro de la maquinaria existen cuatro tipos de tornos, tres de los cuales, el Torno Revólver, el Torno Jumbo y el Torno Paralelo, participan en la producción de los repuestos seleccionados. Cada uno de éstos, debido a sus características de funcionamiento, se analiza por separado.

Torno Revólver. Este torno realiza de forma continua las operaciones a la pieza en proceso, por lo que se consideran todas las operaciones realizadas.

El torno revólver presenta una eficiencia exergética del 6,8% (no considerando el desprendimiento de material se alcanza un 23,2%). Los conductores tienen un eficiencia del 99,97%, para el motor principal y 99,998% para el motor de refrigeración.

La caja Norton solo alcanza el 42,8%, lo cual se debe al rozamiento interno de las poleas y los engranajes en el cambio de velocidad para la transmisión mecánica (ver tabla 47 y figura 42).

Tabla 47. Fuels, productos e irreversibilidades de los componentes del modelo exergético del Torno Revólver.

Elemento	Exergía		I	η_B	K_B	
	F	P				
Conductores	111 267,0	111 228,9	38,1	0,0342%	1,000	1,0003
Motor 1	73 464,2	60 240,6	13 223,6	18,0%	0,820	1,2195
Caja NORTON	60 240,6	25 760,6	34 480,0	57,2%	0,428	2,3385
Conductores	37 764,7	37 763,6	1,1	0,0029%	1,000	1,0000
Motor 2	37 763,6	26 434,5	11 329,1	30,0%	0,700	1,4286
Bomba	26 434,5	28,9	26 405,6	99,9%	0,001	914,6886
Operación	25 789,5	7 600,1	18 189,4	70,5%	0,295	3,3933
TOTAL	111 267,0	7 600,1	103 666,9	93,2%	0,068	14,6402

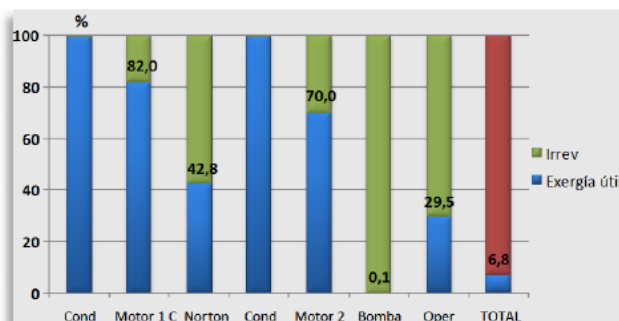


Figura 42. Distribución de la exergía consumida por los componentes del modelo exergético del Torno Revólver.

**METODOLOGÍA PARA EL USO RACIONAL Y EFICIENTE DE LA ENERGÍA DESDE EL ENFOQUE EXERGÉTICO
EN INDUSTRIA CAUCHOS RECORD LTDA**

CAPITULO 6. Análisis Termoeconómico

La baja eficiencia exergética de la operación se debe al desprendimiento de material, que alcanza el 70,5%. Dado este alto índice se debe revisar en la programación de operación y requerimiento de material la posibilidad de redefinir las dimensiones de los insumos utilizados.

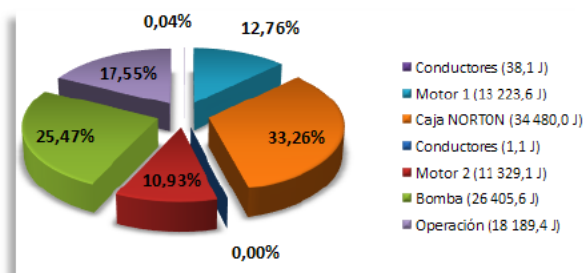


Figura 43. Irreversibilidades por componente del modelo exergético del Torno Revólver.

A pesar de que el motor 2 es relativamente pequeño en comparación con el motor principal presenta irreversibilidades considerables (ver figura 43). La caja Norton ocasiona el 33,26% de las irreversibilidades del Torno Revólver, la bomba de refrigeración le sigue con un 25,47%. En el caso de la bomba se presenta la más baja eficiencia del equipo (0,1%); este rendimiento se encuentra en función del cálculo de la exergía que ésta suministra.

Torno Jumbo. Presenta un rendimiento exergético del 11,49% (no considerado el desperdicio de material se tiene un rendimiento del 18,35%). Los conductores alcanzan una eficiencia de 99,93%, para el motor principal y 99,99% para el motor de refrigeración. La caja Norton y la bomba se presentan como los componentes con menor eficiencia, 29,21% y 0,1% respectivamente (ver tabla 48 y figura 44).

Tabla 48. Fuels, productos e irreversibilidades de los componentes del modelo exergético del Torno Jumbo.

Elemento	Exergía		I	η_b	K_b	
	F	P				
Conductores	152 106,5	152 004,6	101,9	0,0670%	0,9993	1,0007
Motor 1	112 293,7	95 449,5	16 844,2	15,0%	0,8500	1,1765
Caja NORTON	95 449,5	27 879,1	67 570,4	70,8%	0,2921	3,4237
Conductores	39 710,9	39 708,8	2,1	0,0053%	0,9999	1,0001
Motor 2	39 708,8	32 561,2	7 147,6	18,0%	0,8200	1,2195
Bomba	32 561,2	32,7	32 528,5	99,9%	0,0010	995,7554
Operación	27 911,8	17 472,5	10 439,3	37,4%	0,6260	1,5975
TOTAL	152 106,5	17 472,5	134 634,0	88,5%	0,1149	8,7055

El desprendimiento de material en el Torno Jumbo (37,4%) es menor en comparación al Torno Revólver (70,5%), que se tiene en la misma proporción de las irreversibilidades presentadas.

En la figura 45 se ilustra como el 49,44% de la exergía no aprovechada en el proceso se debe a la transmisión mecánica de la caja Norton.

Las irreversibilidades presentan una tendencia de participación por componente similar al caso del Torno Revólver.

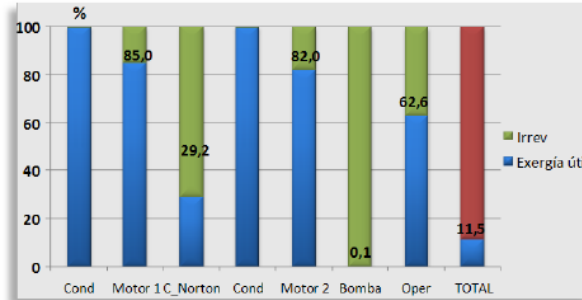


Figura 44. Distribución de la exergía consumida por los componentes del modelo exergético del Torno Jumbo.

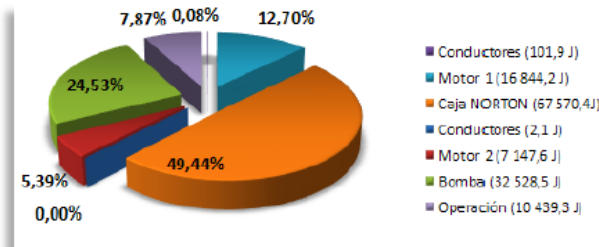


Figura 45. Irreversibilidades por componente del modelo exergético del Torno Jumbo.

Torno Paralelo. Este torno alcanza una eficiencia exergética del 14,02%, no considerando el desperdicio de material alcanza un 17,64% (ver tabla 49 y figura 46).

Tabla 49. Fuels, productos e irreversibilidades de los componentes del modelo exergético del Torno Paralelo.

Elemento	Exergía		I	η_b	K_b	
	F	P				
Conductores	144 323,5	144 254,1	69,4	0,05%	0,9995	1,0005
Motor 1	102 772,7	82 218,2	20 554,5	20,0%	0,8000	1,2500
Caja NORTON	82 218,2	25 428,8	56 789,4	69,1%	0,3093	3,2333
Conductores	41 481,4	41 480,1	1,3	0,0031%	1,0000	1,0000
Motor 2	41 480,1	31 110,1	10 370,0	25,0%	0,7500	1,3333
Bomba	31 110,1	30,7	31 079,4	99,9%	0,0010	1 013,028
Operación	25 459,5	20 238,7	5 220,8	79,5%	0,7949	1,2580
TOTAL	144 323,5	20 238,7	124 084,8	86,0%	0,1402	7,1311

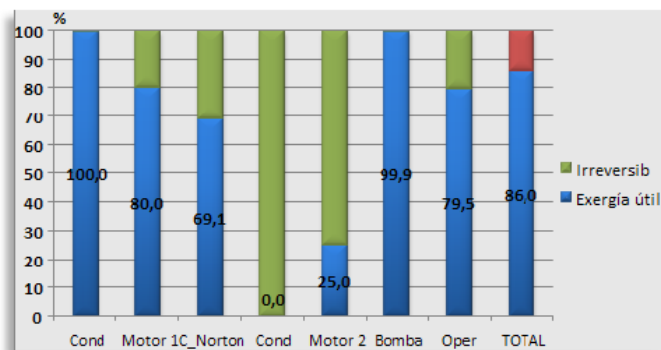


Figura 46. Distribución de la exergía consumida por los componentes del modelo exergético del Torno Paralelo.

Los conductores del motor principal presentan una eficiencia del 99,95% y los conductores del sistema de refrigeración del 99,997%. La caja Norton y la bomba presentan eficiencias del 30,93% y el 0,1% respectivamente, siendo los componentes con las eficiencias más bajas.

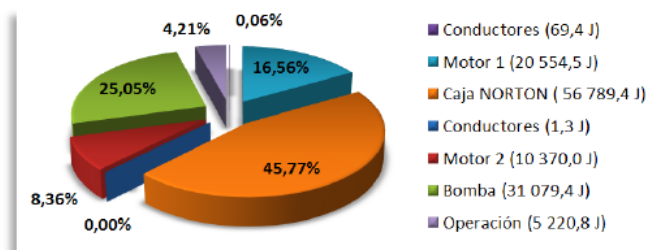


Figura 47. Irreversibilidades por componente del modelo exergético del Torno Paralelo.

El 20,5% de las irreversibilidades se deben al desprendimiento de material, que equivale al 4,21% de las irreversibilidades totales, y la caja Norton ocasiona el 45,77% de éstas (ver figura 47).

6.3.2. Tanques de tratamientos químicos

Dadas las similitudes entre tanques de tratamientos químicos se definió un único modelo exergético; en este trabajo se consideraron dos tanques: el de desengrase y el de fosforado.

Tanque de desengrase. Se registró una eficiencia energética del 5,1%, mientras su eficiencia exergética solo alcanza el 1,6%. En los componentes tanque y operación básicamente no se presentan pérdidas de energía y exergía, se estimaron eficiencias casi del 100%.

Tabla 50. Fuels, productos e irreversibilidades de los componentes del modelo exergético del TTQ1.

Elemento	Energía		Exergía		ΔE	I	η_E	η_B	k_E	k_B		
	E_{in}	E_{out}	F	P								
Combustión	514 076,8	26 007,0	337 418,1	5 253,0	488 069,8	94,94%	332 165,1	98,44%	0,051	0,016	19,7669	64,2334
Tanque	26 007,0	25 986,7	5 253,0	5 251,1	20,3	0,08%	1,9	0,04%	0,999	1,000	1,0008	1,0004
Operación	25 986,7	25 986,7	5 251,1	5 251,1	0,0	-	0,0	-	1,000	1,000	1,0000	1,0000
TOTAL	514 076,8	25 986,7	337 418,1	5 251,1	488 090,1	94,95%	332 167,0	98,44%	0,051	0,016	19,7823	64,2567

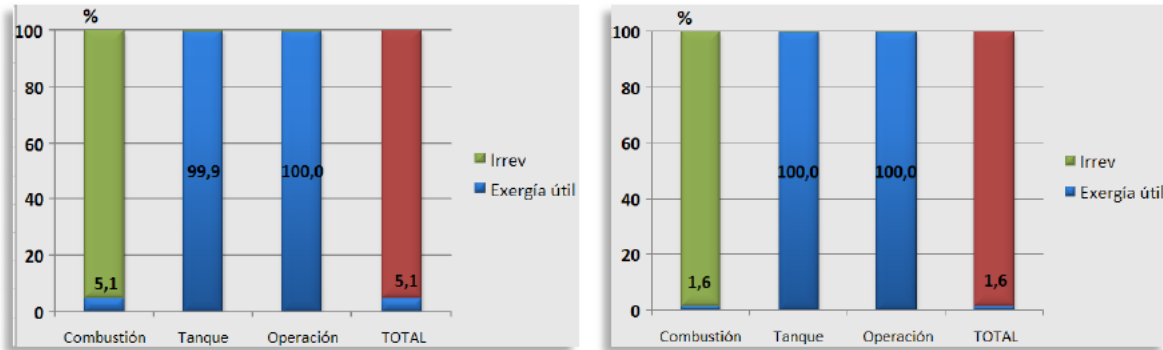
En el componente de combustión se encuentra una diferencia entre la cantidad de energía y exergía entrante al sistema, esto se debe a la limitante de Carnot:

$$1 - T_o/T_M \quad (41)$$

que indica la cantidad posible de exergía aprovechable de una fuente térmica. En el caso de este componente se tiene una temperatura del mechero (T_M) de 600°C (873K) y se toma una

**METODOLOGÍA PARA EL USO RACIONAL Y EFICIENTE DE LA ENERGÍA DESDE EL ENFOQUE EXERGÉTICO
EN INDUSTRIA CAUCHOS RECORD LTDA**

temperatura ambiente (T_0) de 27°C (300K), lo cual produce un coeficiente de 0,6564, que indica que solo el 65,64% de la energía se convierte en exergía útil.

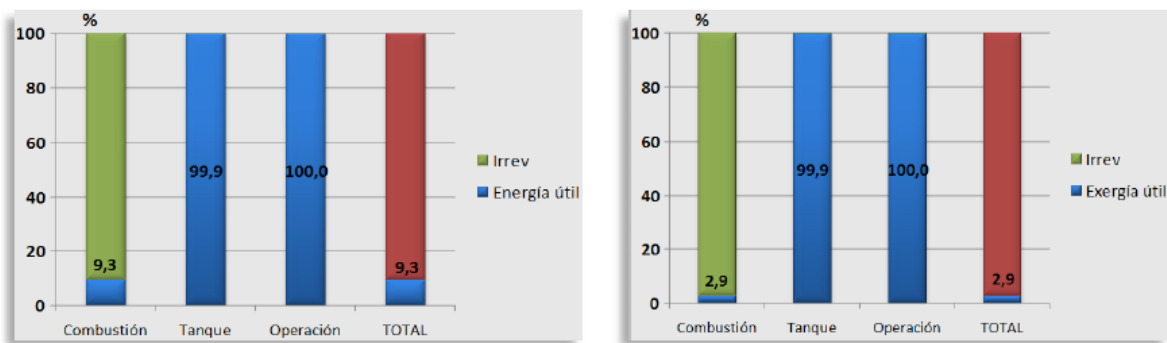


a. Energético. cambiarla
b. Exergético
Figura 48. Distribución del consumo por los componentes del modelo exergético del TTQ1.

Tanque de fosforado. Registra una eficiencia energética del 9,3%, y exergética de 2,9%. El comportamiento de los componentes es similar al caso del tanque de desengrase.

Tabla 51. Fuels, productos e irreversibilidades de los componentes del modelo exergético del TTQ2.

Elemento	Energía		Exergía		ΔE	I	η_E	η_B	k_E	K_B		
	E_{in}	E_{out}	P	F								
Combustión	982 813,3	91 671,0	645 076,8	18 571,8	891 142,3	90,67%	626 505,0	97,12%	0,093	0,029	10,7211	34,7342
Tanque	91 671,0	91 622,9	18 571,8	18 559,1	48,1	0,05%	12,7	0,07%	0,999	0,999	1,0005	1,0007
Operación	91 622,9	91 622,9	18 559,1	18 559,1	0,0	-	0,0	-	1,000	1,000	1,0000	1,0000
TOTAL	982 813,3	91 622,9	645 076,8	18 559,1	891 190,4	90,68%	626 517,7	97,12%	0,093	0,029	10,7267	34,7580



a. Energético
b. Exergético
Figura 49. Distribución del consumo por los componentes del modelo exergético del TTQ2.

La diferencia en las eficiencias se debe a dos aspectos: el primero, a la distribución física del mechero, que permite aprovechar la exergía proveniente de la combustión, así transmitiéndose mejor al tanque, el segundo, de menor influencia, la cantidad de piezas que se procesan en cada turno.

6.3.3. Sistema de vulcanizado

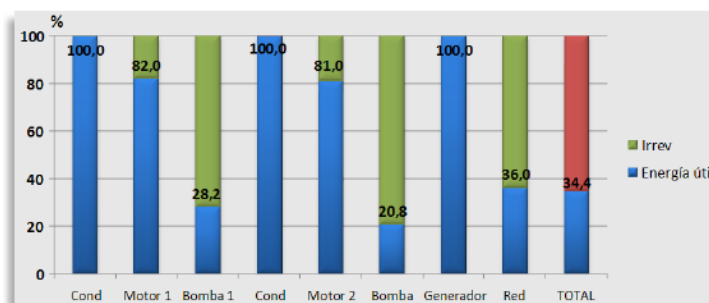
El sistema de vulcanizado se compone de tres subsistemas: el generador de aceite caliente, el sistema hidráulico y las planchas de vulcanizado, con eficiencia de 13,2%, 4,3% y 7,7% respectivamente. A continuación se presenta el comportamiento de cada subsistema.

Generador de aceite caliente. Presenta ocho (8) componentes en su modelo exergético que describen su funcionamiento e interrelación; de estos componentes, las bombas y la red de interconexión presentan las menores eficiencias energéticas y exergéticas (ver figura 50). Los componentes eléctricos presenta eficiencias del 80% en los motores y de casi 100% en los conductores.

En el caso del generador, dado el planteamiento exergético del modelo, simplemente se empleó como una estructura de apoyo, que permitía la conexión física de los demás componentes, por medio de los flujos identificados. Se aclara esta situación para una correcta interpretación de los datos de la tabla 52.

Tabla 52. Fuels, productos e irreversibilidades de los componentes del modelo exergético del generador de aceite caliente.

Elemento	Energía (MJ)		Exergía (MJ)		ΔE (MJ)		I (MJ)		η_E	η_B	k_E	K_B
	E_{in}	E_{out}	F	P								
Conductores	72,924	72,896	72,924	72,896	0,028	0,04%	0,028	0,04%	0,9996	0,9996	1,0004	1,0004
Motor 1	72,896	59,774	72,896	59,774	13,122	18,00%	13,122	18,00%	0,8200	0,8200	1,2195	1,2195
Bomba 1	59,774	16,830	59,774	16,830	42,944	71,84%	42,944	71,84%	0,2816	0,2816	3,5516	3,5516
Conductores	77,591	77,572	77,591	77,572	0,019	0,02%	0,019	0,02%	0,9998	0,9998	1,0002	1,0002
Motor 2	77,572	62,833	77,572	62,833	14,739	19,00%	14,739	19,00%	0,8100	0,8100	1,2346	1,2346
Bomba2	62,833	13,084	62,833	13,084	49,749	79,18%	49,749	79,18%	0,2082	0,2082	4,8023	4,8023
Generador	2 632,500	2 632,500	1 677,542	1 677,542	0,000	-	0,000	-	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
Red	2 662,414	957,299	1 707,456	224,795	1 705,115	64,04%	1 482,661	86,83%	0,3596	0,1317	2,7812	7,5956
TOTAL	2 783,015	957,299	1 828,058	224,795	1 825,716	65,60%	1 603,263	87,70%	0,3440	0,1230	2,9072	8,1321



a.Energético

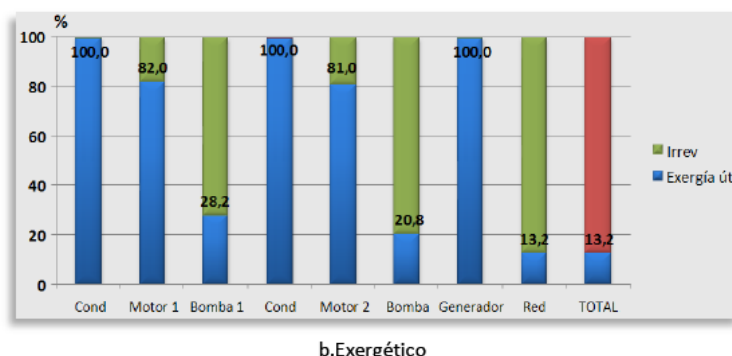


Figura 50. Distribución del consumo por los componentes del modelo exerético del generador de aceite caliente.

El rendimiento energético total alcanza el 34,4% y el exerético el 13,2%. Esta diferencia se debe a la calidad de la energía, exergía, que caracteriza los sistemas térmicos. El rendimiento total del equipo, casi en su totalidad, depende del rendimiento de la red de interconexión, 36,0% en la energético y 13,2 % en lo exerético.

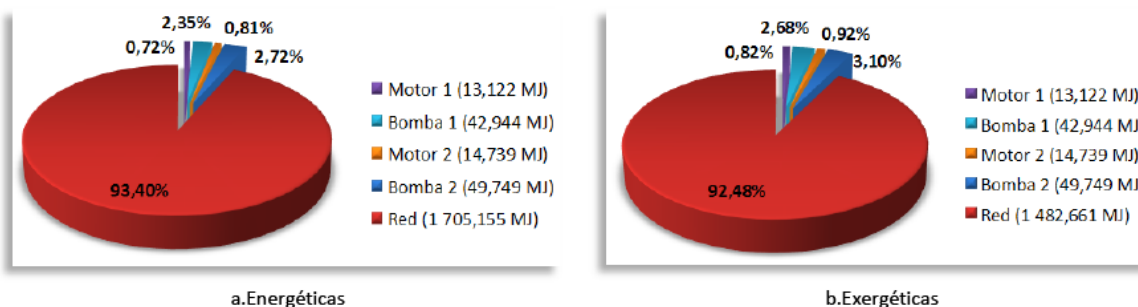


Figura 51. Pérdidas por componente del modelo exerético del generador de aceite caliente.

La pérdida de energía y exergía que se produce se debe casi en su totalidad a la red de interconexión, superior al 90% (ver figura 51). En general, la participación de los componentes en las pérdidas de energía y exergía es similar; los conductores no se incluyen en esta comparación, debido a que registran pérdidas mínimas, insignificantes.

Sistema hidráulico. Presenta un rendimiento del 4,33%, a pesar de que el principio de funcionamiento está basado en energía eléctrica. Esto se debe a que la mayoría del tiempo no realiza un trabajo efectivo, debido a que el accionamiento hidráulico de las planchas de vulcanizado se realiza en periodos breves; reflejándose en el rendimiento exerético de la bomba, que alcanza el 5,1%.

La bomba ocasiona el 84,32% de las irreversibilidades, los conductores presentan pérdidas insignificantes, comparativamente con los otros componentes, y el motor el restante 15,68%,

**METODOLOGÍA PARA EL USO RACIONAL Y EFICIENTE DE LA ENERGÍA DESDE EL ENFOQUE EXERGÉTICO
EN INDUSTRIA CAUCHOS RECORD LTDA**

CAPITULO 6. Análisis Termoeconómico

aunque puede incrementarse en una pequeña cantidad si se mide la energía transmitida por el rotor del motor, dado que en este trabajo se considero un método indirecto para determinarle, que puede proporcionar un rendimiento mayor en el motor de lo que en realidad es.

Tabla 53. Fuels, productos e irreversibilidades de los componentes del modelo exergético del sistema hidráulico de vulcanizado.

Elemento	Exergía (MJ)		I (MJ)	η_B	K_B	
	F	P				
Conductores	79,053	79,051	0,002	0,0025%	0,99997	1,00003
Motor	79,051	67,193	11,858	15,00%	0,8500	1,1765
Bomba	67,193	3,421	63,772	94,91%	0,0509	19,6413
TOTAL	79,053	3,421	75,632	95,67%	0,0433	23,1082

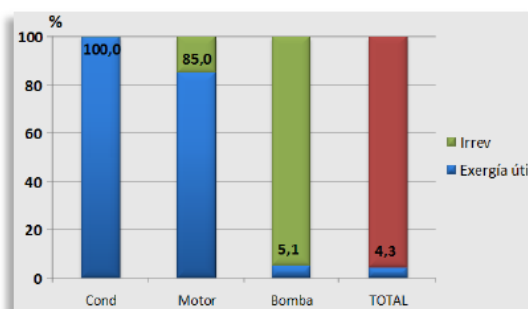


Figura 52. Distribución del consumo por los componentes del modelo exergético del sistema hidráulico de vulcanizado.

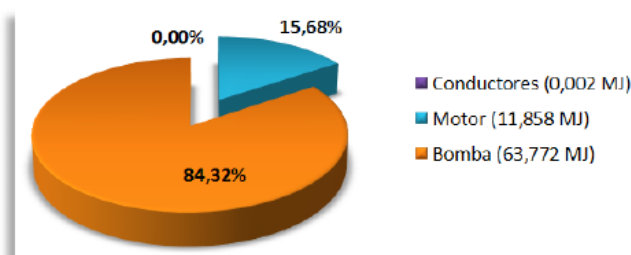


Figura 53. Pérdidas por componente del modelo exergético del sistema hidráulico de vulcanizado.

Planchas de las prensas de vulcanizado. En este equipo a de tenerse presente que confluyen los productos, energía y exergía, del generador de aceite caliente y del sistema hidráulico, por lo que la energía empleada tiene dos naturalezas: eléctrica y térmica, con calidades y precios distintos.

El porcentaje de pérdidas en las planchas y el tanque se mantiene en lo energético y en lo exergético, casi 90% y 98,8% respectivamente. En cuanto a la matriz se aprecia una diferencia, de 75,4% de pérdidas energéticas a 16,0% de pérdidas exergéticas (ver tabla 54 y figura 54).

Tabla 54. Fuels, productos e irreversibilidades de los componentes del modelo exergético de las planchas de vulcanizado.

Elemento	Energía		Exergía		ΔE	I	η_e	η_B	k_e	K_B		
	E_{in}	E_{out}	F	P								
Planchas	3 612 988,0	402 701,5	868 495,5	76 868,9	3 210 286,0	88,85%	788 342,2	90,77%	0,1115	0,0885	8,9719	11,2984
Tanque	264 500,4	3 284,4	264 500,4	3 284,4	261 216,0	98,76%	261 216,0	98,76%	0,0124	0,0124	80,5322	80,5323
Matriz	405 985,9	99 985,8	80 153,3	67 306,1	306 000,1	75,37%	12 847,2	16,03%	0,2463	0,8397	4,0604	1,1909
TOTAL	3 877 488,4	99 985,8	1 132 995,9	67 306,1	3 777 502,6	97,42%	1 062 405,4	93,77%	0,0258	0,0594	38,7597	16,8350

**METODOLOGÍA PARA EL USO RACIONAL Y EFICIENTE DE LA ENERGÍA DESDE EL ENFOQUE EXERGÉTICO
EN INDUSTRIA CAUCHOS RECORD LTDA**

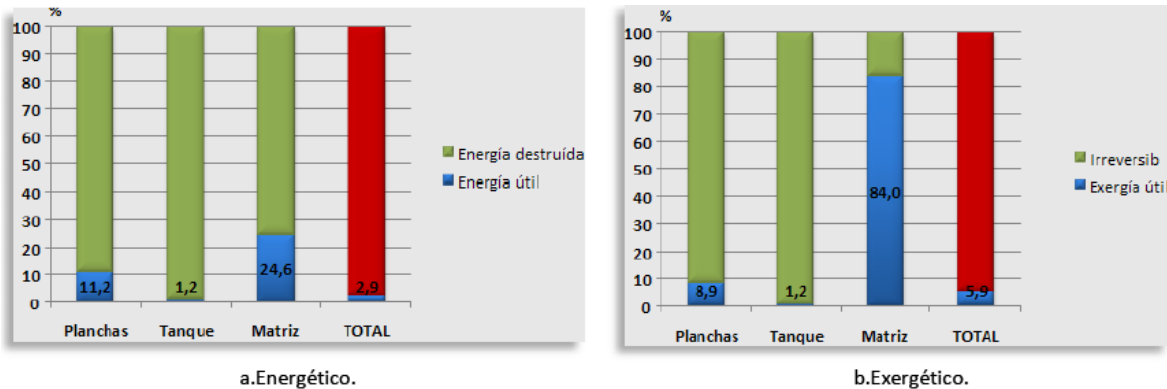


Figura 54. Distribución del consumo por los componentes del modelo exergético de las planchas de vulcanizado.

El rendimiento global alcanza 2,58% en lo energético y 5,94% en lo exergético. En este caso el rendimiento exergético es mayor al energético, cosa contraria a lo esperado, lo cual se debe básicamente a la naturaleza de las energías utilizadas, eléctrica y térmica. En la figura 55, se describe la energía y la exergía que entra y sale de la operación de vulcanizado.

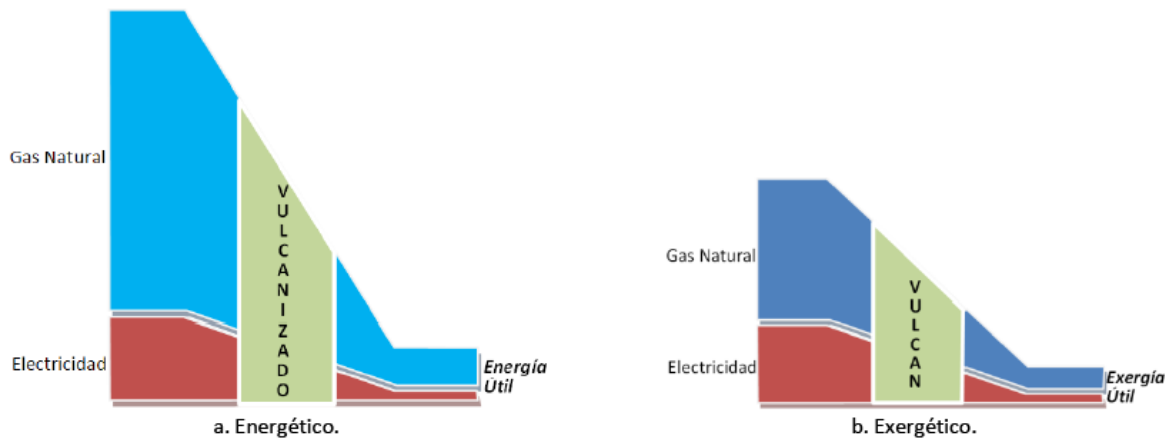


Figura 55. Comportamiento del consumo durante el en las planchas de vulcanizado.

Estas gráficas ayudan a percibir como, a pesar de que la eficiencia térmica es similar energética y exergéticamente en el calentamiento de las planchas, la presencia del componente hidráulico afecta sensiblemente la relación salida – entrada. De forma matemática, se tiene que la eficiencia energética se calcula de la siguiente manera

$$\eta_{en} = \frac{P_{EGN} + P_{EE}}{F_{EGN} + F_{EE}} \quad (42)$$

donde,

η_{en} : Eficiencia energética.

P_{EGN} : Producto de la energía térmica proveniente del gas natural.

P_{EE} : Producto de la energía eléctrica.

F_{EGN} : Fuel proveniente de la energía contenida en el gas natural.

F_{EE} : Fuel proveniente de la energía eléctrica.

La eficiencia exergética como sigue

$$\eta_{ex} = \frac{P_{BGN} + P_{BE}}{F_{BGN} + F_{BE}} \quad (43)$$

donde,

η_{en} : Eficiencia exergética.

P_{BGN} : Producto de la exergía térmica proveniente del gas natural.

P_{BE} : Producto de la exergía eléctrica.

F_{BGN} : Fuel proveniente de la exergía contenida en el gas natural.

F_{BE} : Fuel proveniente de la exergía eléctrica.

Relacionando la eficiencia energética con la eficiencia exergética, el fuel y el producto de naturaleza eléctrica permanecen constantes, pero el fuel y el producto disminuyen notablemente en cuanto a su valoración exergética respecto de la energética.

La razón por la cual el coeficiente exergético se hace mayor al energético radica en que la proporción de disminución de F_{BGN} con respecto a F_{EGN} es menor que la proporción de P_{BGN} y P_{EGN} .

$$\frac{F_{BGN}}{F_{EGN}} < \frac{P_{BGN}}{P_{EGN}} \quad (44)$$

Por tanto, al evaluar la expresión se calcula un valor mayor. En conclusión, para un equipo térmico se tendrá una eficiencia exergética mayor que la energética, en la medida en que lo anteriormente expuesto se cumpla (ver figura 56).

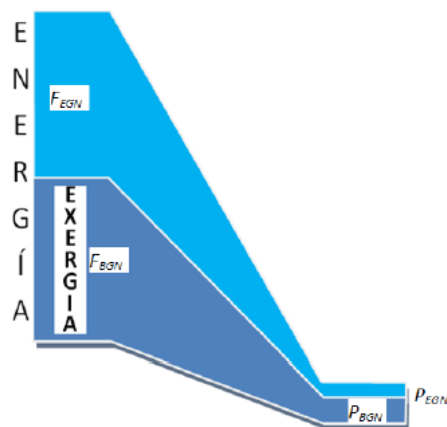


Figura 56. Comparación entre la energía y la exergía consumida durante el proceso.

Las planchas se presentan como el componente que ocasiona la mayoría de las pérdidas de energía y exergía en el equipo, 84,98% y 73,68% respectivamente.

En cuanto a las pérdidas sucedidas en el tanque de expansión, aunque cuantitativamente permanecen constantes, al concebirse las pérdidas exergéticas en las planchas, menores de forma considerable en comparación a las energéticas, su participación aumenta de 6,92% al 24,41%.

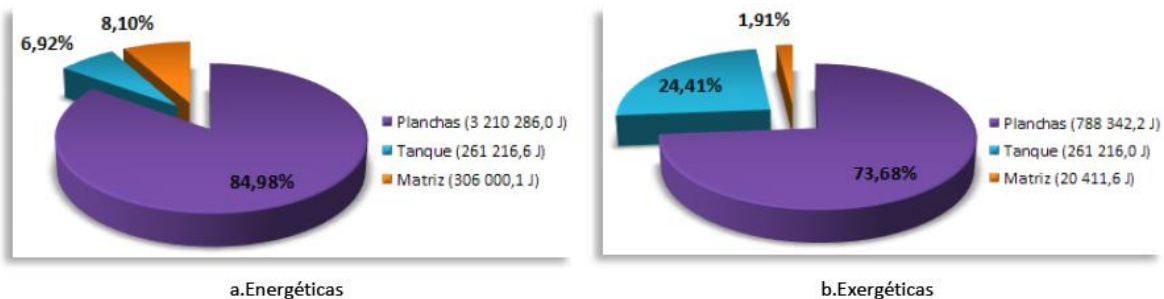


Figura 57. Pérdidas por componente del modelo exergético de las planchas de vulcanizado.

7. CONSIDERACIONES PARA EL INICIO DEL DESARROLLO DE LA FASE 3

A continuación se exponen consideraciones sobre el análisis termoeconómico realizado para su debido dimensionamiento e interpretación, siendo éstas la base para el desarrollo de fase 3; dichas consideraciones contemplan los siguientes aspectos: las limitaciones de eficiencia de los equipos y el desconocimiento de sus posibilidades de mejora, la necesidad de perfeccionar el modelado exergético, en especial de algunos componentes de los equipos, además de observaciones y recomendaciones establecidas para cada componente, la necesidad de considerar varios aspectos productivos para enriquecer el análisis termoeconómico pudiendo aportar significativamente al URE en la empresa.

La búsqueda de una solución al problema URE tratado conllevó un análisis termoeconómico de procesos y de equipos, que permite identificar y posteriormente atender eficazmente las necesidades existentes.

En este punto se resalta la importancia del modelado exergético de cada equipo para lograr un adecuado análisis termoeconómico.

Al observar el trabajo desarrollado hasta aquí se considera necesario puntualizar lo siguiente:

- El análisis termoeconómico se califica como positivo, teniéndose así, que la información sobre la planta y los equipos es adecuada para dimensionar el problema energético de la empresa.
- La información de este análisis termoeconómico en cuanto a algunos de los componentes de los equipos debe revalorarse debido a las consideraciones para su modelado y los bajos valores de eficiencia exergética. Esto influye, como es natural, en la eficiencia exergética del equipo.

**METODOLOGÍA PARA EL USO RACIONAL Y EFICIENTE DE LA ENERGÍA DESDE EL ENFOQUE EXERGÉTICO
EN INDUSTRIA CAUCHOS RECORD LTDA**

CAPITULO 7. Consideraciones para el inicio del desarrollo de la Fase 3

La tabla 55 presenta las irreversibilidades de los equipos de producción de los repuestos seleccionados, que conforman la mayoría de la maquinaria de planta, y sus respectivos costos, en un periodo de un año, lo cual se estableció extrapolando la información del numeral 6.2.

Tabla 55. Fuels, productos e irreversibilidades por equipo anuales.

EQUIPO	TSD (h)	FU	Exergía (GJ)			η_b	Costo (\$)			I (%) Parcial	I \$/MJ
			F	P	I		F	P	I		
Torno Jumbo	16	0,85	18,75	3,34	15,42	0,1782	1 418 608	252 738	1 165 869	82,18	75,62
Torno Paralelo	16	0,85	19,30	3,40	15,90	0,1763	1 460 550	257 558	1 202 992	83,37	75,66
Torno Revólver	8	0,85	6,92	1,60	5,32	0,2315	524 863	121 516	403 347	76,85	75,85
Troqueladora	8	0,35	11,73	0,41	11,33	0,0348	876 233	30 505	845 727	96,52	74,68
Cortadora	10	0,15	0,32	0,04	0,27	0,1414	23 895	3 379	20 516	78,77	75,50
Zincadora	10	0,10	6,74	4,36	2,39	0,6463	510 408	329 863	180 545	35,43	75,70
TTQ1	10	1,00	67,49	1,05	66,44	0,0156	973 808	15 151	958 656	98,44	14,43
TTQ2	10	1,00	66,77	1,92	64,85	0,0288	963 455	27 727	935 728	97,12	14,43
Planchas	10	1,00	57,05	5,18	51,87	0,0909	1 158 103	105 227	1 052 877	91,78	20,30
Molino	9	0,62	49,84	32,14	17,70	0,6448	314 133	202 551	111 581	35,52	6,30
G. Aceite Caliente	12	1,00	457,01	56,20	400,82	0,1230	8 892 725	1 093 532	7 799 193	87,70	19,46
Sistema hidráulico	10	1,00	19,76	0,86	18,91	0,0433	1 492 125	64 571	1 427 554	95,67	75,50
TOTAL	-	-	724,63	105,32	619,32	0,1453	17 450 800	2 399 093	15 051 707	85,85	24,30

Se debe tener en cuenta que no todo el ahorro de energía termodinámicamente posible puede ahorrarse técnicamente, debido a las irreversibilidades propias del diseño. Las irreversibilidades intrínsecas al diseño no deben considerarse como posibilidades de ahorro.²²

La principal contribución a la irreversibilidad total de un proceso se debe a las limitaciones técnicas de disponibilidad de equipos que lleven a cabo las transformaciones deseadas. Las transformaciones donde participe la energía térmica, no sólo tienen una baja eficiencia, sino que además imponen la obtención de flujos en principio no deseados.²³

La última columna de la tabla 55 permite calcular la reducción en el consumo en función de la cantidad de exergía que se evite destruir; con esta información, aunque valiosa, aún no se debe realizar un proceso de toma de decisiones, pues falta información complementaria.

Ahora, los equipos eléctricos, ofrecen la mayor tasa de ahorro potencial (ver última columna), pero se desconoce la reducción posible de irreversibilidades en éstos. Esta situación evidencia que se deben conocer las condiciones de funcionamiento a las que se puede llevar un equipo, para así

²² VALERO CAMPILLA, Antonio. Bases termoeconómicas del ahorro. Zaragoza. Universidad de Zaragoza. Documento descargado en formato PDF. 1982. 22 p. Disponible en Internet: <URL: <http://www.teide.cps.unizar.es/>>.

²³ CENTRO PILOTO DE CAPACITACIÓN Y OPTIMIZACIÓN DE CENTRALES TÉRMICAS Y ESTUDIOS ENERGÉTICOS-CLIOPE. Informe técnico termoeconomía. Universidad Industrial de Santander. Escuela de Ingeniería Mecánica. 1999. 61 p.

cuantificar los valores de los flujos identificados, que pueden tomarse como parámetros objetivo de mejora. Desafortunadamente no se tiene tal información de los equipos, a lo sumo, de algunos de sus componentes, en especial, de motores y de conductores.

Tal realidad exige que para el éxito de la metodología se deban adelantar estudios sobre la mejora de eficiencia en componentes industriales que funcionen con principios mecánicos y térmicos, y así determinar los niveles posibles de eficiencia exergética. Sin embargo, no contar con tales estudios no significa que no es posible aplicar la metodología. Lo anterior se propone como uno de los próximos pasos para perfeccionar la metodología TEXURE, y por ende, el URE en las empresas de producción.

7.1. ANÁLISIS A LOS COMPONENTES DE LOS EQUIPOS

Las apreciaciones ya citadas hacen parte del inicio de la fase 3, y son la base del análisis termoeconómico establecido, esto como el primer paso para conocer las alternativas de solución (fase 3). Por lo anterior se determinaron para los componentes de los equipos las siguientes denominaciones:

- No se puede determinar un posible ahorro – **NPDA**. Esta observación se da a los componentes, mayormente mecánicos, en los que el rozamiento y las vibraciones ocasionan las irreversibilidades y no se tiene un criterio que permita cuantificar el ahorro de una mejora puntual. Para este tipo de componentes se recomienda una lubricación especial, pero se desconoce inicialmente si la inversión requerida puede recuperarse con el ahorro suscitado.
- Revisar el planteamiento de funcionamiento – **RPF**. Aún cuando en todos los componentes debe revisarse su planteamiento exergético éstos deben tomarse como un caso prioritario, debido al bajo nivel de eficiencia exergética registrado.
- Ideal. A la par de la anterior observación se deben reconsiderar aquellos componentes que por cuestiones de inaccesibilidad para realizar las mediciones se consideraron en condiciones de funcionamiento ideal, según los datos de placa.

A continuación se presentan las observaciones y recomendaciones por componente de los equipos en la tabla 56; ésta información permite responder dos inquietudes básicas: ¿en dónde? y ¿qué?

**METODOLOGÍA PARA EL USO RACIONAL Y EFICIENTE DE LA ENERGÍA DESDE EL ENFOQUE EXERGÉTICO
EN INDUSTRIA CAUCHOS RECORD LTDA**

CAPITULO 7. Consideraciones para el inicio del desarrollo de la Fase 3

Tabla 56. Observaciones y recomendaciones a los componentes de los equipos.

EQUIPO CORTADORA		
Componente	Observaciones	Recomendación
Conductores	Dimensionamiento adecuado. Irreversibilidades despreciables.	Mantenerlos
Motor 1	Trabaja al 50% de plena carga. Bajo factor de potencia.	Estudiar cambio por un motor de 0,5HP
Hoja de Corte	NPDA.	Mantenimiento para mejorar la lubricación y limpiar la hoja.
Motor 2	IDEAL.	-
Bomba	RPF.	-
Operación	<i>Desperdicio de material</i> → Mínimo <i>Tiempo de operación</i> → Apropiado	-
EQUIPO TROQUELADORA		
Componente	Observaciones	Recomendación
Conductores	Dimensionamiento adecuado. Irreversibilidades despreciables.	Mantenerlos
Motor	Trabaja en promedio al 75% de plena carga, pero la corriente alcanza valores de 1,6 veces la corriente nominal.	Estudiar cambio por un motor de 10HP
Reductor	NPDA. El eje de las ruedas A y B ocasiona gran parte de las irreversibilidades, debido al rozamiento.	Mantenimiento para mejorar la lubricación.
Martillo	La superficie de contacto de la rueda C con las ruedas A y B se encuentra seriamente desgastada, por lo que no efectúa un buen contacto. Además las ruedas A y B giran de forma irregular.	* Cambiar la cubierta (superficie) de la rueda C. * Revisar el eje del reductor.
Operación	<i>Desperdicio de material</i> → Mínimo <i>Tiempo de operación</i> → Apropiado. Se tiene como el puesto de trabajo - más eficiente en este aspecto.	-
EQUIPO TORNO REVÓLVER		
Componente	Observaciones	Recomendación
Conductores	Dimensionamiento adecuado. Irreversibilidades despreciables.	Mantenerlos
Motor 1	Trabaja en promedio al 65% de plena carga. Bajo factor de potencia.	Estudiar la posibilidad de cambiar por un motor de 1,2HP
Caja Norton	NPDA	Mantenimiento para mejorar la lubricación.
Conductores	Dimensionamiento adecuado. Irreversibilidades despreciables.	Mantenerlos
Motor 2	IDEAL.	-
Bomba	RPF.	-
Operación	<i>Desperdicio de material</i> → Considerable <i>Tiempo de operación</i> → Apropiado	Revisar la posibilidad de readecuar (reducir) las dimensiones del material.
EQUIPO TORNO JUMBO		
Componente	Observaciones	Recomendación
Conductores	Dimensionamiento adecuado. Irreversibilidades despreciables.	Mantenerlos
Motor 1	Trabaja en promedio al 30% de plena carga. Bajo factor de potencia.	Estudiar la posibilidad de cambiar por un motor de 3,0HP
Caja Norton	NPDA	Mantenimiento para mejorar la lubricación.
Conductores	Dimensionamiento adecuado. Irreversibilidades despreciables.	Mantenerlos
Motor 2	IDEAL.	-
Bomba	RPF.	-
Operación	<i>Desperdicio de material</i> → Considerable <i>Tiempo de operación</i> → Por encima del tiempo normal de operación	* Revisar dimensiones del material. * Mejorar el desempeño de los operarios
EQUIPO TORNO PARARELO		
Componente	Observaciones	Recomendación
Conductores	Dimensionamiento adecuado. Irreversibilidades despreciables.	Mantenerlos
Motor 1	Trabaja en promedio al 40% de plena carga. Bajo factor de potencia.	Estudiar la posibilidad de cambiar por un motor de 3,0HP
Caja Norton	NPDA	Mantenimiento para mejorar la lubricación.
Conductores	Dimensionamiento adecuado. Irreversibilidades despreciables.	Mantenerlos
Motor 2	IDEAL.	-
Bomba	RPF.	-
Operación	<i>Desperdicio de material</i> → Considerable <i>Tiempo de operación</i> → Por encima del tiempo normal de operación	* Revisar dimensiones del material. * Mejorar el desempeño de los operarios
EQUIPO TANQUE DE DESENGRASE		
Componente	Observaciones	Recomendación
Combustión	RPF.	Aumentar el área de impacto de la llama y disminuir su altura.
Tanque	-	Mantener los tanques tapados.
Operación	-	Colocar más piezas a la vez.

**METODOLOGÍA PARA EL USO RACIONAL Y EFICIENTE DE LA ENERGÍA DESDE EL ENFOQUE EXERGÉTICO
EN INDUSTRIA CAUCHOS RECORD LTDA**

CAPITULO 7. Consideraciones para el inicio del desarrollo de la Fase 3

EQUIPO TANQUE DE FOSFORADO			
Componente	Observaciones		Recomendación
Combustión	RPF.		Aumentar el área de impacto de la llama y disminuir su altura.
Tanque	-		Mantener los tanques tapados.
Operación	-		Colocar más piezas a la vez.
EQUIPO CINCADORA			
Componente	Observaciones		Recomendación
Conductores	Dimensionamiento adecuado. Irreversibilidades despreciables.		Mantenerlos
Unidad	-		-
Operación	-		-
EQUIPO SISTEMA HIDRÁULICO DE VULCANIZADO			
Componente	Observaciones		Recomendación
Conductores	Dimensionamiento adecuado. Irreversibilidades despreciables.		Mantenerlos
Motor	Trabaja en promedio al 52% de plena carga, pero alcanza el 85%.		Estudiar cambio por un motor de 6,6HP
Bomba	RPF.		-
EQUIPO PLANCHAS DE VULCANIZADO			
Componente	Observaciones		Recomendación
Planchas	NPDA.		Aislamiento térmico con asbesto de todas las partes de la prensa.
Tanque	NPDA.		Disminuir el rozamiento entre el émbolo –tanque, y planchas –estructura.
Matriz	Funcionamiento apropiado.		-
EQUIPO GENERADOR DE ACEITE CALIENTE			
Componente	Observaciones		Recomendación
Conductores	Dimensionamiento adecuado. Irreversibilidades despreciables.		Mantenerlos
Motor 1	Trabaja al 36% de plena carga.		Estudiar cambio por un motor de 1,5HP
Bomba 1	RPF.		
Conductores	Dimensionamiento adecuado. Irreversibilidades despreciables.		Mantenerlos
Motor 1	Trabaja al 36% de plena carga.		Estudiar cambio por un motor de 1,5HP
Bomba 1	RPF.		
Generador	RPF.		Aislarlo térmicamente
Red de interconexión	Existe una considerable transferencia de calor por convección		* Aislar térmicamente los tramos descubiertos * Colocar medidores de temperatura y presión en varios puntos de la red.
EQUIPO MOLINO			
Componente	Observaciones		Recomendación
Conductores	Dimensionamiento adecuado. Irreversibilidades despreciables.		Mantenerlos
Motor principal	Trabaja en promedio al 50% de plena carga, pero alcanza el 83%.		Estudiar cambio por un motor de 20HP
Transmisión	RPF.		
Conductores	Dimensionamiento adecuado. Irreversibilidades ocasionadas despreciables.		Mantenerlos
Motor 2	IDEAL.		-
Bomba	RPF.		
Operación	Funcionamiento apropiado		-

7.2. ANÁLISIS TERMOECONÓMICO ENRIQUECIDO

La eficiencia exergética debe contemplarse como uno de los medios para alcanzar el objetivo propuesto del uso racional y eficiente de la energía, pero no es el único. Las buenas prácticas de manufactura, la optimización en la programación de operaciones, la reducción en los tiempos de operación, junto a otros, son los que pueden permitir realizar esto al interior de la empresa, por

**METODOLOGÍA PARA EL USO RACIONAL Y EFICIENTE DE LA ENERGÍA DESDE EL ENFOQUE EXERGÉTICO
EN INDUSTRIA CAUCHOS RECORD LTDA**

CAPITULO 7. Consideraciones para el inicio del desarrollo de la Fase 3

ejemplo, un equipo cualquiera alcanza su nivel de eficiencia objetivo, pero la cantidad de exergía necesaria para adelantar la operación puede ser menor en relación al tiempo de operación, eso indicaría la necesidad de armonizar ambos aspectos.

Deben tenerse, por ende en la empresa, prácticas de producción que promulguen la eficiencia en los tiempos, en el uso de la materia prima, la programación de operaciones, en fin todo lo relacionado con la administración de operaciones, para así soportar el análisis termoeconómico adecuado. Por ende, la fase 3 debe retomar el análisis termoeconómico teniendo en cuenta la incidencia de los elementos antes mencionados (ver figura 58).

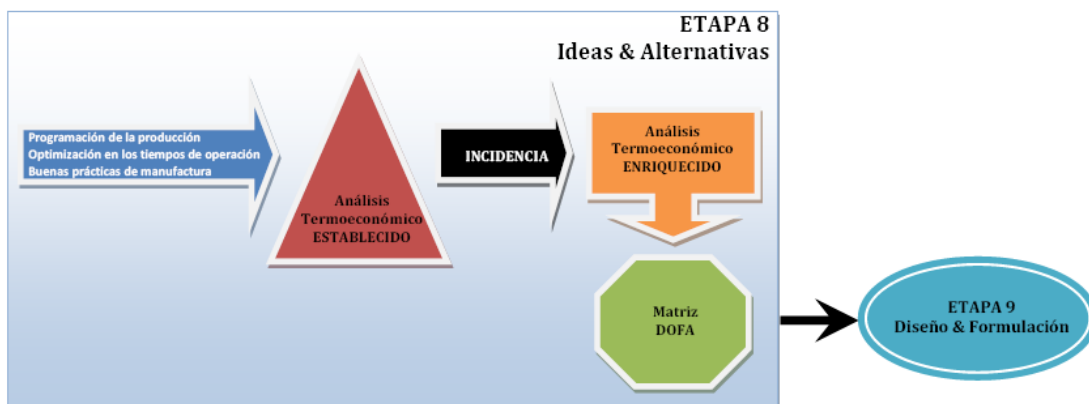


Figura 58. Dimensionamiento del análisis termoeconómico.

El análisis termoeconómico describe el estado de la planta para unas condiciones de funcionamiento y de entorno definidas, por lo que cualquier solución que parta de éste será efectiva en esas circunstancias, no asegurando su utilidad en otras condiciones.

La naturaleza del análisis termoeconómico es estática, es decir considera los aspectos en una situación determinada, esto se debe a que en el escenario de aplicación para el que se concibió en principio la TCE, las centrales térmicas, tiene un comportamiento cuasiestacionario, los valores a considerar son constantes o poco fluctuantes.

Teniendo entonces el análisis termoeconómico una naturaleza estática puede enriquecerse al evaluarse en diversas condiciones que busquen el óptimo en los otros escenarios. Esto suscita dos escenarios en función del estado de las empresas.

**METODOLOGÍA PARA EL USO RACIONAL Y EFICIENTE DE LA ENERGÍA DESDE EL ENFOQUE EXERGÉTICO
EN INDUSTRIA CAUCHOS RECORD LTDA**

CAPITULO 7. Consideraciones para el inicio del desarrollo de la Fase 3

El primero, cuando la empresa no ha realizado un proceso de mejora de la producción, lo que implica que el análisis termoeconómico no se basa en prácticas eficientes, por lo que restringe de forma notable el desarrollo de la fase 3, por ello ha de enriquecerse.

El segundo escenario se da cuando la empresa cuenta con una dinámica de mejoramiento continuo de la producción, esto permite que el análisis termoeconómico sea propicio para adelantar una evaluación de los procesos y equipos, y así generar planteamientos para el URE que, posiblemente, ya solo dependerá de elevar la eficiencia de los componentes de los equipos, o iniciar una renovación de la maquinaria existente.

En el caso de Industria Cauchos Record Ltda se tiene la optimización de los tiempos de operación como el aspecto de mayor influencia en los datos obtenidos en el análisis termoeconómico, éste no influyen en la eficiencia exergética y en la que se fije como objetivo, aunque si lo hace en la magnitud de las irreversibilidades del sistema, es decir que sin importar si el tiempo de uso del equipo es adecuado o no éste tendrá la misma eficiencia exergética, pero consumirá más exergía, y por ello habrán mayores irreversibilidades.

8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En este capítulo se exponen las conclusiones del trabajo de grado realizado y algunas recomendaciones, junto a los aportes recogidos a nivel personal.

Las conclusiones se discriminan para cada uno de los tópicos relacionados con el análisis exergético y su aplicación al uso racional de la energía.

Metodología

- ✚ Con este trabajo de grado se logró materializar una iniciativa para el uso racional y eficiente de la energía en el sector empresarial desde un enfoque exergético.
- ✚ La metodología propuesta TEXURE es una herramienta de gestión que desde la perspectiva energética brinda posibilidades para mejorar la productividad y competitividad en las empresas, con mayor eficiencia en los procesos y equipos, menores costos, una política interna de desarrollo sostenible y menores índices de contaminación, mediante el despliegue de sus cuatro (4) fases y trece (13) etapas, encaminadas a diseñar e implementar un Programa URE que propenda por un sistema de gestión energética con enfoque exergético – SG3E.
- ✚ Se adoptaron para el desarrollo de la metodología elementos generadores de valor agregado como: el manejo de la exergía y la termoeconomía, la teoría general de sistemas, la administración de operaciones y la estructura de los sistemas de gestión, además de un trabajo académico y práctico interdisciplinario (ingeniería eléctrica, ingeniería mecánica e ingeniería industrial), permitiendo un adecuado planteamiento del problema energético.

- ✦ Se logró adelantar un primer esfuerzo de validación de la metodología establecida, que tuvo como escenario a Industria Cauchos Record Ltda, con el desarrollo de las fases 1 y 2, y parte de la fase 3, aplicándose la metodología propuesta a los sistemas de producción de diez (10) repuestos seleccionados.

Introducción a la energía eléctrica desde la perspectiva exergética

Se adelantó un análisis introductorio de la energía eléctrica desde la perspectiva exergética del cual se concluye que:

- ✦ La energía eléctrica es de alta calidad, se podría decir que su exergía es del 100%, es decir tiene un índice de calidad de 1,0.
- ✦ La potencia reactiva Q incrementa la potencia aparente S (potencia de dimensionamiento) y por consiguiente la corriente del sistema eléctrico, ya que la tensión tiene pocas variaciones, produciendo un aumento de irreversibilidades, producto del efecto Joule.
- ✦ Las pérdidas por efecto Joule en los conductores dependen de la magnitud de las potencias activa y reactiva, tal y como se muestra en las expresiones (27) y (28), que permiten cuantificar las pérdidas que éstas ocasionan.
- ✦ El término *potencia* en el campo de la energía eléctrica debe asociarse a la potencia activa P , que representa la tasa de exergía generada o consumida en un dispositivo o sistema eléctrico.
- ✦ La potencia reactiva (Q) y potencia aparente (S) no se pudieron asociar de manera directa con la cuantificación de un fenómeno físico. Aparentemente, sólo se justifica el uso del término potencia para éstas porque su base de cálculo matemático se fundamenta en el mismo empleado para la potencia activa (P), por lo que podría decirse, que algunas de las expresiones matemáticas comúnmente conocidas y utilizadas en el campo de la ingeniería eléctrica no han surgido del proceso de describir fenómenos físicos, sino de deducciones matemáticas, generándose valores que se han denominado o tratado equivocadamente como magnitudes físicas reales. Dada la anterior apreciación, se apoya el continuar la discusión sobre el significado físico de las potencias eléctricas.

- ✚ Si la potencia reactiva no representa ninguna tasa relacionada con la energía eléctrica, se debe reconsiderar el concepto del medidor de energía reactiva, ya que la energía neta debida al flujo de la potencia reactiva en un período (o número de períodos) es nula.

Situación energética actual

Como resultado de aplicar la fase 1 de la metodología, *la toma de conciencia*, se pudo establecer la situación energética de la empresa, previa realización de un trabajo de campo, que permitió establecer lo siguiente:

- La empresa utiliza energía eléctrica y gas natural para su funcionamiento. La energía eléctrica representa el 15,84% del consumo energético total y el gas natural el 84,16%. Aún así, los costos de estas energías son similares debido al precio más bajo de los metros cúbicos de gas natural.
- No existen, por el momento, estrategias sobre el URE. Por tanto, tampoco una política energética.
- Se encuentran deficiencias notables en la edificación y las instalaciones eléctricas; además, no se cuentan con planos ni registros de la maquinaria de ninguna tipo.
- No existe mantenimiento preventivo, solo correctivo (atención de daños).
- La iluminación de la planta de producción evidencia deficiencia en sus niveles lumínicos. La mayoría de la iluminación es fluorescente, distribuida y local.
- La capacidad física disponible (espacio libre) se tiene como el criterio de expansión y no hay un plan de crecimiento de la planta para nuevas máquinas o procesos.
- Las instalaciones eléctricas no cumplen con los requerimientos de la norma NTC 2050 y el RETIE, en lo que respecta a la ubicación y disposición de los tableros, a los conductos y conexiones, y en particular con el sistema de puesta a tierra.
- Los generadores de aceite caliente, parte esencial en el área del vulcanizado, no se encuentran técnicamente dimensionados.
- Existen deficiencias en la climatización de las áreas de vulcanizado y de molienda de caucho.

Por tal razón se realizan las siguientes recomendaciones:

- Realizar el dimensionamiento técnicos de los generadores de aceite caliente.

- Realizar un registro técnico de la maquinaria que permita anexar el historial de mantenimiento.
- Revisar la distribución de planta actual.
- Realizar el rediseño de las instalaciones eléctricas.
- Modificar las instalaciones eléctricas cumpliendo con los requerimientos mínimos establecidos por la normativa de la NTC 2050 y la reglamentación expuesta en el RETIE.
- Conocer las posibilidades de expansión y crecimiento de la empresa, en particular en lo relacionado con el dimensionamiento eléctrico.
- Empezar una iniciativa de conocimiento de competitividad relacionada al Benchmarking de la industria de autopartes.

Modelado exergético

- ✚ Se obtuvieron un total de nueve (9) modelos exergéticos: (1) torno, (2) troqueladora, (3) cortadora, (4) cincadora, (5) tanques de tratamientos químicos, (6) molino, (7) generador de aceite caliente, (8) sistema hidráulico y (9) prensas de vulcanizado; como una representación comprensible de lo que sucede con la exergía, la energía, la masa y su transformación en los diferentes componentes de estos equipos, permitiendo determinar y analizar los factores que influyen en su realidad exergética.
- ✚ Se requirió para el modelado exergético un análisis de las operaciones, de los equipos y sus partes, con el fin de conocer el proceso de producción de los repuestos seleccionados. La información del análisis productivo fue fundamental para precisar el flujo de los materiales, las operaciones, los tiempos, la maquinaria requerida, los niveles de producción, etc.
- ✚ Se permitió mediante los modelos establecidos la posibilidad del desglose esquemático de la irreversibilidad del sistema por elementos (análisis exergético), del cálculo de los consumos, de flujos internos y producto final (contabilidad exergética), y de la valoración de la repercusión en los consumos ocasionados por el mal funcionamiento de cualquiera de las partes que componen el sistema (auditoría exergética).

- ✚ Los modelos establecidos ofrecen la posibilidad de realizar análisis de sensibilidad con respecto a factores tales como: tiempos de operación, rendimiento de motores, flujo másico, señales eléctricas, temperatura, presión, entre otros, representados como variables, que pueden influir en las irreversibilidades del sistema.
- ✚ Se recurrió para el desarrollo de los modelos exergéticos a una dinámica secuencial de trabajo basada en los siguientes elementos: un modelo base, una identificación en la naturaleza de los flujos, una estructuración por bloques, unos supuestos para los cuales los modelos son válidos, un asocio fundamental del modelado con la termoeconomía, junto a dos consideraciones fundamentales como la validez del modelado en la discontinuidad de los flujos y la valoración exergética del flujo final del modelo mediante el concepto de valor agregado a la pieza producida.

Análisis termoeconómico

- ✚ Se realizó un análisis termoeconómico aplicando la teoría del costo exergético, como último paso de la fase 2 de la metodología, a los procesos pertenecientes a los sistemas de producción de los repuestos seleccionados, desde dos perspectivas: por repuesto y por equipo, suministrando la información para el conocimiento energético de la empresa, por medio del cálculo de los costos exergéticos, costos exergoeconómicos, eficiencias exergéticas y el valor de las irreversibilidades, precisándose ésta como base para la fundamentación del programa URE. Para adelantar este análisis se estructuró el esquema con base en los diagramas de operaciones de los productos, seguidamente se calcularon los costos exergéticos y exergoeconómicos, se determinó la participación exergética y económica, la cuantificación de fuels, productos e irreversibilidades de los equipos por repuesto, y por último, el valor agregado generado en cada operación y/o equipo de producción.
- ✚ El análisis termoeconómico por repuesto permitió conocer el comportamiento general del sistema de producción de cada uno de los repuestos seleccionados y el comportamiento particular de cada equipo dentro de éstos, obteniéndose la siguiente información:
 - El costo exergético y económico de la pieza fabricada, en función de recursos energéticos consumidos y los insumos requeridos.

- La participación exergética y económica de cada recurso en el proceso de fabricación.
 - La eficiencia exergética general del proceso de producción.
 - Las repercusiones exergéticas y económicas del desperdicio de material durante el proceso y de las irreversibilidades propias del funcionamiento de cada equipo.
 - La contribución de cada equipo del sistema a la generación de valor en la pieza terminada.
- ✚ De los dos análisis realizados (por repuestos y por equipos), el análisis por equipo resultó más adecuado, debido a que cualquier acción de mejora sobre el funcionamiento, para aumentar su eficiencia exergética, afecta todas las operaciones que en éste se desarrollen, repercutiendo en los procesos de producción de todos los repuestos relacionados con el equipo.
- ✚ Se describió en el análisis termoeconómico el estado de la planta para unas condiciones de funcionamiento y de entorno definidas, por lo que cualquier solución que parta de este análisis será efectiva en esas circunstancias, no asegurándose su utilidad en otras condiciones. Teniendo, entonces, el análisis termoeconómico una naturaleza estática puede enriquecerse al evaluarse, o simularse, por ejemplo, en diversas condiciones que busquen el óptimo en diferentes escenarios.
- ✚ Se validó en el presente trabajo de grado la aplicabilidad de la teoría del costo exergético para sistemas no cerrados y no continuos, como los sistemas de producción de los repuestos seleccionados, pues la mayoría de las aplicaciones se encuentran centradas en sistemas cerrados, donde los flujos se caracterizan por su continuidad, como el caso de un central térmica, donde éstos son simultáneos y se relacionan en tiempo real todos los factores.

Recomendaciones generales

Una vez realizado el trabajo de grado, se recomienda:

- ✚ Mejorar y fortalecer la herramienta establecida adicionando el planteamiento de indicadores de gestión.

**METODOLOGÍA PARA EL USO RACIONAL Y EFICIENTE DE LA ENERGÍA DESDE EL ENFOQUE EXERGÉTICO
EN INDUSTRIA CAUCHOS RECORD LTDA**

CAPITULO 8. Conclusiones y Recomendaciones

- ✚ Adelantar estudios sobre la posible mejora de eficiencia en equipos industriales, pues se desconoce la reducción potencial de las irreversibilidades, y así determinar niveles posibles de eficiencia exergética, ya que esto es de vital importancia para el planteamiento económico del Programa URE. Revisar las posibilidades de convertirse en un usuario no regulado, lo cual conllevaría menores costos de operación por pago de energía eléctrica.

- ✚ Realizar un análisis de la distribución de planta, debido a las deficiencias existentes, tanto en espacio físico como en la ubicación de los equipos y el diseño de las rutas de producción. Este análisis pudiese adelantarse, por ejemplo, mediante un estudio para dimensionar y cuantificar los costos que esta limitante ocasiona. Se tiene que la distribución de planta también define, en buena parte, las instalaciones eléctricas y de gas natural.

- ✚ Revisar el tema de la salud ocupacional dadas las condiciones de trabajo al interior de las instalaciones de la empresa. Existen factores de riesgo dentro de las condiciones de higiene y seguridad que puede ocasionar enfermedades profesionales y accidentes de trabajo, como por ejemplo:
 - ✓ Se presenta una ventilación mínima en la zona de molida de caucho, aún cuando en este recinto existe una alta concentración de partículas contaminantes, que para una persona ajena a este ambiente sólo le bastan unos minutos para desestabilizarse físicamente.

 - ✓ En la zona de tratamientos químicos los vapores emanados de las soluciones utilizadas se caracterizan por un olor penetrante y fuerte, no se controlan y se desconoce por completo los posibles perjuicios a la salud. Estos tanques se encuentran en un sitio de tránsito de personas.

 - ✓ La alta temperatura existente en el puesto de trabajo de vulcanizado, alrededor de 40°C.

Por ello, se propone realizar un panorama de riesgos, una inspección de los puestos de trabajo, tomar mediciones ambientales para revisar la calidad del aire, la intensidad de ruido y la emisión de partículas.

Aportes personales

Por último, deseo comentar los siguientes aportes recibidos en y por el desarrollo de este trabajo de grado como etapa de mi proceso de formación personal y profesional:

- ✚ Interioricé la importancia de la integralidad del individuo en la formación de un profesional, al reconocerme como un actor de comprensión de la situación actual, como un actor participativo que debe, por compromiso social inherente a su condición humana y por esencia de su campo profesional, brindar y emprender soluciones que ayuden a construir un conciencia del ser en cuanto a si mismo y su relación de privilegio y responsabilidad con la sociedad y el entorno, así como de un actor vivencial que al ser un individuo consciente de su existencia debe regirse por principios, valores e ideales trascendentes más allá del tiempo, y que ello debe ser el eje principal de su vida, y por ende de las acciones que realicé, por ejemplo del ejercicio de la ingeniería como actividad económica.

- ✚ Al término del desarrollo de este trabajo de grado siento un adiestramiento y direccionamiento de mi estructura de pensamiento hacia una perspectiva sistémica y multidisciplinaria, permitiéndome ir perfeccionando y robusteciendo el proceso de planteamiento de problemas, identificación de sus causas y necesidades de mejora, así como de posibles soluciones, en especial, de ingeniería aplicada.

- ✚ Afiancé y practiqué conceptos e ideas tratados a lo largo de mi formación académica, al relacionar de manera práctica, en un entorno empresarial, los campos de la Ingeniería Eléctrica y la Ingeniería industrial, conociendo simultáneamente de forma introductoria la transferencia de calor perteneciente al campo de la Ingeniería Mecánica; lo anterior se da como consecuencia de trabajar la filosofía del uso racional y eficiente de la energía en la que por afinidad confluyen varias disciplinas; además, se pudo realizar un sencillo aporte a un tema de importante y de actual discusión en el campo de la Ingeniería Eléctrica, como lo es el significado físico de las potencias eléctricas.

BIBLIOGRAFÍA

AEDIE. Cámara Oficial de Comercio e Industria de Madrid y Comunidad de Madrid. Manual de Auditorias Energéticas. Madrid. Comunicación, S.L. Madridinnova. 2 003.

AHERN, Jhon E. The Exergy Method of Energy Systems Analysis, New York: Interscience Publication, 1996.

ALONSO, Marcelo y FINN, Edward J. Physics. ED Addison-Wesley Publishing Company, Inc. 1 996.

ANGARITA CORONEL, Christian Felipe. Diseño e implementación de un programa de mejoramiento a los actuales niveles OEE (Overall Equipment Effectiveness) en las líneas de mecanizado y ensamble THC DANA TRANSEJES COLOMBIA. Tesis de grado. UIS. 2 005.

CAMPOS AVELLA, J.C., CARMONA Gabriel y LÓPEZ FORERO David. Caracterización Energética de Empresas Industriales. Promigas Servicios Integrados S.A. Barranquilla. Colombia. 2 005.

CENGEL, Yanus A. y BOLES, Michael. Termodinámica, 2 ed. México: Mc Graw Hill, 2000. Tomo I.

CENTRO PILOTO DE CAPACITACIÓN Y OPTIMIZACIÓN DE CENTRALES TÉRMICAS Y ESTUDIOS ENERGÉTICOS-CLIOPE. Informe técnico termoeconomía. Universidad Industrial de Santander. Escuela de Ingeniería Mecánica. 1999.

CHASE, Richard; NICHOLAS, Aquilano y ROBERT, Jacobs. Administración de producción y operaciones. ED Mc Graw Hill. 2 004.

DICCIONARIO ENCICLOPÉDICO ILUSTRADO. ED Plaza & Jonés. Barcelona

FRATZSCHER, Wolfgang. Exergy and possible applications. Martin-Luther-Universität. Merseburg. Germany. 1 997. Disponible en Internet: <URL: <http://www.sciencedirect.com>>.

GÓMEZ, Sonia; LÓPEZ, Yuri y RONCANCIO, Carlos. Metodología de diagnóstico para estimación de rendimiento energético en pequeñas empresas metalúrgicas.

GONG, Mei y WALL, Göran. On exergetics, economics and optimization of technical processes to meet environmental conditions. 1 997.

Disponible en Internet: <URL: <http://www.sciencedirect.com>>.

GUALLAR, J.; MARIN, J. M.; TUREGANO, J. A. y VALERO, A. La exergía: Un planteamiento más preciso del ahorro de energía. Universidad de Zaragoza. 1 985. Documento descargado en formato PDF. Disponible en Internet: <URL: <http://www.teide.cps.unizar.es/>>.

GUALLAR, J; SERRA, L; VALERO, A y VERDEJO, M. Termoeconomía en procesos industriales: Aplicación a una industria láctea. Universidad de Zaragoza. 1 990. Documento descargado en formato PDF. Disponible en Internet: <URL: <http://www.teide.cps.unizar.es/>>.

GUALLAR, J. y VALERO, A. Calculating the exergy of industrial solutions. University of Zaragoza. 1 988. Documento descargado en formato PDF.

Disponible en Internet: <URL: <http://www.teide.cps.unizar.es/>>.

JARAMILLO DIAZ, Hebert. Gestión energética en la industria [en línea]. Cali (Colombia). Estudios Gerenciales, Universidad ICESI, No 73 [octubre-diciembre de 1 999], ISSN 0123-5923.

Ley URE, 697 de 2001. Diario Oficial 44573. Ministerio de Minas y Energía. Bogotá D. C. 03 de octubre de 2001. 11 art. 7 p.

LOZANO, M. A.; VALERO, A. Los balances de energía, entropía, exergía y energía libre. Métodos para el diagnóstico de instalaciones industriales. Universidad de Zaragoza. 1 987. Documento descargado en formato PDF. Disponible en Internet: <URL: <http://www.teide.cps.unizar.es/>>.

MALHOTRA, Naresh K. Investigación de mercados. Un enfoque práctico. ED Prentice Hall. 2 005.

MIRANDA MIRANDA, Juan José. Gestión de proyectos. ED MM Editores. 2 005.

MUÑOZ RAMOS, Alfredo. Instalaciones eléctricas confiables y eficientes: Beneficios económicos involucrados. Universidad de Chile.

ORTIZ, Néstor R. Análisis y mejoramiento de los procesos productivos de la empresa. Publicaciones UIS. 1 999.

RESTREPO V, Álvaro Hernán. Gestión Total Eficiente de la Energía. Revista SCIENTIA ET TECHNICA – Coruniversitaria de Ibagué. No. 21. Julio 2 003. Pág. 109 -114.

RODRÍGUEZ MARULANDA, Maria Cecilia. Exergía: Una oportunidad para el desarrollo tecnológico, [en línea]. Medellín (Colombia). Revista CINTEX- Tecnológico Pascual Bravo Vol. 1. No 10 de dic/marzo 2 003/2 004. ISSN 0122-350X.

ROSET, Jaume. Escalas de la energía: La exergía. Idea sostenible. Barcelona. España. 2 004.

SCOTT, David Sanborn. Exergy. International Journal of Hydrogen Energy. Documento descargado en formato PDF. 2 003. Disponible en Internet: <URL: <http://www.sciencedirect.com>>.

SZARGUT, Ian. Exergy Analysis. Institute of Thermal Technology. Polish. 2 006.
Disponible en Internet: <URL: <http://www.sciencedirect.com>>.

TORRES CUADRA, César. Exergoeconomía Simbólica. Tesis Doctoral. Universidad de Zaragoza. Documento descargado en formato PDF. 1 991. 218 p.
Disponible en Internet: <URL: <http://www.teide.cps.unizar.es>>.

TORRES CUADRA, César y VALERO CAPILLA, Antonio. Termoeconomía. Curso de Doctorado. Universidad de Zaragoza. Documento descargado en formato PDF. 2 000.
Disponible en Internet: <URL: <http://www.teide.cps.unizar.es>>.

UCHE MARCUELLO, Francisco Javier. Análisis termoeconómico y simulación de una planta combinada de producción de agua y energía. Tesis Doctoral. Universidad de Zaragoza. Documento descargado en formato PDF. 2000. Disponible en Internet: <URL: <http://www.teide.cps.unizar.es>>.

URIBE, Carlos. LABORATORIO DE MÁQUINAS HERRAMIENTAS INDUSTRIALES. Taller. UIS. 2 001.

VALERO CAMPILLA, Antonio. Bases termoeconómicas del ahorro. Zaragoza. Universidad de Zaragoza. Documento descargado en formato PDF. 1 982.
Disponible en Internet: <URL: <http://www.teide.cps.unizar.es/>>.

VALERO, A. Exergy accounting: Capabilities and drawbacks. CIRCE. Center for Research of Energy Resources and Comsumptions. University of Zaragoza. 2 006.
Disponible en Internet: <URL: <http://www.sciencedirect.com>>.

WALL, Göran. Exegy Ecology Democracy. Documents to download in PDF format, Exergetics [en línea]. 1 998. Disponible en Internet: <URL: <http://www.exergy.se>>.

WALL, Göran. Exergy flows in industrial processes. Göteborg. Sweden. 1 986. Disponible en Internet: <URL: <http://www.exergy.se>>.

WALL, Göran. Exergy – A useful concept within resource accounting. Göteborg. Sweden. 1977.
Disponible en Internet: <URL: <http://www.exergy.se>>.

WALL, Göran. Can the greening of industry be profitable?,. Mölndal. Sweden. 1 997.
Disponible en Internet: <URL: <http://www.exergy.se>>.

**METODOLOGÍA PARA EL USO RACIONAL Y EFICIENTE DE LA ENERGÍA DESDE EL ENFOQUE EXERGÉTICO
EN INDUSTRIA CAUCHOS RECORD LTDA**

Bibliografía

WOLLENBERG, Bruce F. y WOOD, Allen J. Power generation, operation, and control. ED Jhon Wiley & Sons, 1984.

YANTOVSKI, E. What is exergy? 2004. Disponible en Internet:
<URL: <http://www.sciencedirect.com>>.

www.cauchosrecord.com

www.dnv.es

ANEXO A. CONCEPTOS GENERALES SOBRE EL USO RACIONAL Y EFICIENTE DE LA ENERGÍA

IMPACTOS DE LA ENERGÍA EN LA SOCIEDAD

La sociedad cambia con el tiempo, al igual que los tipos de residuos que se producen. Los hogares producen desperdicios y los procesos industriales y de manufactura distintos tipos de residuos.¹

El comportamiento socio-económico de la humanidad presenta una dependencia energética. La energía permite la iluminación de interiores y exteriores, el calentamiento y refrigeración de casas, el transporte de personas y mercancías, la obtención de alimento y su preparación, el funcionamiento de las fábricas, etc.

La energía desempeña un rol fundamental en las sociedades del mundo industrializado, su carencia o costo económico generan desequilibrios económicos a escala mundial.²

Los impactos debidos al uso de energía se pueden catalogar como favorables, cuando permiten el desarrollo y una vida más cómoda para el hombre, y desfavorables cuando atentan contra la supervivencia, limitando las condiciones de vida o alterándolas de forma negativa, como la acidificación, el calentamiento global, los residuos, el agotamiento de los recursos energéticos no renovables, etc.³

La industria mundial consume a gran velocidad las reservas de combustibles fósiles para mantener el estilo actual de vida, éstos se queman en grandes cantidades, generando el problema del calentamiento global. Lo cual resume el doble efecto de la crisis energética, escasez de recursos energéticos y el efecto invernadero.

De los combustibles fósiles, carbón, petróleo y gas, depende la mayor parte de la industria y el transporte en la actualidad y suministran el 85% de la energía consumida en el mundo. La energía

1 AGENCIA DE PROTECCIÓN AMBIENTAL DE LOS ESTADOS UNIDAD. RCRA: Reduciendo el riesgo de residuo. 1 997. <http://www.epa.gov/osw>

2 VÁZQUEZ ESPÍ, Mariano. Construcción e impacto sobre el ambiente: el caso de la tierra y otros materiales. Instituto Juan Herrera. Madrid. 2 001. <http://hábitat.aq.upm.es/boletín/n20/amva2.htm>

3 <http://www.tecnun.es>

METODOLOGÍA PARA EL USO RACIONAL Y EFICIENTE DE LA ENERGÍA DESDE EL ENFOQUE EXERGÉTICO EN INDUSTRIA CAUCHOS RECORD LTDA.

ANEXO A. Conceptos generales sobre el uso racional y eficiente de la energía.

de estos combustibles se obtiene al quemarlos, proceso en el que se forman grandes cantidades de anhídrido carbónico y otros gases contaminantes que se emiten a la atmósfera.⁴

El uso de la energía nuclear tiene repercusiones ambientales. Algunas positivas, por lo poco que contamina, pero algunos de los problemas que pueden darse son muy penosos, como por ejemplo los desastres ambientales y la problemática de las personas en la catástrofe de 1986, en Chernobyl, y que aún en la actualidad se manifiestan.

Desde el punto de vista ambiental la energía hidroeléctrica es una de las más limpias, aunque las represas que hay que construir suponen un impacto importante. La represa altera gravemente el ecosistema fluvial. Se destruyen hábitats, se modifica el caudal del río y cambian las características del agua como su temperatura, grado de oxigenación y otras. También las represas producen un importante impacto paisajístico y humano, porque con frecuencia su construcción exige trasladar a pueblos enteros y sepultar bajo las aguas tierras de cultivo, bosques y otras zonas silvestres.

Se considera al costo económico el principal obstáculo que frena a las fuentes de energía renovables. Aunque las energías tradicionales, petróleo, gas, carbón, uranio presentan un costo bastante más alto que el registrado en el mercado, si tiene en la cuenta el costo que supone limpiar la contaminación que provocan o disminuir sus daños ambientales.

INSTRUMENTOS PARA EL CONTROL DE CONSUMO Y AHORRO ENERGÉTICO

En la actualidad, en lo que a energía se refiere, las acciones se encaminan a aumentar la participación de las energías renovables en la estructura energética y la promoción de medidas dirigidas al uso racional de la energía.⁵ Debido al incremento en el precio de la energía, las empresas han intentado disminuir su participación en los costos. Para ello, se precisa conocer el tipo y la cantidad de energía que se utiliza en los procesos de la operación industrial y determinar las acciones para reducir los costos, sin afectar la calidad ni la cantidad de producción.⁶

⁴ *Ibidem 3*

⁵ ARANDA, Alfonso. SCARPOLLINI, Sabino. *Análisis de la eficiencia de la industria española y su potencial de ahorro*. CIRCE – Centro de investigación de recursos y consumos energéticos. Universidad de Zaragoza. ESPAÑA.

⁶ *Curso básico de ahorro de energía eléctrica.*

METODOLOGÍA PARA EL USO RACIONAL Y EFICIENTE DE LA ENERGÍA DESDE EL ENFOQUE EXERGÉTICO EN INDUSTRIA CAUCHOS RECORD LTDA.

ANEXO A. Conceptos generales sobre el uso racional y eficiente de la energía.

Se hace difícil por alcanzar ahorros significativos a largo plazo sin el respaldo de un programa de ahorro de energía dentro de la empresa, esto implica contar con equipos eficientes, uso de combustibles económicos o fuentes de energía alternativas y una correcta operación. Existen instrumentos y procedimientos como la caracterización energética, la auditoría energética, la gestión energética, entre otros, que facilitan en menor o mayor grado lograr este objetivo.

Caracterización energética. Se establece como el procedimiento de análisis cualitativo y cuantitativo que permite evaluar la eficiencia con que la empresa administra y usa los tipos de energía requeridos en su proceso productivo.⁷

Auditoría energética. Busca detectar y analizar la viabilidad técnica y económica de mejoras energéticas que optimicen el consumo energético. De esta forma, se hace posible determinar la opción más adecuada, para conseguir un ahorro energético.⁸

Análisis energético. El análisis energético hace referencia al control del consumo, saber qué, cómo, dónde y cuánto se consume, permitiendo establecer un plan de ahorro de energía. Por lo que se hace necesario implantar un sistema de contabilidad energética.⁹

Gestión energética. La gestión energética permite aprovechar mejor los recursos energéticos de uso cotidiano en la industria, mejorando los índices de productividad y su competitividad. Puede concebirse como un esfuerzo organizado y estructurado para conseguir la máxima eficiencia en el suministro, conversión y utilización de los recursos.¹⁰

USO RACIONAL Y EFICIENTE DE LA ENERGÍA

El uso racional y eficiente de la energía, URE, además de contribuir a alcanzar los objetivos de desarrollo globales de un territorio, tiene ventajas tanto para el productor de cualquier producto

7 CAMPOS AVELLA, J.C., CARMONA Gabriel y LÓPEZ FORERO David. *Caracterización Energética de Empresas Industriales. Promigas Servicios Integrados S.A. Barranquilla. Colombia. 2005. 5 p.*

8 AEDIE. Cámara Oficial de Comercio e Industria de Madrid y Comunidad de Madrid. *Manual de Auditorías Energéticas.* Madrid. Print A Porter. Comunicación, S.L. Madridinnova. 2003. 222 p.

9 JARAMILLO DIAZ, Hebert. *Gestión energética en la industria [en línea]. Cali (Colombia). Estudios Gerenciales, Universidad ICESI, No 73 [octubre-diciembre de 1999], ISSN 0123-5923.*

10 *Ibidem* 9

METODOLOGÍA PARA EL USO RACIONAL Y EFICIENTE DE LA ENERGÍA DESDE EL ENFOQUE EXERGÉTICO EN INDUSTRIA CAUCHOS RECORD LTDA.

ANEXO A. Conceptos generales sobre el uso racional y eficiente de la energía.

y/o servicio, como para el consumidor de los mismos. Se presenta por lo tanto, como un escenario de mejora, de innovación, de oportunidades para hallar soluciones diferenciadas.

Más que un liderazgo de costos, que significa reducir los costos en la producción y la operación, se debe buscar una diferenciación energética; esto se logra cuando los procesos se perciben como únicos en el consumo y manejo eficiente de la energía. La diferenciación combinada a la creatividad y a una capacidad estratégica y tecnológica, pueden generar productividad, competitividad y rentabilidad de las empresas.

La promoción de programas sobre el URE contribuye a la competitividad de las empresas nacionales, tan necesaria, dadas las circunstancias de comercio internacional, debido a convenios y tratados establecidos y próximos a desarrollarse. Con estos programas se busca optimizar la utilización de los variados recursos energéticos primarios con que se cuentan en la actualidad, minimizando los impactos ambientales y mejorando la competitividad del país.

De manera paralela, se adelantan esfuerzos dirigidos a ilustrar y actualizar en materia de legislación, regulación, fuentes de financiación y normativas ambientales para el uso racional de energía.

Al igual que la socialización de proyectos que se van consolidando en el territorio nacional, tales esfuerzos han sido el trabajo conjunto de entidades como el UPME, Unidad de Planeación Minero Energética, el Ministerio de Minas y Energía, y la ANDI, Asociación Nacional de Industriales.

En el PEN, Plan Energético Nacional, se manifiesta la estrategia energética integral que se pretende desarrollar en el país hasta el año 2020. Dentro de este plan se establece al URE como un elemento esencial en todos los objetivos.

La eficiencia energética se constituye en un tema estratégico en la política energética nacional debido a la incertidumbre en el abastecimiento de energía en los próximos años por la disminución en la producción de petróleo y el poco éxito en el descubrimiento de nuevos yacimientos.¹¹

¹¹ PRÍAS, Omar. *Escenarios energéticos del país. Colciencias. Colombia*

METODOLOGÍA PARA EL USO RACIONAL Y EFICIENTE DE LA ENERGÍA DESDE EL ENFOQUE EXERGÉTICO EN INDUSTRIA CAUCHOS RECORD LTDA.

ANEXO A. Conceptos generales sobre el uso racional y eficiente de la energía.

Dado que el URE se constituye en una medida efectiva para propiciar el crecimiento económico, el desarrollo social y por tanto el bienestar nacional, contribuyendo a la sostenibilidad del desarrollo colombiano, el Congreso Nacional mediante la expedición de la Ley 697 lo declaró como asunto de interés social, público y de conveniencia nacional. Con la promulgación de esta Ley se sentaron las bases jurídicas necesarias para que el Estado pueda organizar, fomentar e impulsar el criterio URE y promover la utilización de las energías alternativas de manera efectiva en Colombia.

Según la Ley URE, 697 de 2 001, URE, uso racional y eficiente de la energía, se define como el aprovechamiento óptimo de la energía en todas y cada una de las cadenas energéticas, desde la selección de la fuente energética, su producción, transformación, transporte, distribución, y consumo incluyendo su reutilización cuando sea posible, buscando en todas y cada una de las actividades, de la cadena el desarrollo sostenible.

CALIDAD DE LA ENERGÍA

La energía existe en diferentes formas, como la cinética, la potencial, la química, la térmica, la eléctrica, entre otras. Cada forma de energía presenta un nivel de pureza determinado, que se encuentra en función de la capacidad en transformarse en otra forma de energía, produciendo trabajo útil.

A continuación se expone cómo la definición de energía, capacidad de producir trabajo, se encuentra equivocada, pues dependiendo de su forma sólo parte de ésta tendrá tal capacidad. Para esto se introduce un término poco conocido, la exergía, que permite apreciar de una manera adecuada el rendimiento y la eficiencia de un sistema o equipo con respecto al uso de la energía.

Energía o exergía

Como ley fundamental de la naturaleza la energía y la materia no pueden crearse o destruirse ni producirse o consumirse. No hay fuentes de energía o materia. La energía y la materia solo pueden transformarse en formas diferentes.¹²

12 WALL, Göran, *Exergy Ecology Democracy. Documents to download in PDF format, Exergetics [en línea]. 1998, disponible en Internet: <URL: <http://www.exergy.se/>>.*

METODOLOGÍA PARA EL USO RACIONAL Y EFICIENTE DE LA ENERGÍA DESDE EL ENFOQUE EXERGÉTICO EN INDUSTRIA CAUCHOS RECORD LTDA.

ANEXO A. Conceptos generales sobre el uso racional y eficiente de la energía.

La definición de capacidad de producir trabajo se tiene como la más común en enciclopedias y diccionarios sobre la palabra energía. Este concepto se asemeja más a lo que significa exergía. De hecho, la exergía se tiene como lo usualmente entendido por energía.

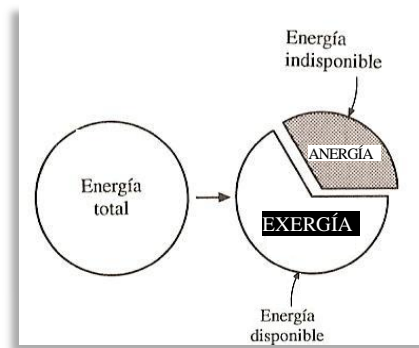


Figura A1. Energía, exergía y anergía.

En la figura A1 se relaciona el concepto de energía y exergía. La energía total disponible se conforma por dos tipos de energía. Energía disponible, exergía, que puede producir trabajo, y la energía indisponible ó anergía, energía no útil para ningún efecto. A mayor exergía contenga la energía total disponible mayor calidad posee. En caso contrario, a mayor anergía menor calidad.

El concepto de exergía no es nuevo, como se pudiese llegar a creer por el gran número de publicaciones alusivas al tema en los últimos años, solo fue olvidado por mucho tiempo. La razón de su resurgimiento se debe al creciente interés por la eficiencia energética.

El profesor esloveno, Zoran Rant, primero en usar el término “exergía” en 1953, la definió como el máximo trabajo que se puede extraer de la energía. Por esto se consume exergía y no energía.¹³

La exergía fue llamada inicialmente “disponibilidad”. Tiempo después el uso de tal palabra produjo algunos inconvenientes, uno de ellos se asocia al orden semántico, que generó confusión.¹⁴

La exergía se define como la medida cuantitativa de la máxima cantidad de trabajo que puede obtenerse de un desequilibrio (termodinámico, químico, cinético, potencial, etc.) entre un sistema físico y el ambiente que lo rodea, o entorno. Por eso no se concibe como una propiedad, pues depende de un desequilibrio, caso contrario de la energía.

¹³ SCOTT, David Sanborn. Exergy. *Internacional Journal of Hydrogen Energy*. Documento descargado en formato PDF. 2003. 7 p. Disponible en Internet: <URL: <http://www.sciencedirect.com>>.

¹⁴ *Ibidem* 13

METODOLOGÍA PARA EL USO RACIONAL Y EFICIENTE DE LA ENERGÍA DESDE EL ENFOQUE EXERGÉTICO EN INDUSTRIA CAUCHOS RECORD LTDA.

ANEXO A. Conceptos generales sobre el uso racional y eficiente de la energía.

La exergía determina de forma cuantitativa el valor termodinámico de cualquier recurso y permite analizar con rigor el desperdicio de los recursos en las actividades de un proceso, estableciendo pautas cuantitativas para su ahorro y uso eficiente.¹⁵

Como relaciones entre el método exergético y los principios de la termodinámica, se establecen las siguientes proposiciones:¹⁶

- En todo proceso reversible, la exergía se conserva.
- Todo proceso irreversible, real, implica pérdida de exergía, o, su transformación en anergía.
- Un proceso se hace tanto más irreversible, cuánto más exergía transforme en anergía.
- Es imposible la conversión de anergía a exergía.

Para un sistema termodinámico cualquiera, los cambios energéticos totales, para una transformación dada, se determinan aplicando el Primer Principio de la Termodinámica, con las ecuaciones correspondientes.

Para cada estado se determinan las variables presión (P), volumen (V), temperatura (T), y masa (m), y propiedades o funciones de estado del sistema, energía interna (U), entalpía (H), volumen específico (v), y entropía (S). Para el estudio de las transformaciones se ha de tener buena cuenta del estudio de las funciones de proceso calor (Q), trabajo (W) e irreversibilidades (I).

Siendo (I) la irreversibilidad o cantidad de trabajo perdido (anergía), y T_0 la temperatura del estado muerto o estado de referencia, se tiene que al aplicar la ecuación del Segundo Principio de la Termodinámica se indica un incremento en la entropía,

$$I = T_0 * \Delta S_{generada} \quad (A1)$$

El concepto de exergía replantea la interpretación del URE. La perspectiva de análisis ahora cambia porque el manejo de los recursos energéticos debe regirse desde lo exergético y no desde lo energético, se debe buscar un URE con enfoque exergético.

15 RODRÍGUEZ MARULANDA, María Cecilia. Exergía: Una oportunidad para el desarrollo tecnológico, [en línea]. Medellín (Colombia). Revista CINTEX-Tecnológico Pascual Bravo Vol. 1. No 10 de dic/marzo 2003/2004. ISSN 0122-350X.
16 *Ibidem* 12

METODOLOGÍA PARA EL USO RACIONAL Y EFICIENTE DE LA ENERGÍA DESDE EL ENFOQUE EXERGÉTICO EN INDUSTRIA CAUCHOS RECORD LTDA.

ANEXO A. Conceptos generales sobre el uso racional y eficiente de la energía.

Para trabajar tal enfoque no basta una simple aclaración etimológica, se requiere fijar precisiones y criterios elementales, desde los mismos principios termodinámicos, que permitan realizar análisis en sistemas productivos y soporten a una gestión energética con enfoque exergético. Tales precisiones se han gestado a través de lo que se conoce como el análisis exergético y la termoeconomía.

Análisis exergético

El análisis exergético se concibe como una *nueva herramienta* para administrar los recursos energéticos, evaluar y diagnosticar el consumo y uso de la energía, que indica cómo, dónde y cuánto equivale el consumo de energía.¹⁷

El conocimiento de la situación energética básica de los diferentes equipos y operaciones básicas, análisis energético, se realiza mediante una auditoria energética.

La causa real de que haya pérdidas energéticas se debe a las irreversibilidades de los procesos de transformación energética. Los procesos que conllevan consumos innecesarios de calor, los elevados saltos térmicos, las faltas de lubricación, así como los procesos de mezcla, incluidos los de polución, se presentan como las causas reales más frecuentes de la pérdida de rendimiento.¹⁸

El análisis exergético de cada uno de los procesos que componen una instalación permite valorar su contribución a la pérdida global de rendimiento de la instalación, por pérdidas separadas.

Todo el despilfarro de exergía que hay en una instalación, representa todo el ahorro de energía (exergía) que puede obtenerse. Pero no todo el ahorro de energía termodinámicamente posible puede ahorrarse técnicamente. En efecto, los sistemas tienen una realidad física que impone unas condiciones al diseño de los aparatos, de tal modo que estas irreversibilidades intrínsecas al diseño no pueden considerarse como posibilidades de ahorro. Tal claridad no se debe tomar como una objeción al análisis exergético si no como un aporte a su definición.¹⁹

¹⁷ *Ibidem* 9

¹⁸ VALERO CAMPILLA, Antonio. *Bases termoeconómicas del ahorro*. Zaragoza. Universidad de Zaragoza. Documento descargado en formato PDF. 1982. 22 p. Disponible en Internet: <URL: <http://www.teide.cps.unizar.es/>>.

¹⁹ *Ibidem* 18

METODOLOGÍA PARA EL USO RACIONAL Y EFICIENTE DE LA ENERGÍA DESDE EL ENFOQUE EXERGÉTICO EN INDUSTRIA CAUCHOS RECORD LTDA.

ANEXO A. Conceptos generales sobre el uso racional y eficiente de la energía.

El análisis exergético da el máximo ahorro de energía posible termodinámicamente en las condiciones reales de la instalación, y en cada uno de los aparatos que componen la misma. Pudiéndose comparar el balance exergético de la instalación en funcionamiento real respecto del balance en condiciones de diseño de la planta, con cuyo análisis, por pérdidas separadas, se podría obtener el ahorro técnicamente posible en dicha instalación. En otras palabras,

$$\text{Ahorro técnico posible} = \frac{\text{Ahorro termodinámico posible para la instalación real}}{\text{Ahorro termodinámico posible para la instalación en condiciones de diseño}}$$

Un sistema técnico se puede catalogar como eficiente energéticamente no sólo porque consuma poca cantidad de energía, sino porque utilice la energía de la calidad necesaria y no destruya innecesariamente exergía de una corriente energética dada, incrementando la contaminación ambiental y elevando sus costos energéticos.

La filosofía exergética

El término filosofía exergética, para efectos de este trabajo, se menciona como un planteamiento particular, a nivel introductorio, como un posible campo de desarrollo y estudio.

La exergía se denomina disponibilidad, energía en realidad disponible para producir trabajo. La filosofía exergética se concibe en un espacio, denominado sistema, y se enfoca en los elementos identificados del mismo.

La filosofía exergética puede palpase desde el concepto de disponibilidad, potencialidad o capacidad de un recurso para utilizarse en algún proceso, en el marco de un sistema, caracterizado por entradas y salidas. Al tomarse la idea de disponibilidad, se busca determinar cual puede ser la potencialidad del recurso o elemento identificado y la forma en como puede afectar al sistema.

En un sistema de producción, por ejemplo, pueden establecerse como entradas la energía, el tiempo, el mercado, la vida útil, el capital, la capacidad de producción, el talento humano, variables económicas, financieras, gerenciales, físicas, etc., siendo posible plantearlos todos en función de su disponibilidad e interacción.

METODOLOGÍA PARA EL USO RACIONAL Y EFICIENTE DE LA ENERGÍA DESDE EL ENFOQUE EXERGÉTICO EN INDUSTRIA CAUCHOS RECORD LTDA.

ANEXO A. Conceptos generales sobre el uso racional y eficiente de la energía.

Tal consideración implica un pensamiento de análisis que cobijaría de forma sistemática cualquier suceso empresarial y social, una visión compleja de múltiples elementos con sus diversas interrelaciones. Para el desarrollo del presente trabajo se basa estrictamente en la disponibilidad de las variables físicas y termodinámicas, presentes en los componentes de los procesos.

Los sistemas se pueden plantear como modelos para ver la influencia e interacción de las variables y los parámetros más importantes en el proceso y en las salidas generadas. Desde el pensamiento exergético se podrían incluir variables y parámetros distintos a los físicos. Lo cual puede darse como un caso interesante de estudio, supuesto que implica una mayor complejidad, un análisis más profundo, pero más real. Pues propende por la unicidad e integración total de todos los factores que puedan interactuar sobre un evento o proceso.

Termoeconomía

La Termoeconomía tiene como objeto sentar las bases teóricas para una ciencia del ahorro de energía, buscando criterios generales que permitan evaluar la eficacia de los procesos y el costo de sus productos, en sistemas con un consumo intensivo de energía.²⁰ Contabiliza el costo de esos recursos consumidos del proceso en términos de energía y dinero. El costo en términos de energía sirve para saber las ineficiencias de los distintos equipos y/o procesos, y sirve para encontrar como pueden reducirse para generar un ahorro.²¹

El costo económico expresa el efecto económico de dichas ineficiencias, y se usa para aumentar la efectividad de los procesos de producción.

Análisis termoeconómico

El análisis termoeconómico combina la Primera y Segunda Ley de la Termodinámica con datos económicos e introduce conceptos nuevos como *Fuel y Producto, estructura productiva, ahorro exergético, costo de irreversibilidades, consumo adicional de fuel, malfunción, etc.*

20 TORRES CUADRA, César. *Exergoeconomía Simbólica*. Tesis Doctoral. Universidad de Zaragoza. Documento descargado en formato PDF. 1991. 218 p. Disponible en Internet: <URL: <http://www.teide.cps.unizar.es>>.

21 UCHE MARCUELLO, Francisco Javier. *Análisis termoeconómico y simulación de una planta combinada de producción de agua y energía*. Tesis Doctoral. Universidad de Zaragoza. Documento descargado en formato PDF. 2000. 332 p. Disponible en Internet: <URL: <http://www.teide.cps.unizar.es>>.

El análisis termoeconómico combina el análisis termodinámico y el económico aplicando el concepto del costo (originariamente una propiedad económica) a la exergía (un concepto termodinámico).²²

La mayoría de los expertos en esta materia concuerdan en que la exergía se puede definir como el concepto termodinámico más adecuado para asociarla al costo, ya que contiene información de la Segunda Ley de la Termodinámica y tiene en cuenta la calidad de la energía.²³

Métodos termoeconómicos

Los métodos termoeconómicos pueden subdividirse en dos categorías (Tsatsaronis, 1987): los basados en la asignación de costos (por ejemplo la Teoría del Coste Exergético, Valero, 1989; la Aproximación del Coste Medio, Bejan et al., 1997; entre otros), y los basados en técnicas de optimización (por ejemplo el Análisis Termoeconómico Funcional, Frangopoulos, 1987; Análisis Funcional Ingenieril, Von Spakovsky y Evans, 1993; Aproximación Inteligente Funcional, Frangopoulos, 1990).

Los métodos de asignación de costos permiten saber el costo real de los productos, por lo que se presentan como una base racional para ponerles un precio; mientras que los de optimización se usan para conseguir las óptimas condiciones de diseño u operación.

Desafortunadamente, hay tantas nomenclaturas como métodos, creando confusión y dificultades para compararlos, impidiendo el desarrollo global de la disciplina (Tsatsaronis, 1994). La teoría estructural de la termoeconomía (Valero, Serra y Torres, 1992; Valero, Serra y Lozano, 1993) proporciona una formulación matemática general y sistemática con un modelo lineal que vale para todas las metodologías.

Todas las metodologías usan la exergía para repartir los costos, incluso cuando uno o varios subproductos se generan, y sus resultados pueden ser reproducidos fielmente por la Teoría Estructural (Erlach, 1998; Erlach, Serra y Valero, 1999).

²² *Ibidem* 21

²³ *Ibidem* 21

**METODOLOGÍA PARA EL USO RACIONAL Y EFICIENTE DE LA ENERGÍA DESDE EL ENFOQUE EXERGÉTICO
EN INDUSTRIA CAUCHOS RECORD LTDA.**

ANEXO A. Conceptos generales sobre el uso racional y eficiente de la energía.

La mayor aplicabilidad de la exergía y la termoeconomía hasta ahora se relaciona con el campo de los sistemas térmicos, calderas y centrales de generación térmica, caracterizados por flujos continuos, lo que implica un desarrollo matemático específico. También se manifiestan otras aplicaciones en el área química.

Pero difícilmente se aprecian aplicaciones en otros campos, aunque se han hecho de forma muy puntual. La termoeconomía se encuentra en desarrollo y en evolución, y su validez como disciplina dependerá de su aplicabilidad a diversos sistemas.

ANEXO B. INDUSTRIA CAUCHOS RECORD LTDA

Somos el soporte del transporte que mueve el desarrollo del país



Objeto Social. Esta empresa manufacturera tiene por objeto social brindarle a la comunidad, pero en especial a todos aquellos propietarios de automóviles y vehículos de carga pesada, autopartes que combinan calidad, buen precio y una propuesta de valor para el cliente.

Misión. Industrias de cauchos record es una empresa privada, dedicada a la fabricación de soportes en caucho- metal para toda clase de vehículos y la industria en general, con objetivos claros y en función de nuestro mercado, siempre bajo los más estrictos principios éticos y legales.

Visión. Industria de cauchos record Ltda., Será una empresa con crecimiento sostenido, comprometidos especialmente en un mejoramiento continuo en sus procesos productivos para seguir ofreciendo sus productos con valor agregado.

Localización.

Calle 23 # 13 - 33 / 35

Tels, (57) 7 6421595 6300977 6334677

Fax: 6332089 A.A. 2804

Bucaramanga - Colombia - Sur América.

METODOLOGÍA PARA EL USO RACIONAL Y EFICIENTE DE LA ENERGÍA DESDE EL ENFOQUE EXERGÉTICO EN INDUSTRIA CAUCHOS RECORD LTDA.

ANEXO B. *Industria Cauchos Record Ltda*

Industrias de Cauchos Record atendiendo a la necesidad de hacer de los pedidos de sus clientes procesos mas ágiles y económicos brinda la posibilidad de hacerlo a través de su página en Internet (www.cauchosrecord.com), ofreciendo confiabilidad y puntualidad.

Mercados que atiende. Actualmente la empresa abarca ciudades como Barranquilla, Cali, Cúcuta, Bogota, Medellín, Pereira, Ibagué, Manizales, Tunja y otras ciudades intermedias, brindando a sus clientes los mejores productos en cuanto a autopartes de caucho existentes en el país se refiere.

Estructura organizacional. Cauchos Record cuenta con una nómina de 22 empleados distribuidos en labores administrativas y de producción así:

- *Personal Administrativo (6 Personas):* Gerente; Subgerente, Director comercial, Secretaria, Auxiliar contable, Auxiliar de bodega.
- *Personal de Producción (16 personas):* 6 Torneros, 6 Vulcanizadores, un Troquelador, un Matricero, un Mecánico de mantenimiento y un Operario de servicios varios.
- Hacen parte del departamento Staff un contador y un revisor fiscal, e indirectamente están vinculados con la empresa 6 vendedores distribuidos en todo el territorio nacional.

Procesos de producción. Los productos fabricados son de dos tipos: caucho 100 % y acero – caucho, lo cual sumado a la variedad de productos, que sobrepasan los 000, indica que no existe un único flujo o diagrama que pueda describir el proceso productivo al interior de la planta. A continuación se mencionan los procesos más relevantes que se practican:

- **Torneado:** Se aplica a tubos macizos o huecos, o barras cilíndricas de acero. Allí se efectúan cortes, desbastados, avellanados, perforaciones y grafilados sobre los componentes de un repuesto.
- **Troquelado:** Se hace a tramos de lámina de hierro. Consiste en efectuar diferentes operaciones de manera secuencial para darle a esos tramos unas normas definidas a través de cortes, perforaciones, embutidos y doblados.
- **Tamboreado:** Consiste en llevar los tramos de lámina (con su forma definida) a un tambor el cual se llena con rusque de palo para que con movimientos circulares ayude a eliminar las asperezas de las mismas.

METODOLOGÍA PARA EL USO RACIONAL Y EFICIENTE DE LA ENERGÍA DESDE EL ENFOQUE EXERGÉTICO EN INDUSTRIA CAUCHOS RECORD LTDA.

ANEXO B. Industria Cauchos Record Ltda

- Desengrase: Cuando los tramos de lámina y los tubos salen de troquelado y torneado vienen impregnados de grasa y aceite y se someten a un proceso de limpieza con un tratamiento para metales y agua a altas temperaturas.
- Oxidado y decapado: Se llevan a cabo con agua y ácido clorhídrico, para brindarle a las piezas una mejor resistencia al desgaste. En la oxidación la proporción de agua y ácido es de 90% y 10%. Mientras que en el decapado la proporción se intercambia, para atacar la pieza y así el fósforo se impregne.
- Fosforado: Como la gran mayoría de los repuestos fabricados tienen componentes metálicos se hace necesario someterlos a un proceso que retarde la oxidación de los mismos a lo largo de su vida útil, este proceso consiste en dejar las piezas en agua y fosfato de Zinc pesado a altas temperaturas.
- Aplicación del pegante: Antes de llevar los componentes al proceso de vulcanizado es obligatorio aplicarles un pegante industrial especial para que el caucho, que es introducido en pedazos en los moldes, vulcanice correctamente.
- Pesaje y molienda del caucho: Este proceso consiste en mezclar correctamente en un molino los diferentes componentes para obtener la tira de caucho adecuada para el vulcanizado de cada repuesto.
- Templado: Algunas piezas requieren experimentar un tratamiento térmico para alcanzar las propiedades físicas requeridas.
- Vulcanizado: Último proceso de la línea de producción generalmente, se trata de introducir pedazos de caucho en los moldes para que las vulcanizadoras hagan que se adhieran a los repuestos.

Materia prima e inventarios. La materia prima consiste, casi en su totalidad, en acero, sea en varilla, tubo o tiras, y en insumos para fabricar el caucho (ver figura B1).



Figura B1. Insumos.

METODOLOGÍA PARA EL USO RACIONAL Y EFICIENTE DE LA ENERGÍA DESDE EL ENFOQUE EXERGÉTICO EN INDUSTRIA CAUCHOS RECORD LTDA.

ANEXO B. Industria Cauchos Record Ltda

Como ya se mencionó, la producción de la empresa funciona bajo pedido y con ello el requerimiento de materiales. Se tiene un stock de seguridad para dos semanas en promedio, los pedidos se realizan de forma mensual.

Existen repuestos que se conforman por una o dos piezas de acero, que se dejan almacenadas, listas para efectuar el vulcanizado. Este inventario en proceso hace referencia a los repuestos de menor producción.

Los repuestos terminados se colocan en el almacén, aunque la mayoría de las ventas se realizan bajo pedido, existen una pequeña cantidad que se vende directamente en el almacén.

Los niveles de estos inventarios, proceso y producto terminado, se manejan por la cantidad de existencias y los pedidos realizados, en otras palabras, el encargado de la bodega y el encargado del almacén, teniendo conocimiento de los pedidos determina las cantidades que deben fabricarse.

Mantenimiento de la maquinaria. Los motores de los equipos reciben mantenimiento una vez al año, o cuando presentan alguna avería. Este mantenimiento consiste en limpieza interna, de bornes y engrase del acople del rotor. De ninguna forma se realiza un mantenimiento técnico desde el punto de vista eléctrico, en que se revise las señales de tensión y corriente, el factor de potencia, la velocidad y la distorsión armónica.

Los componentes de transmisión, como la caja Norton en el Torno, el reductor de velocidad en el Molino y la Troqueladora, reciben como mantenimiento solamente la lubricación de engranes, poleas y ejes. Los elementos trabajo en cada equipo, como buriles, esmeriles, troqueles, etc., se encuentran a cargo del operario que maniobra la máquina, y tiene como responsabilidad su mantenimiento.

El mantenimiento se realiza en la empresa con supervisión de personal externo. No existen registros de éstos, solo comprobantes de pago al personal externo y facturas por las piezas requeridas. El historial de cada equipo es tanto como los operarios y el técnico contratado tengan conocimiento.

**METODOLOGÍA PARA EL USO RACIONAL Y EFICIENTE DE LA ENERGÍA DESDE EL ENFOQUE EXERGÉTICO
EN INDUSTRIA CAUCHOS RECORD LTDA.**

ANEXO B. Industria Cauchos Record Ltda

Horario de trabajo. Se trabaja de lunes a sábado, dependiendo del área de trabajo se tienen diferentes horarios y turnos (ver tabla B1).

Tabla B1. Horario de trabajo por puesto de trabajo.

Puesto de trabajo	Lunes a Viernes	Sábados
Torno revólver neumático	Turno 1: 6:00am a 2:00pm Turno 2: 2:00pm a 10:00pm	8am a 12:00pm
Torno revólver pequeño	Turno 1: 6:00am a 2:00pm Turno 2: 2:00pm a 10:00pm	8am a 12:00pm
Torno paralelo	Turno 1: 6:00am a 2:00pm Turno 2: 2:00pm a 10:00pm	8am a 12:00pm
Torno Jumbo	Turno 1: 6:00am a 2:00pm Turno 2: 2:00pm a 10:00pm	8am a 12:00pm
Troqueladora A	7:00am a 5:00pm	No se trabaja
Troqueladora B	Uso esporádico	No se trabaja
Molino	7:00am a 4:00pm	No se trabaja
Tanques de tratamientos químicos	7:00am a 5:00pm	No se trabaja
<i>Sistema de vulcanizado</i>		
Generador de aceite caliente	3:00am a 4:00pm	No se trabaja
Sistema hidráulico	7:00am a 5:00pm	No se trabaja
Planchas de vulcanizado	7:00am a 5:00pm	No se trabaja
Torno CNC	7:00am a 5:00pm	No se trabaja
Cortadora	Uso esporádico	No se trabaja
Tambor	Uso esporádico	No se trabaja

ANEXO C. LISTA DE CHEQUEO

A continuación se presenta la lista de chequeo empleada para solicitar información.

INFORMACIÓN REQUERIDA	SI	NO	OBSERVACIONES
1. Estructura organizacional	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____
2. Clientes	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____
3. Proveedores	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____
4. Índices de productividad	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____
5. Políticas de manejo energético	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____
6. Planos de las instalaciones	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____
7. Recibos de consumo energético	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____
8. Diagramas de operaciones	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____
9. Catálogos, cantidades y frecuencia de producción	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____
10. Inventarios de la maquinaria	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____
11. Estudio de tiempo de los procesos	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____
12. Políticas de mantenimiento de los equipos	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____
13. Gestión de la calidad	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____
14. Manejo de materiales	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____
15. Políticas de inventarios	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____
16. Horario de trabajo	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____
17. Programación de la producción	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____
18. Información técnica de los equipos	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____
19. Trabajos relacionados con el manejo de la energía	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____

Estructura organizacional. Permite conocer el funcionamiento administrativo, indispensable para la adhesión del programa URE a la empresa.

Clientes y proveedores. Con ello se determina el tipo de mercado existente, las especificaciones de los productos y los precios.

Índices de productividad. Muestran los parámetros de medida y los criterios de evaluación de la producción, con respecto, entre otros, a los insumos del proceso productivo. Los índices relacionados con los costos del proceso se tienen como prioridad de mejora en el programa URE.

Políticas de manejo energético. Manifiestan los esfuerzos directivos por realizar un manejo eficiente de la energía, a la par de reflejar su nivel de conciencia de la problemática energética.

Planos de las instalaciones. Brindan el conocimiento civil y eléctrico de las instalaciones, información necesaria para el diagnóstico técnico del dimensionamiento de la planta, físico y energético.

Recibos de consumo energético. Indican el consumo histórico y se cuantifica el costo de los servicios energéticos.

Diagramas de operaciones. Muestra de manera practica y completa la información relacionada con la producción de un repuesto en particular y los equipos requeridos para su producción.

Catálogos, cantidades y frecuencia de producción. Con ello se visualizan los productos fabricados, su importancia dentro del global de la producción y periodicidad de sus operaciones concernientes en la planta de producción, información prioritaria para seleccionar los repuestos de estudio.

Inventario de la maquinaria. Ilustra sobre el tipo de equipos y cantidad de los mismos dentro de las instalaciones.

Estudio de tiempos. Indican la duración de las operaciones y de los elementos que la conforman, pues para cada elemento se tiene, en general, un consumo energético distinto, por lo que su distinción se convierte en prioritaria.

Políticas de mantenimiento de los equipos. Muestran la conciencia de la empresa por cuidar sus bienes, reflejando el estado actual de éstos. El mantenimiento de los equipos influye en su funcionamiento, y por ende, en su eficiencia.

Gestión de la calidad. Muestra el compromiso de la empresa por producir repuestos de calidad, en un ambiente propicio para desarrollar una mejora continua de cualquier iniciativa relacionada con su objeto social.

Horario de trabajo. Intensidad de empleo de la maquinaria, lo cual ayuda a establecer un cronograma de actividades en cada puesto de trabajo.

Programación de la producción. Indica el cronograma de operaciones en cada equipo de producción en función de los repuestos planeados a producir.

Información técnica de los equipos. Datos de diseño y funcionamiento necesarios para realizar un modelado que describa de manera más acertada el equipo en cuestión.

Trabajos relacionados con el manejo energético. Indica posibles cambios y mejoras de las instalaciones con relación a los energéticos utilizados.

ANEXO D. REPUESTOS SELECCIONADOS

Para los siguientes repuestos:

1. *Soporte Mediano Tandem*
2. *Complemento Soporte Delantero*
3. *Soporte Motor Bisón*
4. *Caucho Eje Cardán*
5. *Soporte Trailer Dite*
6. *Buje Muelle Delantero NPR*
7. *Soporte Trasero Motor*
8. *Soporte Izquierdo Motor*
9. *Kodiak*
10. *Buje Muelle Dodge*

Se presenta la siguiente información:

- *Características físicas.*
- *Diagrama de operaciones.*
- *Equipos que conforman el sistema de producción.*

INDUSTRIA CAUCHOS RECORD LTDA.



P SOPORTE MEDIANO TANDEM

ELABORADO POR: GERMÁN ALFONSO OSMA PINTO

REFERENCIA: 10 - QK - 368

Unidad de Masa: (g) gramo

FECHA: 05 DE ABRIL 2006

Unidad de Longitud: (mm) milímetro



INFORMACIÓN TÉCNICA

Caucho:	X	Masa:	1 120	
Acero:	X	1020	Masa:	550
TOTAL:			1 670	

Dimensiones: 125x105X85

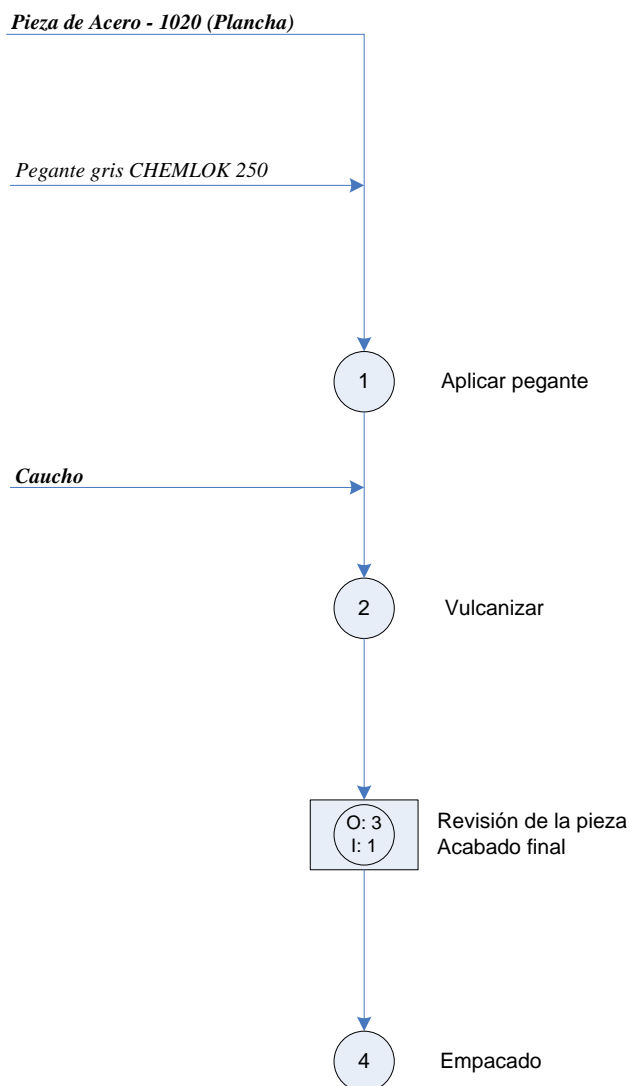
INDUSTRIA CAUCHOS RECORD LTDA.



DO SOPORTE MEDIANO TANDEM

DIAGRAMA DE OPERACIONES

REFERENCIA:	10 - QK - 368	RESUMEN	
ANALISTA:	GERMÁN ALFONSO OSMA PINTO	SIMBOLO OPERACIONES	CANTIDAD 4
FECHA:	05 DE ABRIL 2006	INSPECCIONES	1
MÉTODO:	ACTUAL	TOTAL	5



INDUSTRIA CAUCHOS RECORD LTDA.



EX SOPORTE MEDIANO TANDEM

INFORMACIÓN DEL PROCESO PARA LA REALIZACIÓN DE LOS MODELOS EXERGÉTICOS

REFERENCIA:	10 - QK - 368	RESUMEN	
ANALISTA:	GERMÁN ALFONSO OSMA PINTO	SIMBOLO OPERACIONES	CANTIDAD 4
FECHA:	05 DE ABRIL 2006	INSPECCIONES	1
MÉTODO:	ACTUAL	TOTAL	5

Nº	O	I	CONCEPTO	EQUIPO	PRESENTES						MODELOS EXERGÉTICOS				
					G	E	K	P	W	Q	SI	NO	MODELO		
1	X		Aplicar pegante	Tarea manual						X			X		-
2	X		Vulcanizar	Vulcanizadora				X	X	X		X			Prensa [X]
3	X		Acabado final	Tarea manual						X			X		-
1		X	Revisar pieza	Tarea manual						X			X		-
4	X		Ec	Tarea manual						X			X		-

Modelos exergéticos considerados para el estudio de la pieza:

UNO (1)

Número de partes: 1 (pieza exclusiva de caucho)

Nº	Partes	Insumo - MP	Operaciones requeridas	Descripción
1	CAUCHO	CAUCHO	Ver producción de caucho	Pieza totalmente en caucho.

INDUSTRIA CAUCHOS RECORD LTDA.



P COMPLEMENTO SOPORTE DELANTERO MOTOR

ELABORADO POR: GERMÁN ALFONSO OSMA PINTO

REFERENCIA: 12005 - 0002

Unidad de Masa: (g) gramo

FECHA: 03 DE ABRIL 2006

Unidad de Longitud: (mm) milímetro

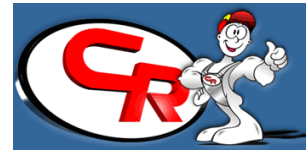


INFORMACIÓN TÉCNICA

Caucho:	X	Masa:	35	
Acero:	X	1020	Masa:	212
TOTAL:			247	

Dimensiones: 5,7x2,3x6,4

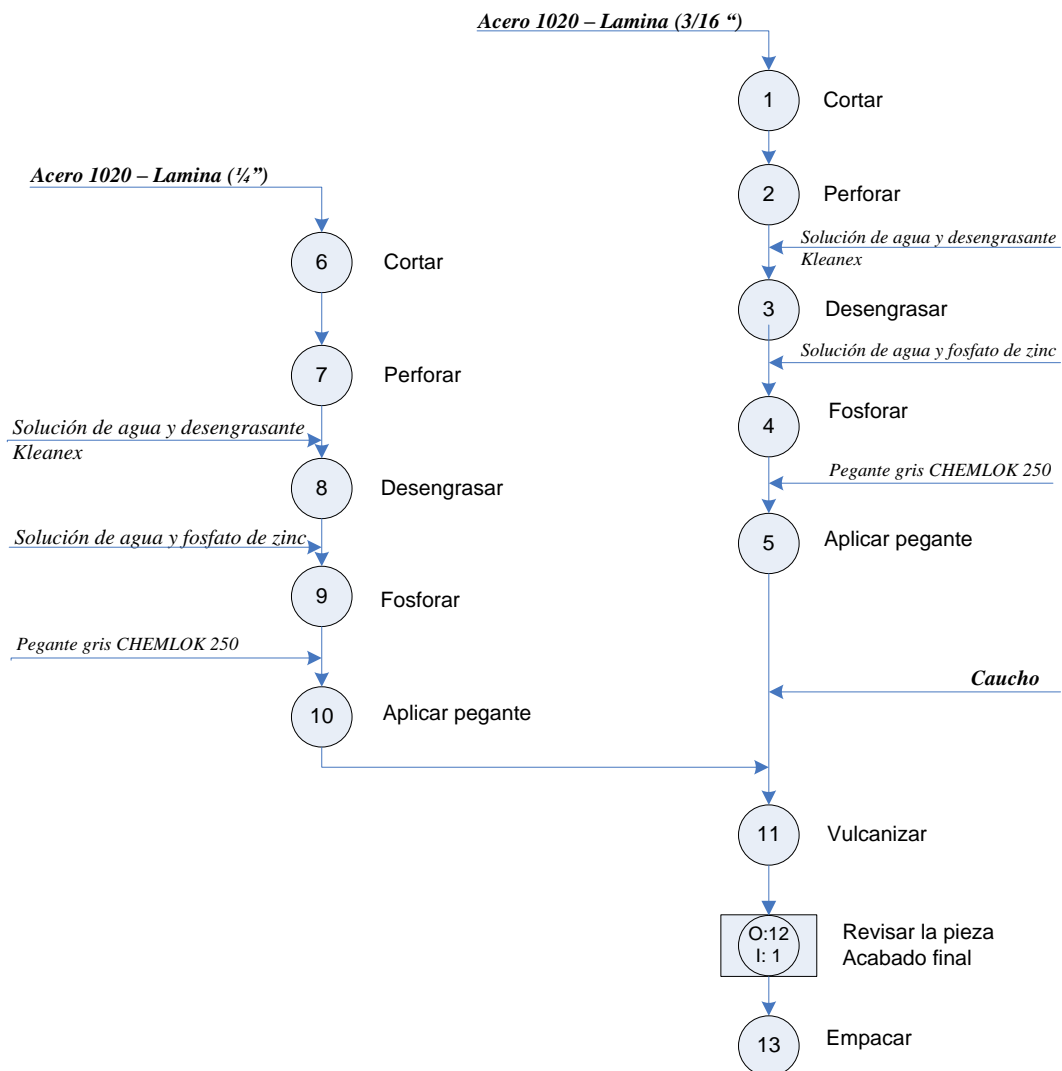
INDUSTRIA CAUCHOS RECORD LTDA.



DO COMPLEMENTO SOPORTE DELANTERO MOTOR

DIAGRAMA DE OPERACIONES

REFERENCIA:	12005 - 0002	RESUMEN	
ANALISTA:	GERMÁN ALFONSO OSMA PINTO	SIMBOLO OPERACIONES	CANTIDAD 13
FECHA:	03 DE ABRIL 2006	INSPECCIONES	1
MÉTODO:	ACTUAL	TOTAL	14



INDUSTRIA CAUCHOS RECORD LTDA.



EX SOPORTE MEDIANO TANDEM

INFORMACIÓN DEL PROCESO PARA LA REALIZACIÓN DE LOS MODELOS EXERGÉTICOS

REFERENCIA:	12005 – 0002	RESUMEN	
ANALISTA:	GERMÁN ALFONSO OSMA PINTO	SIMBOLO OPERACIONES	CANTIDAD 13
FECHA:	03 DE ABRIL 2006	INSPECCIONES	1
MÉTODO:	ACTUAL	TOTAL	14

Nº	O	I	CONCEPTO	EQUIPO	PRESENTES						MODELOS EXERGÉTICOS			
					G	E	K	P	W	Q	SI	NO	MODELO	
1	X		Cortar	Troqueladora 1		X	X	X	X	X	X			Troqueladora [X]
2	X		Perforar	Troqueladora 1		X	X	X	X	X	X			Troqueladora [X]
3	X		Desengrasar	Tanque de desengrase	X					X	X			Tanque [X]
4	X		Fosforar	Tanque de fosforado	X					X	X			Tanque [X]
5	X		Aplicar pegante	Tarea manual					X			X		-
6	X		Cortar	Troqueladora 1		X	X	X	X	X	X			Troqueladora [X]
7	X		Perforar	Troqueladora 1		X	X	X	X	X	X			Troqueladora [X]
8	X		Desengrasar	Tanque de desengrase	X					X	X			Tanque [X]
9	X		Fosforar	Tanque de fosforado	X					X	X			Tanque [X]
10	X		Aplicar pegante	Tarea manual					X			X		-
11	X		Vulcanizar	Vulcanizadora						X	X			Prensa [X]
12	X		Acabado final	Tarea manual					X			X		-
1		X	Revisar la pieza	Tarea manual					X			X		-
13	X		Empacar	Tarea manual					X			X		-

Modelos exergeticos considerados para el estudio de la pieza:

TRES (3)

Número de partes: 3 (pieza acero – caucho)

Nº	Partes	Insumo - MP	Operaciones requeridas	Descripción
1	DISCO 1	Lamina 3/16"	1, 2, 3, 4, 5	Disco perforado. PARTE PRINCIPAL.
2	DISCO 2	Lamina ¼ "	6, 7, 8, 9, 10	Disco perforado.
3	CAUCHO	CAUCHO	Ver producción de caucho	Material que une los discos.

INDUSTRIA CAUCHOS RECORD LTDA.



P SOPORTE MOTOR – Bisón

ELABORADO POR: GERMÁN ALFONSO OSMA PINTO

REFERENCIA: 702727

Unidad de Masa: (g) gramo

FECHA: 03 DE ABRIL 2006

Unidad de Longitud: (mm) milímetro

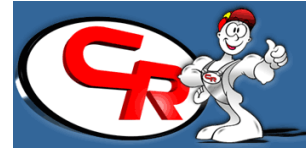


INFORMACIÓN TÉCNICA

Caucho:	X	Masa:	60	
Acero:	X	1020	Masa:	92
TOTAL:			152	

Dimensiones: 62x60x35

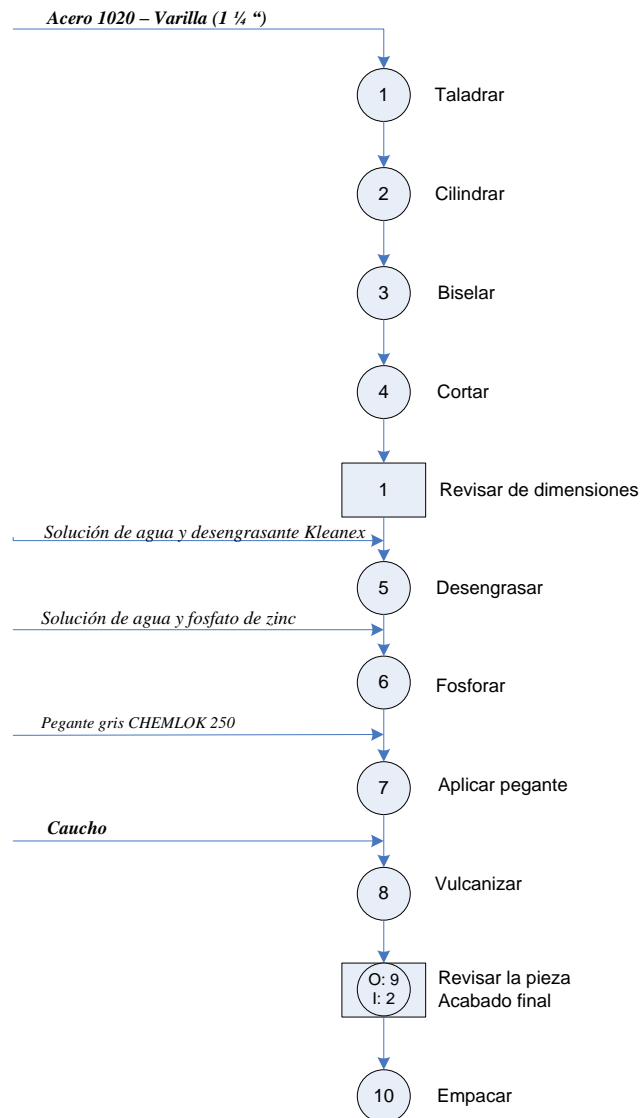
INDUSTRIA CAUCHOS RECORD LTDA.



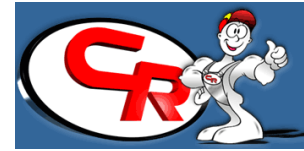
SOPORTE MOTOR – Bisón

DIAGRAMA DE OPERACIONES

REFERENCIA:	702727	RESUMEN	
ANALISTA:	GERMÁN ALFONSO OSMA PINTO	SIMBOLO OPERACIONES	CANTIDAD 10
FECHA:	03 DE ABRIL 2006	INSPECCIONES	2
MÉTODO:	ACTUAL	TOTAL	12



INDUSTRIA CAUCHOS RECORD LTDA.



EX SOPORTE MOTOR – Bisón

INFORMACIÓN DEL PROCESO PARA LA REALIZACIÓN DE LOS MODELOS EXERGÉTICOS

REFERENCIA:	702727	RESUMEN	
ANALISTA:	GERMÁN ALFONSO OSMA PINTO	SIMBOLO OPERACIONES	CANTIDAD 10
FECHA:	03 DE ABRIL 2006	INSPECCIONES	2
MÉTODO:	ACTUAL	TOTAL	12

Nº	O	I	CONCEPTO	EQUIPO	PRESENTES							MODELOS EXERGÉTICOS			
					G	E	K	P	W	Q	SI	NO	MODELO		
1	X		Taladrar	Torno revolver		X		X	X	X	X	X			Torno [X]
2	X		Cilindrar	Torno revolver		X		X	X	X	X	X			Torno [X]
3	X		Biselar	Torno revolver		X		X	X	X	X	X			Torno [X]
4	X		Cortar	Torno revolver		X		X	X	X	X	X			Torno [X]
1		X	Revisar	Tarea manual					X				X		-
5	X		Desengrasar	Tanque de desengrase	X						X	X			Tanque [X]
6	X		Fosforar	Tanque de fosforado	X						X	X			Tanque [X]
7	X		Aplicar pegante	Tarea manual					X				X		-
8	X		Vulcanizar	Vulcanizadora				X	X	X	X	X			Prensa [X]
9	X		Acabado final	Tarea manual					X				X		-
2		X	Revisar la pieza	Tarea manual					X				X		-
10	X		Empacar	Tarea manual					X				X		-

Modelos exergéticos considerados para el estudio de la pieza:

TRES (3)

Número de partes: 2 (pieza acero – caucho)

Nº	Partes	Insumo - MP	Operaciones requeridas	Descripción
1	CILINDRO	Varilla 1 1/4"	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7	Cilindro. PARTE PRINCIPAL.
2	CAUCHO	CAUCHO	Ver producción de caucho	Material alrededor del cilindro de acero.

INDUSTRIA CAUCHOS RECORD LTDA.



P CAUCHO EJE CARDÁN

ELABORADO POR: GERMÁN ALFONSO OSMA PINTO

REFERENCIA: 230749 - 1

Unidad de Masa: (g) gramo

FECHA: 03 DE ABRIL 2006

Unidad de Longitud: (mm) milímetro



INFORMACIÓN TÉCNICA

Caucho:	X	Masa:	400
Acero:	-	-	Masa: -
TOTAL:			400

Dimensiones: 16x16x6

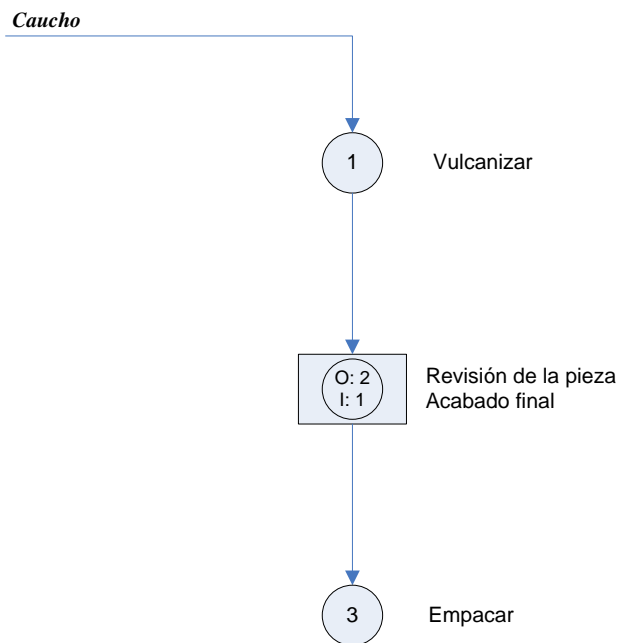
INDUSTRIA CAUCHOS RECORD LTDA.



DO CAUCHO EJE CARDÁN

DIAGRAMA DE OPERACIONES

REFERENCIA:	230749 - 1	RESUMEN	
ANALISTA:	GERMÁN ALFONSO OSMA PINTO	SIMBOLO OPERACIONES	CANTIDAD 3
FECHA:	03 DE ABRIL 2006	INSPECCIONES	1
MÉTODO:	ACTUAL	TOTAL	4



<h1 style="margin: 0;">INDUSTRIA CAUCHOS RECORD LTDA.</h1>	
--	---

EX CAUCHO EJE CARDÁN

INFORMACIÓN DEL PROCESO PARA LA REALIZACIÓN DE LOS MODELOS EXERGÉTICOS

REFERENCIA:	230749 - 1	RESUMEN	
ANALISTA:	GERMÁN ALFONSO OSMA PINTO	SÍMBOLO OPERACIONES	CANTIDAD
FECHA:	03 DE ABRIL 2006	INSPECCIONES	3
MÉTODO:	ACTUAL	TOTAL	1
			4

Nº	O	I	CONCEPTO	EQUIPO	PRESENTES							MODELOS EXERGÉTICOS		
					G	E	K	P	W	Q	SI	NO	MODELO	
1	X		Vulcanizar	Vulcanizadora				X	X	X		X		Prensa [X]
2	X		Acabado final	Tarea manual					X				X	-
1		X	Revisar pieza	Tarea manual					X				X	-
3	X		Empacar	Tarea manual					X				X	-

Modelos exergéticos considerados para el estudio de la pieza: UNO (1)

Número de partes: 1 (pieza exclusiva de caucho)

Nº	Partes	Insumo - MP	Operaciones requeridas	Descripción
1	CAUCHO	CAUCHO	Ver producción de caucho	Pieza totalmente en caucho.

INDUSTRIA CAUCHOS RECORD LTDA.



P SOPORTE TRAILER DITE

ELABORADO POR: GERMÁN ALFONSO OSMA PINTO

REFERENCIA: 40325

Unidad de Masa: (g) gramo

FECHA: 04 DE ABRIL 2006

Unidad de Longitud: (mm) milímetro

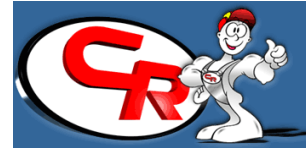


INFORMACIÓN TÉCNICA

Caucho:	X	Masa:	400
Acero:	-	-	Masa: -
TOTAL:			400

Dimensiones: 320x130x40

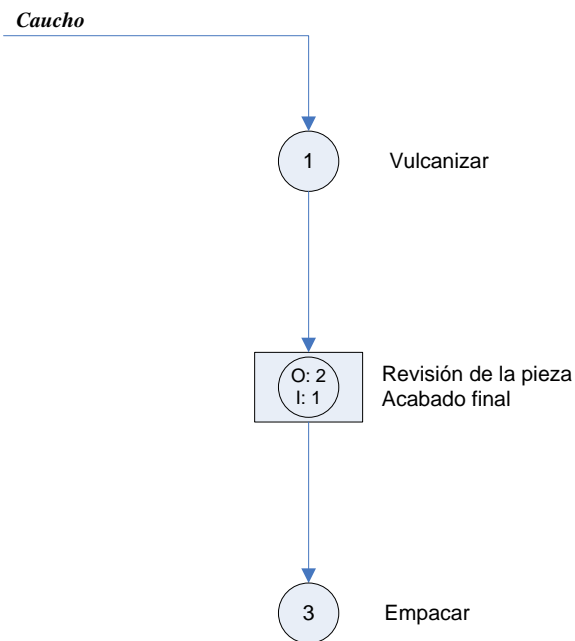
INDUSTRIA CAUCHOS RECORD LTDA.



DO SOPORTE TRAILER DITE

DIAGRAMA DE OPERACIONES

REFERENCIA:	40325	RESUMEN	
ANALISTA:	GERMÁN ALFONSO OSMA PINTO	SIMBOLO OPERACIONES	CANTIDAD 3
FECHA:	04 DE ABRIL 2006	INSPECCIONES	1
MÉTODO:	ACTUAL	TOTAL	4



INDUSTRIA CAUCHOS RECORD LTDA.



EX SOPORTE TRAILER DITE

INFORMACIÓN DEL PROCESO PARA LA REALIZACIÓN DE LOS MODELOS EXERGÉTICOS

REFERENCIA:	40325	RESUMEN	
ANALISTA:	GERMÁN ALFONSO OSMA PINTO	SIMBOLO OPERACIONES	CANTIDAD 3
FECHA:	03 DE ABRIL 2006	INSPECCIONES	1
MÉTODO:	ACTUAL	TOTAL	4

Nº	O	I	CONCEPTO	EQUIPO	PRESENTES						MODELOS EXERGÉTICOS			
					G	E	K	P	W	Q	SI	NO	MODELO	
1	X		Vulcanizar	Vulcanizadora				X	X	X	X			Prensa [X]
2	X		Acabado final	Tarea manual					X			X		-
1		X	Revisar pieza	Tarea manual					X			X		-
3	X		Empacar	Tarea manual					X			X		-

Modelos exergéticos considerados para el estudio de la pieza: UNO (1)

Número de partes: 1 (pieza exclusiva de caucho)

Nº	Partes	Insumo - MP	Operaciones requeridas	Descripción
1	CAUCHO	CAUCHO	Ver producción de caucho	Pieza totalmente en caucho.

INDUSTRIA CAUCHOS RECORD LTDA.



P BUJE MUELLE DELANTERO - NPR

ELABORADO POR: GERMÁN ALFONSO OSMA PINTO

REFERENCIA: RB - 413

Unidad de Masa: (g) gramo

FECHA: 03 DE ABRIL 2006

Unidad de Longitud: (mm) milímetro

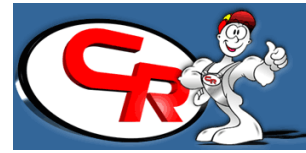


INFORMACIÓN TÉCNICA

Caucho:	X	Masa:	55	
Acero:	X	1045	Masa:	210
TOTAL:			265	

Dimensiones: 85x45x45

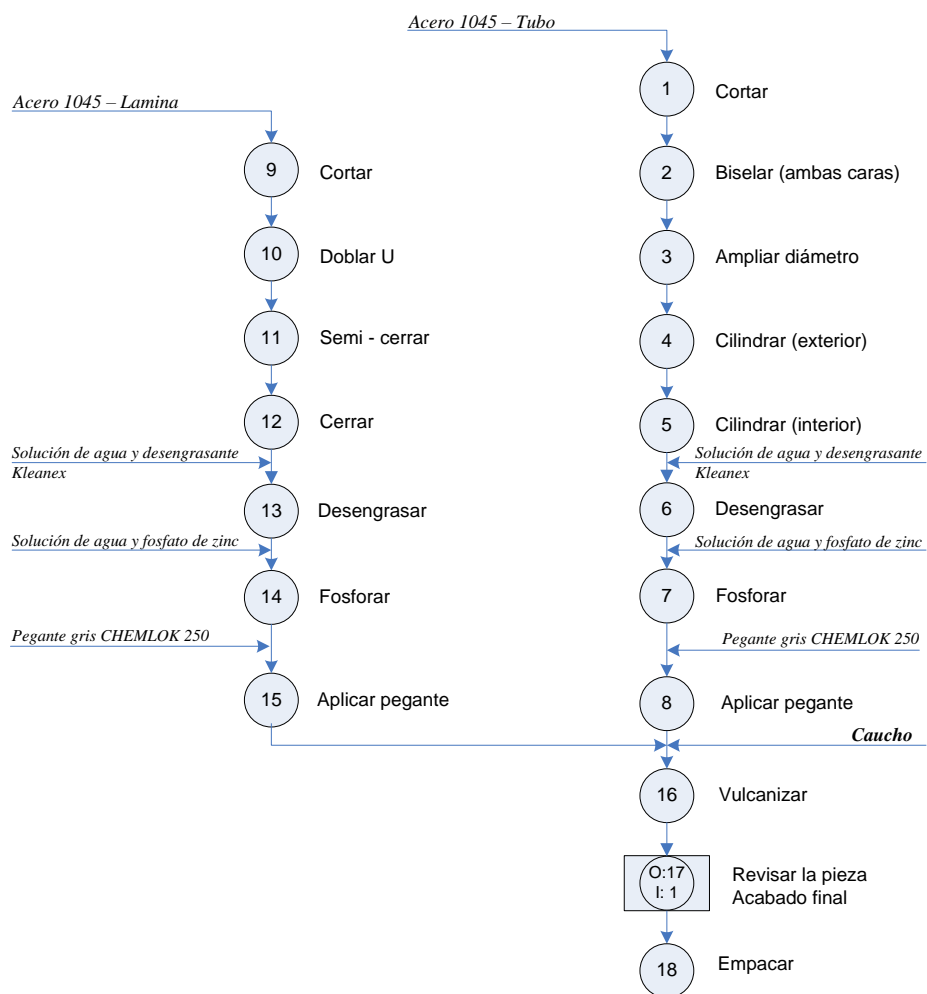
INDUSTRIA CAUCHOS RECORD LTDA.



DO BUJE MUELLE DELANTERO – NPR

DIAGRAMA DE OPERACIONES

REFERENCIA:	RB - 413	RESUMEN	
ANALISTA:	GERMÁN ALFONSO OSMA PINTO	SIMBOLO OPERACIONES	CANTIDAD 18
FECHA:	05 DE ABRIL 2006	INSPECCIONES	1
MÉTODO:	ACTUAL	TOTAL	19



INDUSTRIA CAUCHOS RECORD LTDA.



EX BUJE MUELLE DELANTERO – NPR

INFORMACIÓN DEL PROCESO PARA LA REALIZACIÓN DE LOS MODELOS EXERGÉTICOS

REFERENCIA:	RB - 413	RESUMEN	
ANALISTA:	GERMÁN ALFONSO OSMA PINTO	SIMBOLO OPERACIONES	CANTIDAD 18
FECHA:	05 DE ABRIL 2006	INSPECCIONES	1
MÉTODO:	ACTUAL	TOTAL	19

Nº	O	I	CONCEPTO	EQUIPO	PRESENTES						MODELOS EXERGÉTICOS			
					G	E	K	P	W	Q	SI	NO	MODELO	
1	X		Cortar	Torno		X		X	X	X	X	X		Torno []
2	X		Biselar	Torno		X		X	X	X	X	X		Torno []
3	X		Ampliar diámetro	Troqueladora 2		X	X	X	X	X	X	X		Troqueladora []
4	X		Cilindrar	Torno		X		X	X	X	X	X		Torno []
5	X		Cilindrar	Torno		X		X	X	X	X	X		Torno []
6	X		Desengrasar	Tanque de desengrase	X						X	X		Tanque []
7	X		Fosforar	Tanque de fosforado	X						X	X		Tanque []
8	X		Aplicar pegante	Tarea manual					X			X		-
9	X		Cortar	Troqueladora 1		X	X	X	X	X	X	X		Troqueladora []
10	X		Doblar en U	Troqueladora 1		X	X	X	X	X	X	X		Troqueladora []
11	X		Semi – cerrar	Troqueladora 1		X	X	X	X	X	X	X		Troqueladora []
12	X		Cerrar	Troqueladora 1		X	X	X	X	X	X	X		Troqueladora []
13	X		Desengrasar	Tanque de desengrase	X						X	X		Tanque []
14	X		Fosforar	Tanque de fosforado	X						X	X		Tanque []
15	X		Aplicar pegante	Tarea manual					X			X		-
16	X		Vulcanizar	Vulcanizadora				X	X	X	X	X		Prensa []
17	X		Acabado final	Tarea manual					X			X		-
1		X	Revisar la pieza	Tarea manual					X			X		-
18	X		Empacar	Tarea manual					X			X		-

Modelos exergéticos considerados para el estudio de la pieza:

CUATRO (4)

Número de partes: 3 (pieza acero – caucho)

Nº	Partes	Insumo - MP	Operaciones requeridas	Descripción
1	CILINDRO	Tubo	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8	Cilindro exterior. PARTE PRINCIPAL
2	CILINDRO	Lamina	9, 10, 11, 12, 13, 14, 15	Cilindro interno.
3	CAUCHO	CAUCHO	Ver producción de caucho	Material entre los cilindros que los une.

INDUSTRIA CAUCHOS RECORD LTDA.



P SOPORTE TRASERO MOTOR

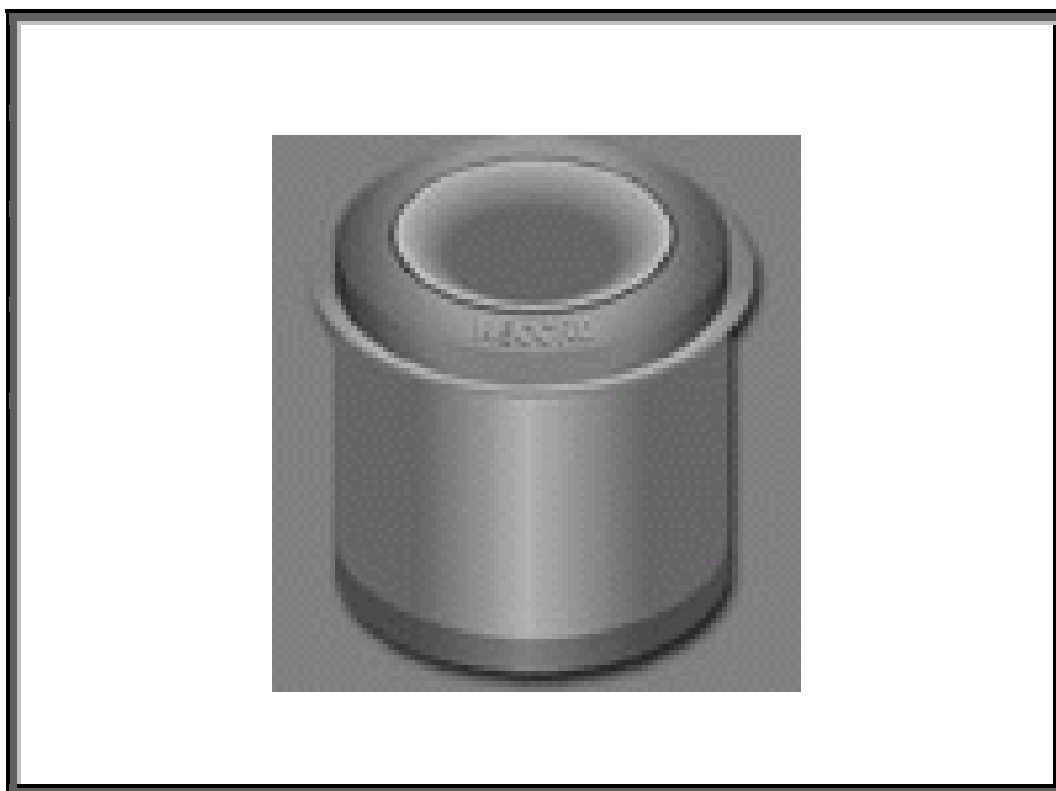
ELABORADO POR: GERMÁN ALFONSO OSMA PINTO

REFERENCIA: DOHZ - 6068 - B

Unidad de Masa: (g) gramo

FECHA: 05 DE ABRIL 2006

Unidad de Longitud: (mm) milímetro

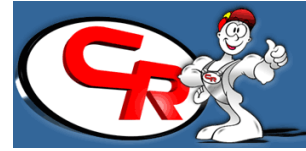


INFORMACIÓN TÉCNICA

Caucho:	X	Masa:	120	
Acero:	X	1045	Masa:	234
TOTAL:			354	

Dimensiones: 77x90x90

INDUSTRIA CAUCHOS RECORD LTDA.



DO SOPORTE TRASERO MOTOR

DIAGRAMA DE OPERACIONES

REFERENCIA:	DOHZ - 6068 - B	RESUMEN	
ANALISTA:	GERMÁN ALFONSO OSMA PINTO	SIMBOLO OPERACIONES	CANTIDAD 22
FECHA:	05 DE ABRIL 2006	INSPECCIONES	1
MÉTODO:	ACTUAL	TOTAL	23



INDUSTRIA CAUCHOS RECORD LTDA.



EX SOPORTE TRASERO MOTOR

INFORMACIÓN DEL PROCESO PARA LA REALIZACIÓN DE LOS MODELOS EXERGÉTICOS

REFERENCIA:	DOHZ - 6068 - B	RESUMEN	
ANALISTA:	GERMÁN ALFONSO OSMA PINTO	SIMBOLO OPERACIONES	CANTIDAD 22
FECHA:	05 DE ABRIL 2006	INSPECCIONES	1
MÉTODO:	ACTUAL	TOTAL	23

Nº	O	I	CONCEPTO	EQUIPO	PRESENTES						MODELOS EXERGÉTICOS			
					G	E	K	P	W	Q	SI	NO	MODELO	
1	X		Cortar	Torno		X		X	X	X	X	X		Torno []
2	X		Ampliar diámetro	Troqueladora 1		X	X	X	X	X	X	X		Troqueladora []
3	X		Cilindrar	Torno		X		X	X	X	X	X		Torno []
4	X		Cilindrar	Torno		X		X	X	X	X	X		Torno []
5	X		Biselar	Torno		X		X	X	X	X	X		Torno []
6	X		Biselar	Torno		X		X	X	X	X	X		Torno []
7	X		Hacer falda	Troqueladora 1		X	X	X	X	X	X	X		Troqueladora []
8	X		Desengrasar	Tanque de desengrase	X						X	X		Tanque []
9	X		Fosforar	Tanque de fosforado	X						X	X		Tanque []
10	X		Aplicar pegante	Tarea manual					X			X		-
11	X		Cortar	Torno		X		X	X	X	X	X		Torno []
12	X		Reducir diámetro	Troqueladora 2		X	X	X	X	X	X	X		Troqueladora []
13	X		Cilindrar	Torno		X		X	X	X	X	X		Torno []
14	X		Cilindrar	Torno		X		X	X	X	X	X		Torno []
15	X		Biselar	Torno		X		X	X	X	X	X		Torno []
16	X		Hacer falda	Troqueladora 1		X	X	X	X	X	X	X		Troqueladora []
17	X		Desengrasar	Tanque de desengrase	X						X	X		Tanque []
18	X		Fosforar	Tanque de fosforado	X						X	X		Tanque []
19	X		Aplicar pegante	Tarea manual					X			X		-
20	X		Vulcanizar	Vulcanizadora				X	X	X	X	X		Prensa []
21	X		Acabado final	Tarea manual					X			X		-
1		X	Revisar la pieza	Tarea manual					X			X		-
22	X		Empacar	Tarea manual					X			X		-

Modelos exergéticos considerados para el estudio de la pieza:

CUATRO (4)

Número de partes: 3 (pieza acero – caucho)

Nº	Partes	Insumo - MP	Operaciones requeridas	Descripción
1	CILINDRO	Tubo	1,2,3,4,5,6,7,8,9,10	Cilindro exterior. PARTE PRINCIPAL
2	CILINDRO	Tubo	11,12,13,14,15,16,17,18,19	Cilindro interior.
3	CAUCHO	CAUCHO	Ver producción de caucho	Material entre los cilindros que los une.

INDUSTRIA CAUCHOS RECORD LTDA.



P SOPORTE IZQUIERDO MOTOR R4/R6

ELABORADO POR: GERMÁN ALFONSO OSMA PINTO

REFERENCIA: 7700527555

Unidad de Masa: (g) gramo

FECHA: 05 DE ABRIL 2006

Unidad de Longitud: (mm) milímetro

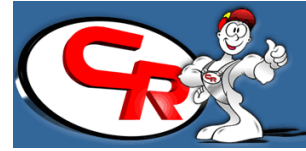


INFORMACIÓN TÉCNICA

Caucho:	X	Masa:	60	
Acero:	X	1045	Masa:	350
TOTAL:			410	

Dimensiones: 110x60x50

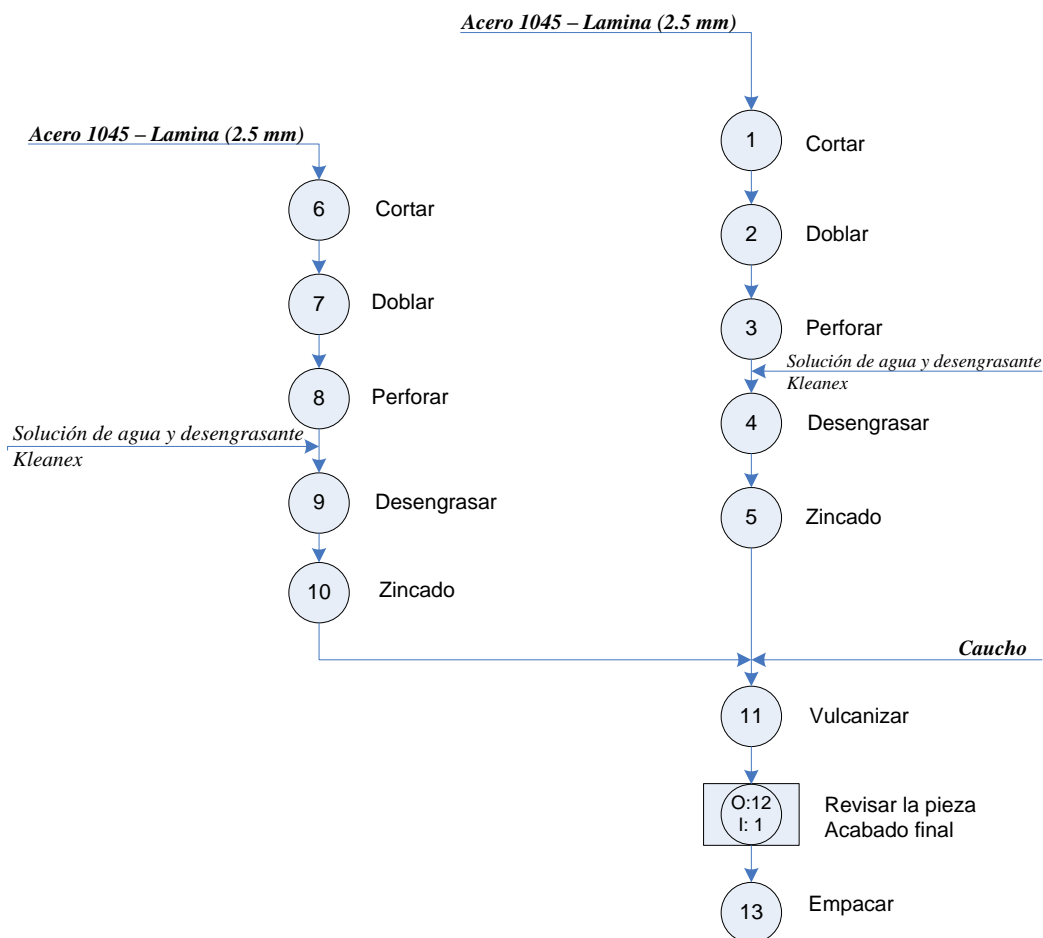
INDUSTRIA CAUCHOS RECORD LTDA.



DO SOPORTE IZQUIERDO MOTOR R4/R6

DIAGRAMA DE OPERACIONES

REFERENCIA:	7700527555	RESUMEN	
ANALISTA:	GERMÁN ALFONSO OSMA PINTO	SIMBOLO OPERACIONES	CANTIDAD 13
FECHA:	05 DE ABRIL 2006	INSPECCIONES	1
MÉTODO:	ACTUAL	TOTAL	14



INDUSTRIA CAUCHOS RECORD LTDA.



EX SOPORTE IZQUIERDO MOTOR R4/R6

INFORMACIÓN DEL PROCESO PARA LA REALIZACIÓN DE LOS MODELOS EXERGÉTICOS

REFERENCIA:	7700527555	RESUMEN	
ANALISTA:	GERMÁN ALFONSO OSMA PINTO	SIMBOLO OPERACIONES	CANTIDAD 13
FECHA:	05 DE ABRIL 2006	INSPECCIONES	1
MÉTODO:	ACTUAL	TOTAL	14

Nº	O	I	CONCEPTO	EQUIPO	PRESENTES						MODELOS EXERGÉTICOS			
					G	E	K	P	W	Q	SI	NO	MODELO	
1	X		Cortar	Troqueladora 1		X	X	X	X	X	X			Troqueladora []
2	X		Doblar	Troqueladora 1		X	X	X	X	X	X			Troqueladora []
3	X		Perforar	Troqueladora 1		X	X	X	X	X	X			Troqueladora []
4	X		Desengrasar	Tanque de desengrase	X					X	X			Tanque []
5	X		Zincado	Tanque de zincado		X				X	X			Zincado []
6	X		Cortar	Troqueladora 1		X	X	X	X	X	X			Troqueladora []
7	X		Doblar	Troqueladora 1		X	X	X	X	X	X			Troqueladora []
8	X		Perforar	Troqueladora 1		X	X	X	X	X	X			Troqueladora []
9	X		Desengrasar	Tanque de desengrase	X					X	X			Tanque []
10	X		Zincado	Tanque de zincado		X				X	X			Zincado []
11	X		Vulcanizar	Vulcanizadora				X	X	X	X			Prensa []
12	X		Acabado final	Trabajo manual					X			X		-
1		X	Revisar la pieza	Trabajo manual					X			X		-
13	X		empacar	Trabajo manual					X			X		-

Modelos exergeticos considerados para el estudio de la pieza:

CUATRO (4)

Número de partes: 3 (pieza acero – caucho)

Nº	Partes	Insumo - MP	Operaciones requeridas	Descripción
1	PLACA	Lamina	1, 2, 3, 4, 5	Placa inferior. PARTE PRINCIPAL
2	PLACA	Lamina	6, 7, 8, 9, 10	Placa superior.
3	CAUCHO	CAUCHO	Ver producción de caucho	Material que une las placas.

INDUSTRIA CAUCHOS RECORD LTDA.



P

KODIAK

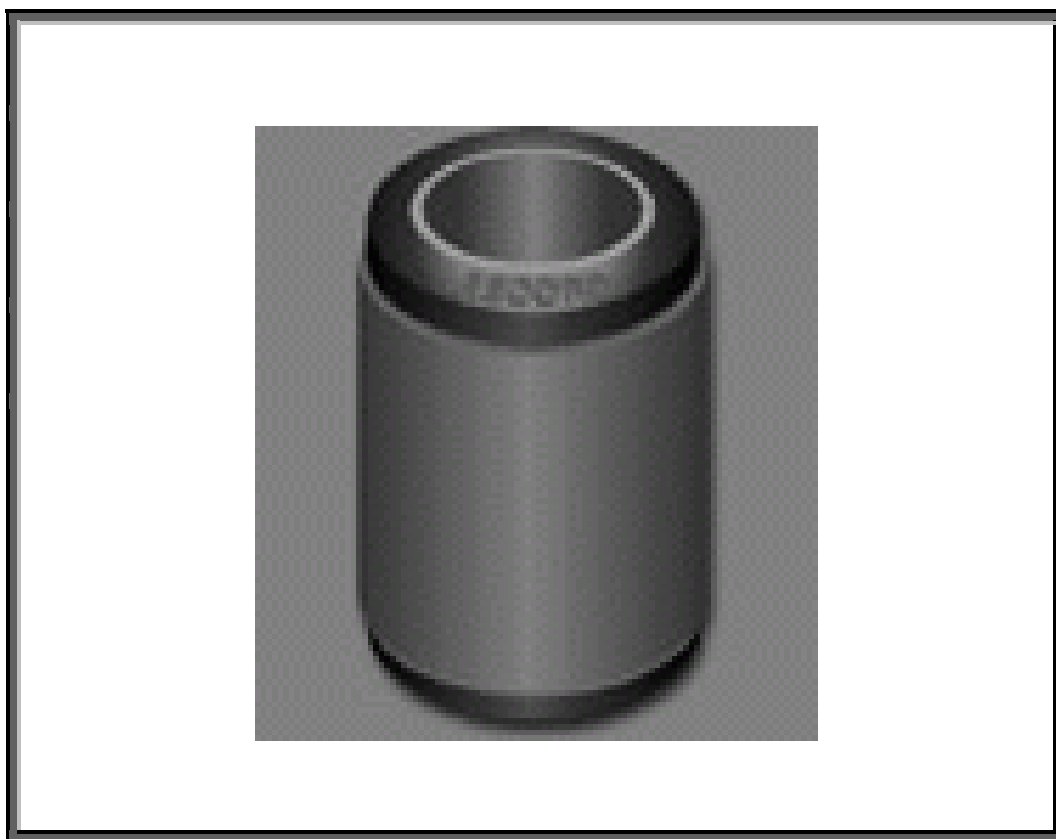
ELABORADO POR: **GERMÁN ALFONSO OSMA PINTO**

REFERENCIA:

Unidad de Masa: **(g) gramo**

FECHA: **05 DE ABRIL 2006**

Unidad de Longitud: **(mm) milímetro**

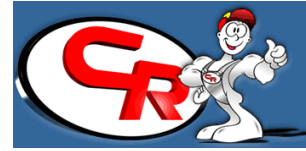


INFORMACIÓN TÉCNICA

Caucho:	X	Masa:	80	
Acero:	X	1045	Masa:	300
			TOTAL:	300

Dimensiones: **85x52x52**

INDUSTRIA CAUCHOS RECORD LTDA.

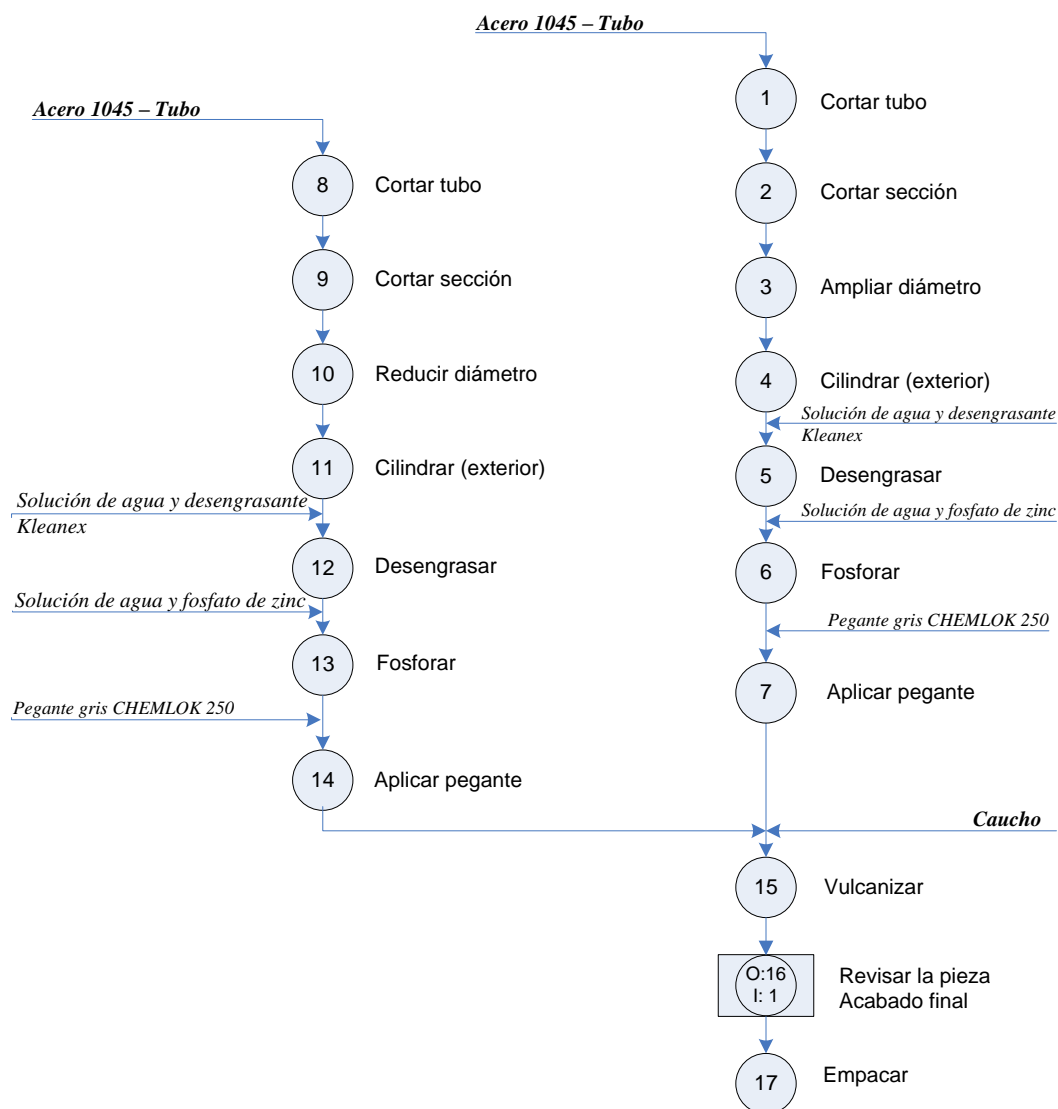


DO

KODIAK

DIAGRAMA DE OPERACIONES

REFERENCIA:	RESUMEN		
ANALISTA:	GERMÁN ALFONSO OSMA PINTO	SIMBOLO OPERACIONES	CANTIDAD 17
FECHA:	05 DE ABRIL 2006	INSPECCIONES	1
MÉTODO:	ACTUAL	TOTAL	18



INDUSTRIA CAUCHOS RECORD LTDA.



EX

KODIAK

INFORMACIÓN DEL PROCESO PARA LA REALIZACIÓN DE LOS MODELOS EXERGÉTICOS

REFERENCIA:		RESUMEN	
ANALISTA:	GERMÁN ALFONSO OSMA PINTO	SIMBOLO OPERACIONES	CANTIDAD 17
FECHA:	05 DE ABRIL 2006	INSPECCIONES	1
MÉTODO:	ACTUAL	TOTAL	18

Nº	O	I	CONCEPTO	EQUIPO	PRESENTES						MODELOS EXERGÉTICOS			
					G	E	K	P	W	Q	SI	NO	MODELO	
1	X		Cortar tubo	Cortadora		X			X	X	X			Cortadora []
2	X		Cortar sección	Torno		X		X	X	X	X			Torno []
3	X		Ampliar diámetro	Troqueladora 1		X	X	X	X	X	X			Troqueladora []
4	X		Cilindrar	Torno		X		X	X	X	X			Torno []
5	X		Desengrasar	Tanque de desengrase	X					X	X			Tanque []
6	X		Fosforar	Tanque de fosforado	X					X	X			Tanque []
7	X		Aplicar pegante	Tarea manual					X			X		-
8	X		Cortar tubo	Cortadora		X			X	X	X			Cortadora []
9	X		Cortar sección	Torno		X		X	X	X	X			Torno []
10	X		Reducir diámetro	Troqueladora 2		X	X	X	X	X	X			Troqueladora []
11	X		Cilindrar	Torno		X		X	X	X	X			Torno []
12	X		Desengrasar	Tanque de desengrase	X					X	X			Tanque []
13	X		Fosforar	Tanque de fosforado	X					X	X			Tanque []
14	X		Aplicar pegante	Tarea manual					X			X		-
15	X		Vulcanizar	Vulcanizadora				X	X	X	X			Presna []
16	X		Acabado final	Tarea manual					X			X		-
1		X	Revisar la pieza	Tarea manual					X			X		-
17	X		Empacar	Tarea manual					X			X		-

Modelos exergéticos considerados para el estudio de la pieza:

CINCO (5)

Número de partes: 3 (pieza acero – caucho)

Nº	Partes	Insumo - MP	Operaciones requeridas	Descripción
1	CILINDRO	Tubo	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7	Cilindro exterior. PARTE PRINCIPAL
2	CILINDRO	Tubo	8, 9, 10, 11, 12, 13, 14	Cilindro interior.
3	CAUCHO	CAUCHO	Ver producción de caucho	Material entre los cilindros que las cohesiona.

INDUSTRIA CAUCHOS RECORD LTDA.



P BUJE MUELLE DODGE

ELABORADO POR: GERMÁN ALFONSO OSMA PINTO

REFERENCIA: RB - 135

Unidad de Masa: (g) gramo

FECHA: 05 DE ABRIL 2006

Unidad de Longitud: (mm) milímetro

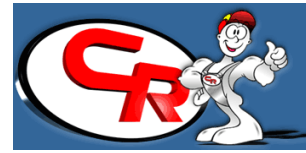


INFORMACIÓN TÉCNICA

Caucho:	X	Masa:	60	
Acero:	X	1045	Masa:	243
TOTAL:			303	

Dimensiones: 84x40x40

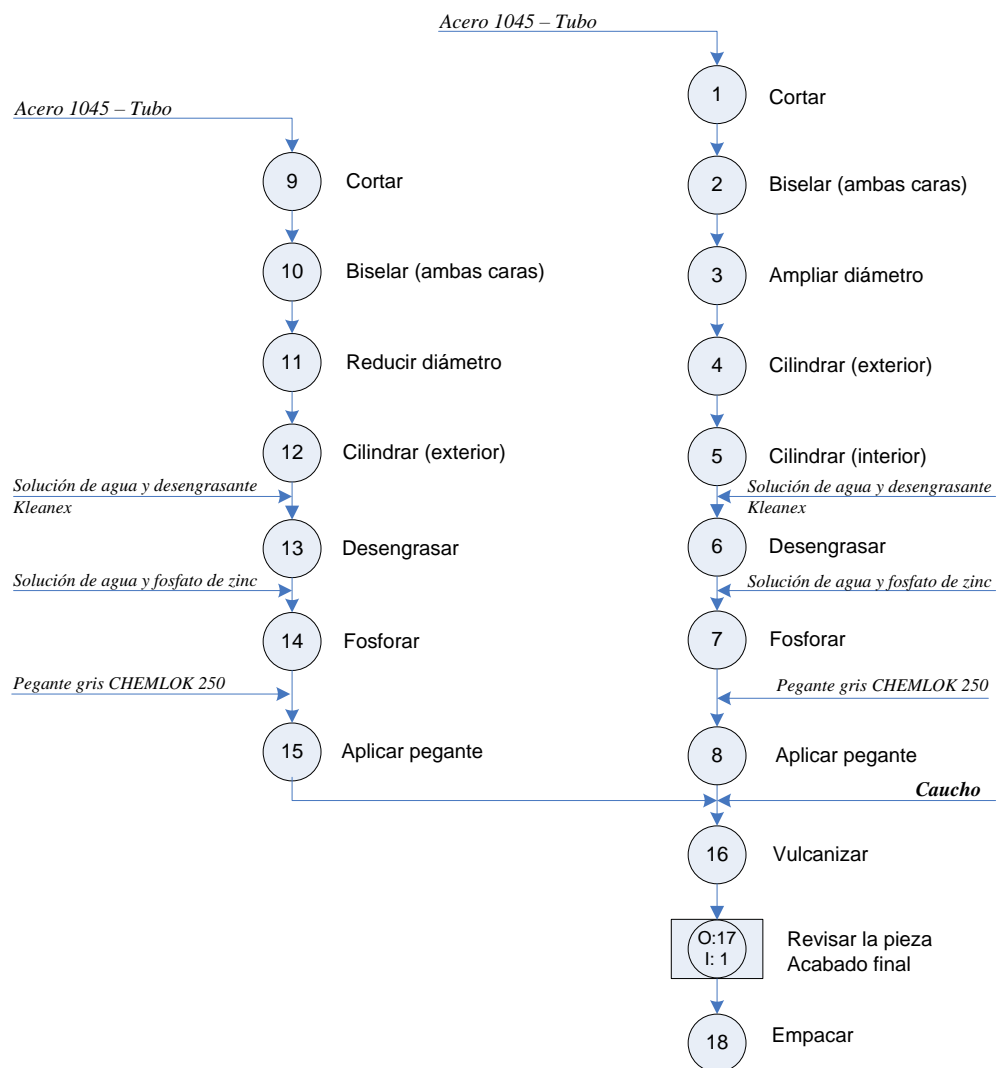
INDUSTRIA CAUCHOS RECORD LTDA.



DO BUJE MUELLE DODGE

DIAGRAMA DE OPERACIONES

REFERENCIA:	RB - 135	RESUMEN	
ANALISTA:	GERMÁN ALFONSO OSMA PINTO	SIMBOLO OPERACIONES	CANTIDAD 18
FECHA:	05 DE ABRIL 2006	INSPECCIONES	1
MÉTODO:	ACTUAL	TOTAL	19



INDUSTRIA CAUCHOS RECORD LTDA.



EX BUJE MUELLE DODGE

INFORMACIÓN DEL PROCESO PARA LA REALIZACIÓN DE LOS MODELOS EXERGÉTICOS

REFERENCIA:	RB - 135	RESUMEN	
ANALISTA:	GERMÁN ALFONSO OSMA PINTO	SIMBOLO OPERACIONES	CANTIDAD 18
FECHA:	05 DE ABRIL 2006	INSPECCIONES	1
MÉTODO:	ACTUAL	TOTAL	19

Nº	O	I	CONCEPTO	EQUIPO	PRESENTES						MODELOS EXERGÉTICOS			
					G	E	K	P	W	Q	SI	NO	MODELO	
1	X		Cortar	Torno		X		X	X	X	X	X		Torno []
2	X		Biselar	Torno		X		X	X	X	X	X		Torno []
3	X		Ampliar	Troqueladora 1		X	X	X	X	X	X	X		Troqueladora []
4	X		Cilindrar	Torno		X		X	X	X	X	X		Torno []
5	X		Cilindrar	Torno		X		X	X	X	X	X		Torno []
6	X		Desengrasar	Tanque de desengrase	X						X	X		Tanque []
7	X		Fosforar	Tanque de fosforado	X						X	X		Tanque []
8	X		Aplicar pegante	Tarea manual					X			X		-
9	X		Cortar	Torno		X		X	X	X	X	X		Torno []
10	X		Biselar	Torno		X		X	X	X	X	X		Torno []
11	X		Reducir	Troqueladora 2		X	X	X	X	X	X	X		Troqueladora []
12	X		Cilindrar	Torno		X		X	X	X	X	X		Torno []
13	X		Desengrasar	Tanque de desengrase	X						X	X		Tanque []
14	X		Fosforar	Tanque de fosforado	X						X	X		Tanque []
15	X		Aplicar pegante	Tarea manual					X			X		-
16	X		Vulcanizar	Vulcanizadora				X	X	X	X	X		Prensa []
17	X		Acabado final	Tarea manual					X			X		-
1		X	Revisar la pieza	Tarea manual					X			X		-
18	X		Empacar	Tarea manual					X			X		-

Modelos exergéticos considerados para el estudio de la pieza:

TRES (3)

Número de partes: 3 (pieza acero – caucho)

Nº	Partes	Insumo - MP	Operaciones requeridas	Descripción
1	CILINDRO	Tubo	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8	Cilindro exterior. PARTE PRINCIPAL
2	CILINDRO	Tubo	9, 10, 11, 12, 13, 14, 15	Cilindro interior.
3	CAUCHO	CAUCHO	Ver producción de caucho	Material entre los cilindros que los une.

ANEXO E. DISTRIBUCIÓN FÍSICA DE LAS INSTALACIONES



ANEXO F. DATOS PREMUESTRALES

En este anexo se presentan los datos premuestrales para los siguientes estudios:

- Tiempos
- Presiones
- Temperaturas

Tiempos. Los datos premuestrales para este estudio se presentan en la siguiente tabla. Dado que en cada equipo no tiene correlación con los otros, en lo que a la duración de la operación respecta, se tomaron tres equipos: un torno, una vulcanizadora y una troqueladora. Donde

$$N = \left(\frac{S}{e} t_{\alpha/2, 14} \right)^2$$

Nº	EQUIPO		
	Torno segundos	Vulcanizadora minutos	Troqueladora segundos
1	91,3	24,1	3,7
2	94,6	23,6	4,2
3	99,4	26,7	3,7
4	97	24,3	4,4
5	98,8	25,5	3,8
6	88,8	25,9	4,5
7	99,9	23,7	4,3
8	97,4	26,1	4,1
9	94,6	23	3,9
10	90,2	28,2	4,3
11	98,3	26,2	4,5
12	95,9	24,8	3,8
13	93,1	24,1	4
14	98	28,5	4,4
15	99,6	27,7	3,7
Prom	95,79	25,49	4,09
D. Están	3,58	1,74	0,30
S-error	2	1	0,2
t-student	1,7613	1,7613	1,7613
N	9,92	9,42	7,19

Se determinó que por muestra se deben tener 10 datos.

Presiones. Los datos premuestrales para este estudio se presentan en la siguiente tabla. Se tomaron tres prensas de vulcanizado. Se determinó que por muestra se deben tener 10 datos.

**METODOLOGÍA PARA EL USO RACIONAL Y EFICIENTE DE LA ENERGÍA DESDE EL ENFOQUE EXERGÉTICO
EN INDUSTRIA CAUCHOS RECORD LTDA.**

ANEXO F. Datos premuestrales.

PRENSA DE VULCANIZADO			
Nº	1 PSI	2 PSI	3 PSI
1	3 100	2 450	2 700
2	3 050	2 500	2 600
3	3 000	2 450	2 600
4	2 950	2 550	2 650
5	2 950	2 400	2 550
6	3 000	2 500	2 650
7	2 950	2 550	2 600
8	2 950	2 400	2 650
9	3 100	2 450	2 700
10	3 000	2 500	2 650
11	3 050	2 450	2 600
12	3 100	2 450	2 650
13	2 850	2 450	2 550
14	3 150	2 500	2 600
15	2 850	2 550	2 700
<i>Prom</i>	<i>3 003,33</i>	<i>2 476,67</i>	<i>2 630,00</i>
<i>D. Están</i>	<i>89,58</i>	<i>49,52</i>	<i>49,28</i>
<i>S-error</i>	<i>50</i>	<i>50</i>	<i>50</i>
<i>t-student</i>	<i>1,7613</i>	<i>1,7613</i>	<i>1,7613</i>
N	9,96	3,04	3,01

Temperaturas. Los datos premuestrales para este estudio se presentan en la siguiente tabla. Se tomaron tres prensas de vulcanizado. Se determinó que por muestra se deben tener 10 datos.

PRENSA DE VULCANIZADO			
Nº	1 °C	2 °C	3 °C
1	133,2	142,1	136,1
2	133,3	144,1	137,7
3	134,8	141,1	138,5
4	136,2	142,5	137,5
5	137,1	143,7	136,8
6	135,5	144,7	136,2
7	133,6	142,6	139,9
8	135,7	143,9	138,9
9	136,1	143,9	136,1
10	134,3	143,2	136,3
11	135,5	141,1	138,2
12	136,5	144,5	139,6
13	135,6	140,6	136,4
14	134,2	145,5	136,4
15	136,9	139,5	139,5
<i>Prom</i>	<i>135,23</i>	<i>142,87</i>	<i>137,61</i>
<i>D. Están</i>	<i>1,27</i>	<i>1,71</i>	<i>1,40</i>
<i>S-error</i>	<i>1</i>	<i>1</i>	<i>1</i>
<i>t-student</i>	<i>1,7613</i>	<i>1,7613</i>	<i>1,7613</i>
N	5,03	9,07	6,08

ANEXO G. PRUEBA ESTADÍSTICA DE D'AGOSTINO

La prueba de D'Agostino se emplea para analizar la normalidad de los datos, en otras palabras, el supuesto de normalidad. Se tienen cinco pasos para desarrollar la prueba, tal y como siguen:

- a. Ordenar de menor a mayor los N datos de la muestra, donde i representa la posición de cada datos en esta escala, r_i el dato en la posición i, y calcular el valor total de U.

$$U = \sum_{i=1}^n u_i$$
$$u_i = \left[i - \frac{1}{2}(N + 1) \right] * r_i$$

- b. Calcular la Suma de Cuadrados Total de los N datos.

$$SCT = \sum y^2 - \frac{(\sum y)^2}{N}$$

- c. Calcular el estadístico de prueba de comparación D_0 .

$$D_0 = \frac{U}{\sqrt{SCT * N^3}}$$

- d. Determinar el intervalo de valores críticos en la tabla de D de D'Agostino para la prueba de normalidad, $D_{\alpha,N}$, según los parámetros α y N.
- e. Verificar si el valor del estadístico de prueba de comparación determinado se encuentra o no dentro del intervalo, lo cual indica la normalidad o no respectivamente.

**METODOLOGÍA PARA EL USO RACIONAL Y EFICIENTE DE LA ENERGÍA DESDE EL ENFOQUE EXERGÉTICO
EN INDUSTRIA CAUCHOS RECORD LTDA.**

ANEXO H. Estudio de Tiempos de los Repuestos Seleccionados.

ANEXO H. ESTUDIO DE TIEMPOS DE LOS REPUESTOS SELECCIONADOS.

INDUSTRIA CAUCHOS RECORD LTDA.



A TIEMPOS

OBSERVADO POR:	GERMÁN ALFONSO OSMA PINTO		
Unidad de tiempo	Según especificación	Pieza:	SOPORTE MEDIANO MACK TANDEM
Fecha:		Referencia:	10 - QK - 368

Intervalo de los valores críticos D N = 10 α = 5% [0,2513 0,2849]

Nº	Número de la muestra	Norm.	Aceptación de la normalidad de los datos de la muestra
D₀	Valor del estadístico de prueba	σ	Desviación estándar
X	Tiempo medio muestral		

Equipo: _____ **Operación:** **2. Vulcanizado**

N°	A		B		C		D		E		TOTAL	
	mm	ss	mm	ss	mm	ss	mm	ss	mm	ss	mm	ss
1	01	57	00	11	48	47	00	37	02	36	54	08
2	01	59	00	12	51	31	00	38	02	42	57	02
3	01	48	00	12	50	49	00	40	02	14	55	43
4	01	45	00	11	52	55	00	37	02	19	57	47
5	01	45	00	13	50	49	00	37	02	24	55	48
6	01	43	00	12	51	48	00	37	02	42	57	02
7	01	59	00	11	50	09	00	40	02	54	55	53
8	01	57	00	10	51	30	00	39	02	35	56	51
9	01	48	00	10	50	30	00	36	02	27	55	31
10	01	51	00	12	49	48	00	39	02	51	55	21

	D₀	Norm.	\bar{X}	σ
A	0,2792	SI	111,2	6,27
B	0,2728	SI	11,4	0,97
C	0,2783	SI	3052,0	69,36
D	0,2758	SI	38,0	1,41
E	0,2851	SI	154,0	13,31
T_{Total}	0,2759	SI	3367,0	63,85

- | | |
|---|---|
| <p>A Tiempo de preparación del material</p> <p>B Tiempo de accionamiento de la prensa</p> <p>C Tiempo de vulcanizado</p> | <p>D Tiempo de accionamiento de la prensa</p> <p>E Tiempo de desmontaje</p> |
|---|---|

**METODOLOGÍA PARA EL USO RACIONAL Y EFICIENTE DE LA ENERGÍA DESDE EL ENFOQUE EXERGÉTICO
EN INDUSTRIA CAUCHOS RECORD LTDA.**

ANEXO H. Estudio de Tiempos de los Repuestos Seleccionados.

Equipo: Tanques de tratamientos químicos **Operación:** 3. Desengrase (Pieza 1)

N°	L	A		B		T	
		mm	ss	mm	ss	mm	ss
1	37	1	14	13	27	14	41
2	42	1	23	17	40	19	03
3	40	1	18	14	00	15	18
4	37	1	10	12	54	14	04
5	40	1	20	14	29	15	49

N°	L	A		B		T	
		mm	ss	mm	ss	mm	ss
6	36	1	06	12	25	13	31
7	40	1	19	14	21	15	40
8	36	1	05	12	10	13	15
9	41	1	22	15	18	16	40
10	38	1	15	13	49	15	04

	D ₀	Norm.	\bar{X}	σ
L	0,2802	SI	38,70	2,16
A	0,2813	SI	1 15	0 06
B	0,2661	SI	14 03	1 36
T _{Total}	0,2690	SI	15 18	1 41

A Tiempo de preparación B Tiempo de operación

Equipo: Tanques de tratamientos químicos **Operación:** 4. Fosforado (Pieza 1)

N°	L	A		B		T	
		mm	ss	mm	ss	mm	ss
1	37	0	21	24	08	24	29
2	42	0	23	26	14	26	37
3	40	0	25	25	39	26	04
4	37	0	20	23	55	24	15
5	40	0	22	24	58	25	20

N°	L	A		B		T	
		mm	ss	mm	ss	mm	ss
6	36	0	22	25	11	25	33
7	40	0	26	26	47	27	03
8	36	0	29	27	00	27	29
9	41	0	23	25	23	25	46
10	38	0	25	26	22	26	47

	D ₀	Norm.	\bar{X}	σ
L	0,2802	SI	38,70	2,16
A	0,2758	SI	0 24	0 03
B	0,2816	SI	25 40	1 06
T _{Total}	0,2823	SI	26 04	1 09

A Tiempo de preparación B Tiempo de operación

Equipo: Troqueladora **Operación:** 6. Cortar (Pieza 2)

N°	A	B	C	T
	ss	ss	ss	ss
1	0,69	1,04	0,40	2,13
2	0,72	1,07	0,43	2,22
3	0,70	1,05	0,43	2,18
4	0,72	1,08	0,45	2,25
5	0,69	1,04	0,40	2,13

N°	A	B	C	T
	ss	ss	ss	ss
6	0,69	1,05	0,42	2,16
7	0,71	1,06	0,43	2,20
8	0,72	1,09	0,47	2,28
9	0,69	1,03	0,39	2,11
10	0,71	1,07	0,43	2,21

	D ₀	Norm.	\bar{X}	σ
A	0,2733	SI	0,70	0,01
B	0,2837	SI	1,06	0,02
C	0,2728	SI	0,43	0,02
T _{Total}	0,2845	SI	2,19	0,06

A Tiempo de caída del martillo C Tiempo sin accionamiento
B Tiempo de subida del martillo

**METODOLOGÍA PARA EL USO RACIONAL Y EFICIENTE DE LA ENERGÍA DESDE EL ENFOQUE EXERGÉTICO
EN INDUSTRIA CAUCHOS RECORD LTDA.**

ANEXO H. Estudio de Tiempos de los Repuestos Seleccionados.

Equipo: Troqueladora **Operación:** 7. Perforar (Pieza 2)

N°	A	B	C	T
	ss	ss	ss	ss
1	0,90	1,51	1,17	3,58
2	0,94	1,53	1,19	3,66
3	1,00	1,58	1,25	3,83
4	0,95	1,55	1,20	3,70
5	1,02	1,60	1,26	3,88

N°	A	B	C	T
	ss	ss	ss	ss
6	0,98	1,55	1,23	3,76
7	0,92	1,52	1,19	3,63
8	0,98	1,56	1,24	3,78
9	0,97	1,55	1,20	3,70
10	0,95	1,53	1,19	3,67

	D ₀	Norm.	\bar{X}	σ
A	0,2828	SI	0,96	0,04
B	0,2769	SI	1,55	0,03
C	0,2822	SI	1,21	0,03
T _{Total}	0,2847	SI	3,72	0,10

A Tiempo de caída del martillo
B Tiempo de subida del martillo

C Tiempo sin accionamiento

Equipo: Tanques de tratamientos químicos **Operación:** 8. Desengrase (Pieza 2)

N°	L	A		B		T	
		mm	ss	mm	ss	mm	ss
		1	40	1 13	13 37	14 50	
2	40	1 17	14 10	15 27			
3	36	1 07	12 46	13 53			
4	42	1 20	14 39	15 59			
5	40	1 15	14 09	15 24			

N°	L	A		B		T	
		mm	ss	mm	ss	mm	ss
		6	43	1 21	15 28	16 49	
7	45	1 30	16 50	18 20			
8	33	1 03	12 45	13 48			
9	40	1 19	14 21	15 40			
10	37	1 09	13 14	14 23			

	D ₀	Norm.	\bar{X}	σ
L	0,2739	SI	39,6	3,5
A	0,2799	SI	1 15	0 08
B	0,2710	SI	14 14	1 13
T _{Total}	0,2690	SI	15 29	1 21

A Tiempo de preparación

B Tiempo de operación

Equipo: Tanques de tratamientos químicos **Operación:** 9. Fosforado (Pieza 2)

N°	L	A		B		T	
		mm	ss	mm	ss	mm	ss
		1	40	0 18	24 12	24 30	
2	40	0 21	25 42	26 03			
3	36	0 20	24 49	25 09			
4	42	0 20	25 01	25 21			
5	40	0 22	25 43	26 05			

N°	L	A		B		T	
		mm	ss	mm	ss	mm	ss
		6	43	0 20	24 59	25 19	
7	45	0 26	25 55	26 21			
8	33	0 12	24 03	24 15			
9	40	0 27	26 27	26 54			
10	37	0 19	24 23	24 42			

	D ₀	Norm.	\bar{X}	σ
L	0,2739	SI	39,6	3,5
A	0,2642	SI	0 21	0 04
B	0,2833	SI	25 07	0 48
T _{Total}	0,2839	SI	25 28	0 52

A Tiempo de preparación

B Tiempo de operación

**METODOLOGÍA PARA EL USO RACIONAL Y EFICIENTE DE LA ENERGÍA DESDE EL ENFOQUE EXERGÉTICO
EN INDUSTRIA CAUCHOS RECORD LTDA.**

ANEXO H. Estudio de Tiempos de los Repuestos Seleccionados.

Equipo: _____ **Operación:** **11. Vulcanizado**

N°	A		B		C		D		E		TOTAL	
	mm	ss	mm	ss	mm	ss	mm	ss	mm	ss	mm	ss
1	00	38	00	19	15	14	00	35	00	25	17	11
2	00	42	00	20	14	45	00	36	00	35	16	58
3	00	44	00	21	15	29	00	35	00	30	17	39
4	00	40	00	19	15	06	00	35	00	36	17	16
5	00	45	00	19	15	38	00	32	00	25	17	39
6	00	35	00	20	14	25	00	34	00	37	16	31
7	00	40	00	21	14	30	00	36	00	30	16	37
8	00	41	00	20	15	02	00	33	00	27	17	03
9	00	36	00	20	14	30	00	33	00	28	16	27
10	00	35	00	20	15	01	00	36	00	28	17	00

	D ₀	Norm.	\bar{X}	σ
A	0,2838	SI	39,3	3,57
B	0,2643	SI	19,9	0,74
C	0,2835	SI	899,9	23,55
D	0,2757	SI	35,0	1,43
E	0,2770	SI	30,0	4,43
T _{Total}	0,2846	SI	1024,0	33,41

A Tiempo de preparación del material
B Tiempo de accionamiento de la prensa
C Tiempo de vulcanizado

D Tiempo de accionamiento de la prensa
E Tiempo de desmontaje

**METODOLOGÍA PARA EL USO RACIONAL Y EFICIENTE DE LA ENERGÍA DESDE EL ENFOQUE EXERGÉTICO
EN INDUSTRIA CAUCHOS RECORD LTDA.**

ANEXO H. Estudio de Tiempos de los Repuestos Seleccionados.

T_{Total} 0,2808 SI 16 14 1 27

A Tiempo de preparación **B** Tiempo de operación

Equipo: **Tanques de tratamientos químicos** **Operación:** **6. Fosforado**

N°	L	A		B		T	
		mm	ss	mm	ss	mm	ss
1	20	0	20	25	26	25	46
2	20	0	22	26	41	27	03
3	21	0	21	26	40	27	01
4	18	0	20	25	12	25	32
5	20	0	24	27	00	27	24

N°	L	A		B		T	
		mm	ss	mm	ss	mm	ss
6	22	0	20	26	29	26	49
7	20	0	20	24	55	25	15
8	21	0	22	26	48	27	10
9	20	0	25	27	30	27	55
10	18	0	17	24	05	24	22

	D ₀	Norm.	\bar{X}	σ
L	0,2620	SI	20	1,25
A	0,2701	SI	0 21	0 02
B	0,2757	SI	26 05	1 06
T _{Total}	0,2765	SI	26 26	1 08

A Tiempo de preparación **B** Tiempo de operación

Equipo: **Operación:** **8. Vulcanizado**

N°	A		B		C		D		E		TOTAL	
	mm	ss	mm	ss	mm	ss	mm	ss	mm	ss	mm	ss
1	02	10	00	12	18	07	00	24	02	00	22	53
2	01	38	00	13	18	55	00	25	01	43	22	54
3	01	35	00	11	18	21	00	21	01	56	22	24
4	02	11	00	12	18	30	00	24	01	40	22	57
5	01	51	00	14	19	10	00	25	01	28	23	08
6	01	43	00	11	17	42	00	21	01	28	21	25
7	02	04	00	11	18	44	00	25	02	05	23	29
8	02	15	00	13	20	04	00	23	01	49	25	04
9	01	39	00	14	17	37	00	23	01	36	21	29
10	01	56	00	11	19	02	00	26	01	30	23	05

	D ₀	Norm.	\bar{X}	σ
A	0,2835	SI	114,2	15,13
B	0,2744	SI	12,2	1,23
C	0,2786	SI	1117,0	44,08
D	0,2754	SI	24,0	1,70
E	0,2835	SI	104,0	13,55
T _{Total}	0,2843	SI	1371,0	74,63

A Tiempo de preparación del material **D** Tiempo de accionamiento de la prensa
B Tiempo de accionamiento de la prensa **E** Tiempo de desmontaje
C Tiempo de vulcanizado

**METODOLOGÍA PARA EL USO RACIONAL Y EFICIENTE DE LA ENERGÍA DESDE EL ENFOQUE EXERGÉTICO
EN INDUSTRIA CAUCHOS RECORD LTDA.**

ANEXO H. Estudio de Tiempos de los Repuestos Seleccionados.

INDUSTRIA CAUCHOS RECORD LTDA.



A TIEMPOS

OBSERVADO POR:	GERMÁN ALFONSO OSMA PINTO		
Unidad de tiempo	Según especificación	Pieza:	CAUCHO EJE CARDÁN
Fecha:		Referencia:	230749 - 1

Intervalo de los valores críticos D N = 10 α = 5% [0,2513 0,2849]

Nº	Número de la muestra	Norm.	Aceptación de la normalidad de los datos de la muestra
D₀	Valor del estadístico de prueba	σ	Desviación estándar
X	Tiempo medio muestral		

Equipo: _____ **Operación:** **1. Vulcanizado**

Nº	A		B		C		D		E		TOTAL	
	mm	ss	mm	ss	mm	ss	mm	ss	mm	ss	mm	ss
1	00	51	00	15	19	10	00	35	00	46	21	37
2	00	50	00	17	20	01	00	35	01	09	22	52
3	00	53	00	13	19	30	00	37	00	55	22	08
4	00	45	00	16	19	24	00	38	01	05	22	08
5	00	57	00	15	20	09	00	30	00	48	22	39
6	01	00	00	14	19	47	00	39	00	55	22	35
7	00	47	00	16	21	00	00	41	00	57	23	41
8	00	48	00	14	20	20	00	32	01	00	22	54
9	01	07	00	16	20	15	00	33	01	01	23	12
10	00	48	00	14	20	37	00	34	00	51	23	04

	D ₀	Norm.	\bar{X}	σ
A	0,2692	SI	52,6	6,85
B	0,2789	SI	15,0	1,25
C	0,2841	SI	1201,0	34,20
D	0,2844	SI	35,0	3,37
E	0,2841	SI	57,0	7,29
T _{Total}	0,2844	SI	1361,0	52,52

A	Tiempo de preparación del material	D	Tiempo de accionamiento de la prensa
B	Tiempo de accionamiento de la prensa	E	Tiempo de desmontaje
C	Tiempo de vulcanizado		

**METODOLOGÍA PARA EL USO RACIONAL Y EFICIENTE DE LA ENERGÍA DESDE EL ENFOQUE EXERGÉTICO
EN INDUSTRIA CAUCHOS RECORD LTDA.**

ANEXO H. Estudio de Tiempos de los Repuestos Seleccionados.

INDUSTRIA CAUCHOS RECORD LTDA.



A TIEMPOS

OBSERVADO POR:	GERMÁN ALFONSO OSMA PINTO		
Unidad de tiempo	Según especificación	Pieza:	SOPORTE TRAILER DITE
Fecha:		Referencia:	40325

Intervalo de los valores críticos D N = 10 α = 5% [0,2513 0,2849]

Nº	Número de la muestra	Norm.	Aceptación de la normalidad de los datos de la muestra
D₀	Valor del estadístico de prueba	σ	Desviación estándar
X	Tiempo medio muestral		

Equipo: _____ **Operación:** **1. Vulcanizado**

Nº	A		B		C		D		E		TOTAL	
	mm	ss	mm	ss	mm	ss	mm	ss	mm	ss	mm	ss
1	02	10	00	10	17	05	00	21	02	17	23	08
2	01	53	00	12	16	50	00	20	02	02	21	37
3	01	40	00	11	16	07	00	20	01	57	20	15
4	01	14	00	11	16	28	00	20	01	31	19	26
5	01	26	00	12	16	28	00	21	01	36	20	03
6	01	10	00	11	17	16	00	20	01	34	20	51
7	01	20	00	13	16	00	00	20	01	33	19	26
8	01	51	00	11	17	34	00	20	01	54	21	50
9	01	18	00	13	17	38	00	22	01	56	21	27
10	01	16	00	10	17	18	00	21	01	35	20	40

	D ₀	Norm.	\bar{X}	σ
A	0,2737	SI	91,8	20,41
B	0,2746	SI	11,4	1,08
C	0,2840	SI	1012,0	35,25
D	0,2460	SI	21,0	0,71
E	0,2717	SI	108,0	15,77
T _{Total}	0,2797	SI	1252,0	69,77

A	Tiempo de preparación del material	D	Tiempo de accionamiento de la prensa
B	Tiempo de accionamiento de la prensa	E	Tiempo de desmontaje
C	Tiempo de vulcanizado		

METODOLOGÍA PARA EL USO RACIONAL Y EFICIENTE DE LA ENERGÍA DESDE EL ENFOQUE EXERGÉTICO EN INDUSTRIA CAUCHOS RECORD LTDA.

ANEXO H. Estudio de Tiempos de los Repuestos Seleccionados.

Equipo: Troqueladora Operación: 3. Ampliar (Pieza 1)

N°	A	B	C	T
	ss	ss	ss	ss
1	0,81	1,20	1,81	3,82
2	0,86	1,31	2,01	4,18
3	0,90	1,36	2,11	4,37
4	0,80	1,19	1,78	3,77
5	0,90	1,38	2,14	4,42

N°	A	B	C	T
	ss	ss	ss	ss
6	0,83	1,28	1,94	4,05
7	0,89	1,34	2,09	4,32
8	0,83	1,25	1,83	3,91
9	0,86	1,32	2,02	4,20
10	0,85	1,30	1,97	4,12

	D ₀	Norm.	\bar{X}	σ
A	0,2832	SI	0,85	0,04
B	0,2818	SI	1,29	0,06
C	0,2833	SI	1,97	0,13
T_{Total}	0,2846	SI	4,11	0,23

A Tiempo de caída del martillo
B Tiempo de subida del martillo

C Tiempo sin accionamiento

Equipo: Torno Operación: 4. Cilindrar

N°	A	B	C	D	T
	ss	ss	ss	ss	ss
1	32,4	14,6	32,8	27,7	107,5
2	31,2	12,9	32,3	25,1	101,5
3	36,6	19,5	34,5	33,8	124,4
4	30,5	12,4	32,1	24,4	99,4
5	32,5	15,0	33,0	28,9	109,4

N°	A	B	C	D	T
	ss	ss	ss	ss	ss
6	31,9	13,5	32,6	25,6	103,6
7	33,7	16,7	33,4	29,0	112,8
8	28,7	11,2	31,2	21,1	92,2
9	29,4	11,8	31,8	22,3	95,3
10	34,8	17,9	33,7	29,4	115,8

	D ₀	Norm.	\bar{X}	σ
A	0,2820	SI	32,2	2,42
B	0,2810	SI	14,6	2,74
C	0,2825	SI	32,7	0,97
D	0,2796	SI	26,7	3,78
T_{Total}	0,2832	SI	106,2	9,83

A Tiempo de montaje
B Tiempo de preparación

C Tiempo de ejecución de la operación
D Tiempo de desmonte y limpieza

Equipo: Torno Operación: 5. Cilindrar

N°	A	B	C	D	T
	ss	ss	ss	ss	ss
1	27,1	11,4	22,7	32,2	93,4
2	25,7	9,1	22,5	30,1	87,4
3	28,8	13,9	23,3	34,6	100,6
4	27,9	12,3	23,0	33,5	96,7
5	26,6	10,6	22,6	31,0	90,8

N°	A	B	C	D	T
	ss	ss	ss	ss	ss
6	29,4	15,0	23,6	35,3	103,3
7	27,5	11,8	22,9	32,9	95,1
8	31,1	16,5	24,5	37,0	109,1
9	24,3	8,7	22,3	29,3	84,6
10	28,3	12,5	23,1	33,8	97,7

	D ₀	Norm.	\bar{X}	σ
A	0,2801	SI	27,7	1,92
B	0,2822	SI	12,2	2,46
C	0,2660	SI	23,1	0,64
D	0,2845	SI	33,0	2,39
T_{Total}	0,2830	SI	96,0	7,36

METODOLOGÍA PARA EL USO RACIONAL Y EFICIENTE DE LA ENERGÍA DESDE EL ENFOQUE EXERGÉTICO EN INDUSTRIA CAUCHOS RECORD LTDA.

ANEXO H. Estudio de Tiempos de los Repuestos Seleccionados.

A Tiempo de montaje
B Tiempo de preparación

C Tiempo de ejecución de la operación
D Tiempo de desmonte y limpieza

Equipo: Tanques de tratamientos químicos **Operación:** 6. Desengrase (Pieza 1)

N°	L	A		B		T	
		mm	ss	mm	ss	mm	ss
1	18	1	52	11	48	13	40
2	18	1	45	11	42	13	35
3	20	2	02	13	51	15	53
4	20	2	05	13	59	16	04
5	18	1	58	11	54	13	52

N°	L	A		B		T	
		mm	ss	mm	ss	mm	ss
6	18	1	41	11	30	13	11
7	20	2	10	14	06	16	16
8	20	2	07	14	01	16	08
9	20	2	14	12	29	14	43
10	19	2	01	12	03	14	04

	D ₀	Norm.	\bar{X}	σ
L	0,2597	SI	19,10	0,99
A	0,2808	SI	2 00	0 11
B	0,2838	SI	12 04	0 20
T _{Total}	0,2840	SI	14 04	0 31

A Tiempo de preparación

B Tiempo de operación

Equipo: Tanques de tratamientos químicos **Operación:** 7. Fosforado (Pieza 1)

N°	L	A		B		T	
		mm	ss	mm	ss	mm	ss
1	18	0	22	19	49	20	11
2	18	0	28	21	04	21	32
3	20	0	23	20	05	20	28
4	20	0	29	21	39	22	08
5	18	0	23	20	23	12	46

N°	L	A		B		T	
		mm	ss	mm	ss	mm	ss
6	18	0	25	20	30	20	55
7	20	0	28	21	17	21	45
8	20	0	15	18	30	18	45
9	20	0	21	19	41	20	02
10	19	0	31	22	15	22	46

	D ₀	Norm.	\bar{X}	σ
L	0,2597	SI	19,10	0,99
A	0,2758	SI	0 25	0 05
B	0,2808	SI	20 31	1 05
T _{Total}	0,2807	SI	20 56	1 10

A Tiempo de preparación

B Tiempo de operación

Equipo: Troqueladora **Operación:** 9. Cortar (Pieza 2)

N°	A	B	C	T
	ss	ss	ss	ss
1	0,69	0,99	0,42	2,10
2	0,72	1,06	0,46	2,24
3	0,71	1,02	0,43	2,16
4	0,72	1,08	0,46	2,26
5	0,71	1,05	0,44	2,20

N°	A	B	C	T
	ss	ss	ss	ss
6	0,70	1,00	0,42	2,12
7	0,73	1,09	0,46	2,28
8	0,76	1,12	0,46	2,34
9	0,71	1,01	0,43	2,15
10	0,72	1,05	0,45	2,22

	D ₀	Norm.	\bar{X}	σ
A	0,2595	SI	0,72	0,02
B	0,2837	SI	1,05	0,04
C	0,2754	SI	0,44	0,02
T _{Total}	0,2847	SI	2,21	0,08

A Tiempo de caída del martillo
B Tiempo de subida del martillo

C Tiempo sin accionamiento

**METODOLOGÍA PARA EL USO RACIONAL Y EFICIENTE DE LA ENERGÍA DESDE EL ENFOQUE EXERGÉTICO
EN INDUSTRIA CAUCHOS RECORD LTDA.**

ANEXO H. Estudio de Tiempos de los Repuestos Seleccionados.

Equipo: Troqueladora **Operación:** 10. Doblar en U (Pieza 2)

N°	A	B	C	T	N°	A	B	C	T
	ss	ss	ss	ss		ss	ss	ss	ss
1	1,00	1,34	1,96	4,30	6	1,04	1,37	1,98	4,39
2	1,01	1,36	1,97	4,34	7	0,97	1,31	1,92	4,20
3	0,99	1,33	1,94	4,26	8	1,06	1,42	2,04	4,52
4	1,04	1,38	2,00	4,42	9	1,02	1,36	1,97	4,35
5	1,00	1,35	1,97	4,32	10	0,98	1,32	1,93	4,23

	D ₀	Norm.	\bar{X}	σ
A	0,2832	SI	1,01	0,03
B	0,2763	SI	1,35	0,03
C	0,2719	SI	1,97	0,04
T _{Total}	0,2794	SI	4,33	0,10

A Tiempo de caída del martillo
B Tiempo de subida del martillo

C Tiempo sin accionamiento

Equipo: Troqueladora **Operación:** 11. Semi – cerrar (Pieza 2)

N°	A	B	C	T	N°	A	B	C	T
	ss	ss	ss	ss		ss	ss	ss	ss
1	1,01	1,36	2,10	4,47	6	0,99	1,34	2,08	4,41
2	1,03	1,41	2,13	4,57	7	1,02	1,38	2,11	4,51
3	0,99	1,33	2,07	4,39	8	1,06	1,44	2,17	4,67
4	1,04	1,42	2,15	4,61	9	1,02	1,38	2,11	4,51
5	1,03	1,39	2,13	4,55	10	1,00	1,36	2,09	4,45

	D ₀	Norm.	\bar{X}	σ
A	0,2808	SI	1,02	0,02
B	0,2838	SI	1,38	0,04
C	0,2825	SI	2,11	0,03
T _{Total}	0,2840	SI	4,51	0,09

A Tiempo de caída del martillo
B Tiempo de subida del martillo

C Tiempo sin accionamiento

Equipo: Troqueladora **Operación:** 12. Cerrar (Pieza 2)

N°	A	B	C	T	N°	A	B	C	T
	ss	ss	ss	ss		ss	ss	ss	ss
1	1,03	1,44	2,03	4,50	6	1,02	1,42	2,01	4,45
2	1,04	1,46	2,04	4,54	7	1,05	1,47	2,05	4,57
3	0,99	1,40	1,99	4,38	8	1,03	1,44	2,02	4,49
4	1,04	1,47	2,05	4,56	9	1,07	1,50	2,08	4,65
5	1,00	1,41	2,00	4,41	10	1,02	1,43	2,02	4,47

	D ₀	Norm.	\bar{X}	σ
A	0,2781	SI	1,03	0,02
B	0,2824	SI	1,44	0,03
C	0,2807	SI	2,03	0,03
T _{Total}	0,2823	SI	4,50	0,08

A Tiempo de caída del martillo
B Tiempo de subida del martillo

C Tiempo sin accionamiento

**METODOLOGÍA PARA EL USO RACIONAL Y EFICIENTE DE LA ENERGÍA DESDE EL ENFOQUE EXERGÉTICO
EN INDUSTRIA CAUCHOS RECORD LTDA.**

ANEXO H. Estudio de Tiempos de los Repuestos Seleccionados.

Equipo: Tanques de tratamientos químicos **Operación:** 13. Desengrase (Pieza 2)

N°	L	A		B		T	
		mm	ss	mm	ss	mm	ss
1	19	1 39		11 49		13 28	
2	20	2 08		12 27		14 35	
3	20	1 50		12 04		13 54	
4	23	2 12		13 16		15 28	
5	20	2 02		12 20		14 22	

N°	L	A		B		T	
		mm	ss	mm	ss	mm	ss
6	19	1 49		11 58		13 47	
7	21	2 10		12 19		14 29	
8	23	2 23		15 56		18 19	
9	21	2 11		12 52		15 03	
10	20	1 57		12 15		14 12	

	D ₀	Norm.	\bar{X}	σ
L	0,2654	SI	20,60	1,43
A	0,2804	SI	2 02	0 13
B	0,2799	SI	12 31	0 34
T _{Total}	0,2840	SI	14 33	0 47

A Tiempo de preparación B Tiempo de operación

Equipo: Tanques de tratamientos químicos **Operación:** 14. Fosforado (Pieza 2)

N°	L	A		B		T	
		mm	ss	mm	ss	mm	ss
1	19	0 27		19 44		20 11	
2	20	0 32		20 05		20 37	
3	20	0 21		18 20		18 41	
4	23	0 10		18 00		18 10	
5	20	0 30		19 54		20 24	

N°	L	A		B		T	
		mm	ss	mm	ss	mm	ss
6	19	0 22		19 10		19 32	
7	21	0 47		21 06		21 53	
8	23	0 50		21 20		22 10	
9	21	0 38		20 47		21 25	
10	20	0 50		21 48		22 38	

	D ₀	Norm.	\bar{X}	σ
L	0,2654	SI	20,60	1,43
A	0,2804	SI	0 34	0 12
B	0,2842	SI	20 01	1 16
T _{Total}	0,2852	SI	20 35	1 27

A Tiempo de preparación B Tiempo de operación

Equipo: **Operación:** 16. Vulcanizado

N°	A		B		C		D		E		TOTAL	
	mm	ss	mm	ss	mm	ss	mm	ss	mm	ss	mm	ss
1	01 38		00 08		09 45		00 16		02 05		13 52	
2	01 59		00 08		10 10		00 17		02 20		14 54	
3	01 53		00 10		10 14		00 16		02 32		15 05	
4	01 39		00 09		09 39		00 18		02 16		14 01	
5	02 00		00 10		10 36		00 18		02 09		15 18	
6	01 44		00 08		09 51		00 16		02 00		13 59	
7	02 01		00 08		11 18		00 16		02 31		16 14	
8	01 51		00 08		10 35		00 17		02 11		15 12	
9	01 35		00 10		10 20		00 18		02 00		14 23	
10	02 03		00 10		10 01		00 17		02 30		15 01	

	D ₀	Norm.	\bar{X}	σ
A	0,2816	SI	110,3	10,57
B	0,2597	SI	8,9	0,99
C	0,2732	SI	614,9	29,49
D	0,2709	SI	17,0	0,88
E	0,2826	SI	135,0	12,46
T _{Total}	0,2826	SI	887,9	55,59

**METODOLOGÍA PARA EL USO RACIONAL Y EFICIENTE DE LA ENERGÍA DESDE EL ENFOQUE EXERGÉTICO
EN INDUSTRIA CAUCHOS RECORD LTDA.**

ANEXO H. Estudio de Tiempos de los Repuestos Seleccionados.

- | | | | |
|----------|--------------------------------------|----------|--------------------------------------|
| A | Tiempo de preparación del material | D | Tiempo de accionamiento de la prensa |
| B | Tiempo de accionamiento de la prensa | E | Tiempo de desmontaje |
| C | Tiempo de vulcanizado | | |

**METODOLOGÍA PARA EL USO RACIONAL Y EFICIENTE DE LA ENERGÍA DESDE EL ENFOQUE EXERGÉTICO
EN INDUSTRIA CAUCHOS RECORD LTDA.**

ANEXO H. Estudio de Tiempos de los Repuestos Seleccionados.

INDUSTRIA CAUCHOS RECORD LTDA.



A TIEMPOS

OBSERVADO POR:	GERMÁN ALFONSO OSMA PINTO		
Unidad de tiempo	Según especificación	Pieza:	SOPORTE TRASERO MOTOR
Fecha:		Referencia:	DOHZ - 6068 - B

Intervalo de los valores críticos D	N = 10	$\alpha = 5\%$	[0,2513 0,2849]
-------------------------------------	--------	----------------	-----------------

Nº	Número de la muestra	Norm.	Aceptación de la normalidad de los datos de la muestra
D₀	Valor del estadístico de prueba	σ	Desviación estándar
X	Tiempo medio muestral		

Equipo: Torno Operación: 1. Cortar

Nº	A	B	C	D	T
	SS	SS	SS	SS	SS
1	34,6	14,9	32,9	24,3	106,7
2	32,6	12,6	31,9	22,5	99,6
3	38,4	15,9	33,6	25,0	112,9
4	34,5	14,5	32,8	24,1	105,9
5	32,9	12,9	31,9	22,9	100,6

Nº	A	B	C	D	T
	SS	SS	SS	SS	SS
6	33,0	13,4	32,4	23,4	102,2
7	39,9	17,8	34,0	26,2	117,9
8	31,4	12,1	31,6	22,3	97,4
9	37,8	15,7	33,4	24,7	111,6
10	34,1	14,0	32,5	23,8	104,4

	D ₀	Norm.	\bar{X}	σ
A	0,2741	SI	34,9	2,82
B	0,2806	SI	14,4	1,75
C	0,2844	SI	32,7	0,79
D	0,2820	SI	23,9	1,21
T _{Total}	0,2812	SI	105,9	6,52

A	Tiempo de montaje	C	Tiempo de ejecución de la operación
B	Tiempo de preparación	D	Tiempo de desmonte y limpieza

Equipo: Troqueladora Operación: 2. Ampliar (Pieza 1)

Nº	A	B	C	T
	SS	SS	SS	SS
1	0,87	1,36	1,54	3,77
2	0,90	1,36	1,56	3,82
3	0,85	1,32	1,50	3,67
4	0,92	1,38	1,59	3,89
5	0,85	1,33	1,53	3,71

Nº	A	B	C	T
	SS	SS	SS	SS
6	0,84	1,31	1,49	3,64
7	0,91	1,37	1,57	3,85
8	0,85	1,33	1,53	3,71
9	0,87	1,34	1,53	3,74
10	0,83	1,31	1,48	3,62

	D ₀	Norm.	\bar{X}	σ
A	0,2765	SI	0,87	0,03
B	0,2830	SI	1,34	0,03
C	0,2814	SI	1,53	0,04
T _{Total}	0,2845	SI	3,74	0,10

A	Tiempo de caída del martillo	C	Tiempo sin accionamiento
B	Tiempo de subida del martillo		

**METODOLOGÍA PARA EL USO RACIONAL Y EFICIENTE DE LA ENERGÍA DESDE EL ENFOQUE EXERGÉTICO
EN INDUSTRIA CAUCHOS RECORD LTDA.**

ANEXO H. Estudio de Tiempos de los Repuestos Seleccionados.

A Tiempo de montaje
B Tiempo de preparación

C Tiempo de ejecución de la operación
D Tiempo de desmonte y limpieza

Equipo: Torno Operación: 6. Biselar

N°	A	B	C	D	T
	ss	ss	ss	ss	ss
1	23,3	8,9	1,5	7,2	40,9
2	24,1	9,1	1,5	8,1	42,8
3	25,9	9,9	1,6	9,6	47,0
4	28,0	11,1	1,7	10,7	51,5
5	25,2	9,6	1,6	9,0	45,4

N°	A	B	C	D	T
	ss	ss	ss	ss	ss
6	24,5	9,2	1,6	8,3	43,6
7	25,0	9,5	1,6	8,5	44,6
8	26,9	10,5	1,7	9,9	49,0
9	26,4	10,2	1,6	9,8	48,0
10	23,7	8,9	1,5	7,9	42,0

	D ₀	Norm.	\bar{X}	σ
A	0,2838	SI	25,3	1,50
B	0,2785	SI	9,7	0,73
C	0,2643	SI	1,6	0,07
D	0,2836	SI	8,9	1,09
T _{Total}	0,2842	SI	45,5	3,36

A Tiempo de montaje
B Tiempo de preparación

C Tiempo de ejecución de la operación
D Tiempo de desmonte y limpieza

Equipo: Troqueladora Operación: 7. Hacer falda (Pieza 1)

N°	A	B	C	T
	ss	ss	ss	ss
1	1,01	1,38	2,37	4,76
2	1,04	1,45	2,40	4,89
3	1,07	1,51	2,44	5,02
4	1,03	1,42	2,40	4,85
5	1,10	1,60	2,52	5,22

N°	A	B	C	T
	ss	ss	ss	ss
6	1,05	1,47	2,42	4,94
7	1,07	1,52	2,47	5,06
8	1,09	1,53	2,49	5,11
9	1,02	1,39	2,38	4,79
10	1,05	1,49	2,42	4,96

	D ₀	Norm.	\bar{X}	σ
A	0,2845	SI	1,05	0,03
B	0,2822	SI	1,48	0,07
C	0,2794	SI	2,43	0,05
T _{Total}	0,2844	SI	4,96	0,15

A Tiempo de caída del martillo
B Tiempo de subida del martillo

C Tiempo sin accionamiento

Equipo: Tanques de tratamientos químicos Operación: 8. Desengrase (Pieza 1)

N°	L	A		B		T	
		mm	ss	mm	ss	mm	ss
1	13	1	23	13	18	14	41
2	12	1	08	12	11	13	19
3	14	1	38	13	50	15	28
4	12	1	14	12	33	13	47
5	13	1	31	13	44	15	15

N°	L	A		B		T	
		mm	ss	mm	ss	mm	ss
6	13	1	21	13	09	14	30
7	15	1	50	14	17	16	07
8	12	1	17	12	33	13	50
9	13	1	23	13	21	14	44
10	13	1	17	12	42	13	59

	D ₀	Norm.	\bar{X}	σ
L	0,2634	SI	12,9	1,10
A	0,2774	SI	1 24	0 13
B	0,2832	SI	13 10	0 39
T _{Total}	0,2830	SI	14 34	0 52

**METODOLOGÍA PARA EL USO RACIONAL Y EFICIENTE DE LA ENERGÍA DESDE EL ENFOQUE EXERGÉTICO
EN INDUSTRIA CAUCHOS RECORD LTDA.**

ANEXO H. Estudio de Tiempos de los Repuestos Seleccionados.

A Tiempo de preparación

B Tiempo de operación

Equipo: Tanques de tratamientos químicos Operación: 9. Fosforado (Pieza 1)

N°	L	A		B		T	
		mm	ss	mm	ss	mm	ss
1	13	0	09	24	49	24	58
2	12	0	26	25	30	25	56
3	14	0	16	25	12	25	28
4	12	0	30	25	50	26	20
5	13	0	25	25	25	25	50

N°	L	A		B		T	
		mm	ss	mm	ss	mm	ss
6	13	0	48	26	38	27	26
7	15	0	20	25	24	25	44
8	12	0	35	26	06	26	41
9	13	0	27	25	45	26	12
10	13	0	15	24	59	25	14

	D ₀	Norm.	\bar{X}	σ
L	0,2634	SI	12,9	1,10
A	0,2753	SI	0 25	0 11
B	0,2781	SI	25 34	0 32
T _{Total}	0,2781	SI	25 59	0 43

A Tiempo de preparación

B Tiempo de operación

Equipo: Torno Operación: 11. Cortar

N°	A	B	C	D	T
	ss	ss	ss	ss	ss
1	27,2	8,9	29,3	17,1	82,5
2	40,9	17,9	31,3	22,9	113,0
3	31,8	14,8	30,1	18,9	95,6
4	32,9	14,9	30,3	19,5	97,6
5	30,6	14,6	30,0	18,8	94,0

N°	A	B	C	D	T
	ss	ss	ss	ss	ss
6	36,0	15,5	30,7	20,4	102,6
7	34,5	15,4	30,6	19,7	100,2
8	28,3	10,1	29,6	17,3	85,3
9	37,8	16,4	31,2	20,6	106,0
10	29,4	12,3	29,9	17,9	89,5

	D ₀	Norm.	\bar{X}	σ
A	0,2836	SI	32,9	4,38
B	0,2694	SI	14,1	2,81
C	0,2840	SI	30,3	0,65
D	0,2758	SI	19,3	1,74
T _{Total}	0,2840	SI	96,6	9,38

A Tiempo de montaje
B Tiempo de preparación

C Tiempo de ejecución de la operación
D Tiempo de desmonte y limpieza

Equipo: Troqueladora Operación: 12. Reducir (Pieza 2)

N°	A	B	C	T
	ss	ss	ss	ss
1	0,91	1,39	2,03	4,33
2	0,84	1,31	1,94	4,09
3	0,79	1,28	1,90	3,97
4	0,87	1,35	1,98	4,20
5	0,83	1,31	1,94	4,08

N°	A	B	C	T
	ss	ss	ss	ss
6	0,89	1,37	2,02	4,28
7	0,78	1,26	1,89	3,93
8	0,83	1,31	1,92	4,06
9	0,86	1,33	1,96	4,15
10	0,81	1,30	1,91	4,02

	D ₀	Norm.	\bar{X}	σ
A	0,2847	SI	0,84	0,04
B	0,2791	SI	1,32	0,04
C	0,2798	SI	1,95	0,05
T _{Total}	0,2829	SI	4,11	0,13

A Tiempo de caída del martillo
B Tiempo de subida del martillo

C Tiempo sin accionamiento

**METODOLOGÍA PARA EL USO RACIONAL Y EFICIENTE DE LA ENERGÍA DESDE EL ENFOQUE EXERGÉTICO
EN INDUSTRIA CAUCHOS RECORD LTDA.**

ANEXO H. Estudio de Tiempos de los Repuestos Seleccionados.

Equipo: Torno Operación: 13. Cilindrar

N°	A	B	C	D	T
	ss	ss	ss	ss	ss
1	35,5	17,3	42,7	26,9	122,4
2	41,6	23,3	44,1	32,0	141,0
3	32,1	16,2	42,2	25,8	116,3
4	36,7	18,4	43,0	27,4	125,5
5	31,6	15,5	42,1	25,3	114,5

N°	A	B	C	D	T
	ss	ss	ss	ss	ss
6	39,2	20,4	43,3	29,6	132,5
7	32,8	16,8	42,2	26,4	118,2
8	33,4	17,2	42,5	26,7	119,8
9	39,7	21,1	43,5	30,5	134,8
10	38,8	19,9	43,2	28,5	130,4

	D ₀	Norm.	\bar{X}	σ
A	0,2837	SI	36,1	3,58
B	0,2793	SI	18,6	2,48
C	0,2811	SI	43,0	0,66
D	0,2778	SI	27,9	2,18
T _{Total}	0,2834	SI	125,6	8,82

A Tiempo de montaje
B Tiempo de preparación

C Tiempo de ejecución de la operación
D Tiempo de desmonte y limpieza

Equipo: Torno Operación: 14. Cilindrar

N°	A	B	C	D	T
	ss	ss	ss	ss	ss
1					
2					
3					
4					
5					

N°	A	B	C	D	T
	ss	ss	ss	ss	ss
6					
7					
8					
9					
10					

	D ₀	Norm.	\bar{X}	σ
A	0,2771	SI	33,1	2,9
B	0,2833	SI	16,3	3,0
C	0,2670	SI	32,3	2,1
D	0,2812	SI	29,8	3,2
T _{Total}	0,2796	SI	111,6	11,1

A Tiempo de montaje
B Tiempo de preparación

C Tiempo de ejecución de la operación
D Tiempo de desmonte y limpieza

Equipo: Torno Operación: 15. Biselar

N°	A	B	C	D	T
	ss	ss	ss	ss	ss
1	38,9	16,9	1,6	18,9	76,3
2	33,3	12,4	1,3	13,6	60,6
3	36,9	14,8	1,4	15,7	68,8
4	37,1	14,9	1,5	16,0	69,5
5	35,1	12,9	1,4	13,9	63,3

N°	A	B	C	D	T
	ss	ss	ss	ss	ss
6	34,6	12,3	1,3	13,8	62,0
7	36,4	14,7	1,4	15,0	67,5
8	37,8	15,8	1,5	17,1	72,2
9	36,0	13,5	1,4	14,6	65,5
10	36,2	13,8	1,4	14,8	66,2

	D ₀	Norm.	\bar{X}	σ
A	0,2801	SI	36,2	1,61
B	0,2812	SI	14,2	1,50
C	0,2613	SI	1,4	0,09
D	0,2694	SI	15,3	1,66
T _{Total}	0,2812	SI	67,1	4,77

**METODOLOGÍA PARA EL USO RACIONAL Y EFICIENTE DE LA ENERGÍA DESDE EL ENFOQUE EXERGÉTICO
EN INDUSTRIA CAUCHOS RECORD LTDA.**

ANEXO H. Estudio de Tiempos de los Repuestos Seleccionados.

A Tiempo de montaje
B Tiempo de preparación

C Tiempo de ejecución de la operación
D Tiempo de desmonte y limpieza

Equipo: Troqueladora Operación: 16. Hacer falda (Pieza 2)

N°	A	B	C	T
	ss	ss	ss	ss
1	1,06	1,50	2,29	4,85
2	1,07	1,51	2,30	4,88
3	1,10	1,53	2,33	4,96
4	1,03	1,50	2,25	4,78
5	1,12	1,56	2,34	5,02

N°	A	B	C	T
	ss	ss	ss	ss
6	1,12	1,57	2,38	5,07
7	1,00	1,47	2,22	4,69
8	1,08	1,51	2,31	4,90
9	1,00	1,46	2,21	4,67
10	1,16	1,60	2,42	5,18

	D ₀	Norm.	\bar{X}	σ
A	0,2835	SI	1,07	0,05
B	0,2794	SI	1,52	0,04
C	0,2829	SI	2,31	0,07
T _{Total}	0,2843	SI	4,90	0,16

A Tiempo de caída del martillo
B Tiempo de subida del martillo

C Tiempo sin accionamiento

Equipo: Tanques de tratamientos químicos Operación: 17. Desengrase (Pieza 2)

N°	L	A		B		T	
		mm	ss	mm	ss	mm	ss
1	12	1	23	12	34	13	47
2	12	1	25	13	20	14	45
3	13	1	38	13	42	15	20
4	10	1	19	12	03	13	22
5	13	1	36	13	36	15	12

N°	L	A		B		T	
		mm	ss	mm	ss	mm	ss
6	14	1	41	13	43	15	24
7	12	1	23	12	41	14	04
8	13	1	27	13	21	14	48
9	13	1	31	13	29	14	50
10	12	1	24	13	07	14	31

	D ₀	Norm.	\bar{X}	σ
L	0,2550	SI	12,40	1,07
A	0,2781	SI	1 29	0 07
B	0,2756	SI	13 11	0 35
T _{Total}	0,2808	SI	14 40	0 42

A Tiempo de preparación

B Tiempo de operación

Equipo: Tanques de tratamientos químicos Operación: 18. Fosforado (Pieza 2)

N°	L	A		B		T	
		mm	ss	mm	ss	mm	ss
1	12	0	16	25	28	25	44
2	12	0	20	26	00	26	20
3	13	0	15	25	06	25	21
4	10	0	25	26	01	26	26
5	13	0	18	25	45	26	03

N°	L	A		B		T	
		mm	ss	mm	ss	mm	ss
6	14	0	26	26	13	26	39
7	12	0	15	24	53	25	07
8	13	0	30	26	40	27	10
9	13	0	11	24	49	25	00
10	12	0	35	27	39	28	14

	D ₀	Norm.	\bar{X}	σ
L	0,2550	SI	12,40	1,07
A	0,2795	SI	0 21	0 08
B	0,2764	SI	25 52	0 52
T _{Total}	0,2778	SI	26 13	1 00

A Tiempo de preparación

B Tiempo de operación

**METODOLOGÍA PARA EL USO RACIONAL Y EFICIENTE DE LA ENERGÍA DESDE EL ENFOQUE EXERGÉTICO
EN INDUSTRIA CAUCHOS RECORD LTDA.**

ANEXO H. Estudio de Tiempos de los Repuestos Seleccionados.

Equipo: _____ **Operación:** **20. Vulcanizado**

N°	A		B		C		D		E		TOTAL	
	mm	ss	mm	ss	mm	ss	mm	ss	mm	ss	mm	ss
1	01	28	00	10	19	37	00	19	01	47	23	21
2	01	30	00	11	20	11	00	20	01	44	23	56
3	01	30	00	10	20	01	00	18	01	37	23	36
4	01	37	00	13	18	39	00	19	01	50	22	38
5	01	31	00	10	19	28	00	20	01	28	22	57
6	01	24	00	11	21	40	00	18	01	37	25	10
7	01	34	00	13	18	40	00	22	01	33	22	22
8	01	25	00	12	21	16	00	18	01	41	24	52
9	01	36	00	10	20	40	00	21	01	47	24	34
10	01	27	00	11	19	05	00	18	01	34	22	35

	D ₀	Norm.	\bar{X}	σ
A	0,2840	SI	90,2	4,42
B	0,2685	SI	11,1	1,20
C	0,2836	SI	1196,0	62,23
D	0,2713	SI	19,0	1,42
E	0,2841	SI	100,0	7,16
T _{Total}	0,2845	SI	1416,0	76,06

- | | | | |
|----------|--------------------------------------|----------|--------------------------------------|
| A | Tiempo de preparación del material | D | Tiempo de accionamiento de la prensa |
| B | Tiempo de accionamiento de la prensa | E | Tiempo de desmontaje |
| C | Tiempo de vulcanizado | | |

**METODOLOGÍA PARA EL USO RACIONAL Y EFICIENTE DE LA ENERGÍA DESDE EL ENFOQUE EXERGÉTICO
EN INDUSTRIA CAUCHOS RECORD LTDA.**

ANEXO H. Estudio de Tiempos de los Repuestos Seleccionados.

INDUSTRIA CAUCHOS RECORD LTDA.



A TIEMPOS

OBSERVADO POR:	GERMÁN ALFONSO OSMA PINTO		
Unidad de tiempo	Según especificación	Pieza:	SOPORTE IZQUIERDO MOTOR R4/R6
Fecha:		Referencia:	7700527555

Intervalo de los valores críticos D N = 10 α = 5% [0,2513 0,2849]

Nº	Número de la muestra	Norm.	Aceptación de la normalidad de los datos de la muestra
D₀	Valor del estadístico de prueba	σ	Desviación estándar
X	Tiempo medio muestral		

Equipo: Troqueladora Operación: 1. Cortar (Pieza 1)

Nº	A	B	C	T
	SS	SS	SS	SS
1	0,65	0,98	0,39	2,02
2	0,68	1,00	0,42	2,10
3	0,62	0,92	0,37	1,91
4	0,66	0,99	0,40	2,05
5	0,69	1,00	0,42	2,10

Nº	A	B	C	T
	SS	SS	SS	SS
6	0,67	0,99	0,40	2,06
7	0,70	1,03	0,43	2,16
8	0,73	1,06	0,46	2,25
9	0,63	0,96	0,39	1,98
10	0,63	0,94	0,38	1,95

	D ₀	Norm.	\bar{X}	σ
A	0,2829	SI	0,67	0,04
B	0,2822	SI	0,99	0,04
C	0,2778	SI	0,41	0,03
T _{Total}	0,2836	SI	2,07	0,11

A Tiempo de caída del martillo C Tiempo sin accionamiento
B Tiempo de subida del martillo

Equipo: Troqueladora Operación: 2. Doblar (Pieza 1)

Nº	A	B	C	T
	SS	SS	SS	SS
1	0,97	1,40	1,99	4,36
2	1,01	1,43	2,06	4,50
3	0,98	1,40	2,03	4,41
4	0,92	1,38	1,94	4,24
5	1,06	1,52	2,14	4,72

Nº	A	B	C	T
	SS	SS	SS	SS
6	1,02	1,51	2,11	4,64
7	0,93	1,39	1,99	4,31
8	1,01	1,50	2,08	4,59
9	0,99	1,41	2,05	4,45
10	0,95	1,40	1,99	4,34

	D ₀	Norm.	\bar{X}	σ
A	0,2829	SI	0,98	0,04
B	0,2625	SI	1,43	0,05
C	0,2824	SI	2,04	0,06
T _{Total}	0,2836	SI	4,45	0,15

A Tiempo de caída del martillo C Tiempo sin accionamiento
B Tiempo de subida del martillo

Equipo: Troqueladora Operación: 3. Perforar (Pieza 1)

**METODOLOGÍA PARA EL USO RACIONAL Y EFICIENTE DE LA ENERGÍA DESDE EL ENFOQUE EXERGÉTICO
EN INDUSTRIA CAUCHOS RECORD LTDA.**

ANEXO H. Estudio de Tiempos de los Repuestos Seleccionados.

N°	A	B	C	T
	ss	ss	ss	ss
1	0,93	1,49	1,27	3,69
2	0,93	1,50	1,29	3,72
3	1,02	1,59	1,39	4,00
4	0,93	1,50	1,29	3,72
5	0,88	1,41	1,21	3,50

N°	A	B	C	T
	ss	ss	ss	ss
6	0,94	1,51	1,30	3,75
7	0,89	1,43	1,22	3,54
8	0,92	1,48	1,26	3,66
9	0,98	1,54	1,32	3,84
10	0,91	1,46	1,25	3,62

	D ₀	Norm.	\bar{X}	σ
A	0,2764	SI	0,94	0,04
B	0,2801	SI	1,49	0,05
C	0,2762	SI	1,28	0,05
T _{Total}	0,2789	SI	3,71	0,14

A Tiempo de caída del martillo
B Tiempo de subida del martillo

C Tiempo sin accionamiento

Equipo: Tanques de tratamientos químicos Operación: 4. Desengrase (Pieza 1)

N°	L	A		B		T	
		mm	ss	mm	ss	mm	ss
1	14	1 02		9 41		10 43	
2	15	1 11		10 24		11 35	
3	16	1 25		11 02		12 27	
4	14	1 04		10 02		11 06	
5	15	1 19		10 59		12 18	

N°	L	A		B		T	
		mm	ss	mm	ss	mm	ss
6	15	1 18		10 48		12 06	
7	14	1 07		10 13		11 20	
8	16	1 39		11 36		13 15	
9	15	1 15		10 33		11 48	
10	16	1 22		11 00		12 22	

	D ₀	Norm.	\bar{X}	σ
L	0,2711	SI	15,00	0,82
A	0,2768	SI	1 16	0 11
B	0,2812	SI	10 38	0 34
T _{Total}	0,2815	SI	11 54	0 45

A Tiempo de preparación

B Tiempo de operación

Equipo: Troqueladora Operación: 6. Cortar (Pieza 2)

N°	A	B	C	T
	ss	ss	ss	ss
1	0,67	0,99	0,41	2,07
2	0,69	1,01	0,43	2,13
3	0,75	1,16	0,47	2,38
4	0,79	1,21	0,50	2,50
5	0,70	1,08	0,43	2,21

N°	A	B	C	T
	ss	ss	ss	ss
6	0,71	1,11	0,45	2,27
7	0,73	1,13	0,45	2,31
8	0,70	1,06	0,43	2,19
9	0,75	1,16	0,47	2,38
10	0,68	0,99	0,42	2,09

	D ₀	Norm.	\bar{X}	σ
A	0,2774	SI	0,72	0,04
B	0,2842	SI	1,09	0,08
C	0,2754	SI	0,45	0,03
T _{Total}	0,2839	SI	2,25	0,15

A Tiempo de caída del martillo
B Tiempo de subida del martillo

C Tiempo sin accionamiento

Equipo: Troqueladora Operación: 7. Doblar (Pieza 2)

**METODOLOGÍA PARA EL USO RACIONAL Y EFICIENTE DE LA ENERGÍA DESDE EL ENFOQUE EXERGÉTICO
EN INDUSTRIA CAUCHOS RECORD LTDA.**

ANEXO H. Estudio de Tiempos de los Repuestos Seleccionados.

N°	A	B	C	T
	ss	ss	ss	ss
1	1,01	1,45	2,23	4,69
2	0,89	1,28	2,09	4,26
3	0,94	1,37	2,17	4,48
4	0,93	1,32	2,14	4,39
5	0,96	1,41	2,20	4,57

N°	A	B	C	T
	ss	ss	ss	ss
6	0,91	1,29	2,12	4,32
7	0,95	1,38	2,17	4,50
8	1,03	1,50	2,25	4,78
9	0,94	1,36	2,16	4,46
10	0,98	1,43	2,21	4,62

	D ₀	Norm.	\bar{X}	σ
A	0,2795	SI	0,95	0,04
B	0,2843	SI	1,38	0,07
C	0,2841	SI	2,17	0,05
T _{Total}	0,2845	SI	4,50	0,16

A Tiempo de caída del martillo
B Tiempo de subida del martillo

C Tiempo sin accionamiento

Equipo: Troqueladora **Operación:** 8. Perforar (Pieza 2)

N°	A	B	C	T
	ss	ss	ss	ss
1	0,93	1,48	1,18	3,59
2	1,06	1,71	1,41	4,18
3	0,95	1,51	1,19	3,65
4	0,98	1,53	1,20	3,71
5	1,01	1,62	1,29	3,92

N°	A	B	C	T
	ss	ss	ss	ss
6	0,98	1,59	1,23	3,80
7	1,02	1,64	1,31	3,97
8	1,11	1,82	1,48	4,41
9	1,04	1,69	1,36	4,09
10	1,00	1,60	1,25	3,85

	D ₀	Norm.	\bar{X}	σ
A	0,2800	SI	1,01	0,05
B	0,2793	SI	1,62	0,10
C	0,2785	SI	1,29	0,10
T _{Total}	0,2807	SI	3,92	0,25

A Tiempo de caída del martillo
B Tiempo de subida del martillo

C Tiempo sin accionamiento

Equipo: Tanques de tratamientos químicos **Operación:** 9. Desengrase (Pieza 2)

N°	L	A		B		T	
		mm	ss	mm	ss	mm	ss
		1	14	1 03		11 02	
2	14	1 04		11 08		12 12	
3	15	1 15		11 29		12 44	
4	15	1 17		11 30		12 47	
5	15	1 06		11 11		12 17	

N°	L	A		B		T	
		mm	ss	mm	ss	mm	ss
		6	15	1 08		11 17	
7	16	1 20		11 42		13 02	
8	14	1 02		10 51		11 53	
9	16	1 24		12 04		13 28	
10	15	1 11		11 22		12 33	

	D ₀	Norm.	\bar{X}	σ
L	0,2643	SI	14,90	21,02
A	0,2830	SI	1 11	0 08
B	0,2772	SI	11 22	0 21
T _{Total}	0,2804	SI	12 33	0 29

A Tiempo de preparación

B Tiempo de operación

Equipo: **Operación:** 11. Vulcanizado

**METODOLOGÍA PARA EL USO RACIONAL Y EFICIENTE DE LA ENERGÍA DESDE EL ENFOQUE EXERGÉTICO
EN INDUSTRIA CAUCHOS RECORD LTDA.**

ANEXO H. Estudio de Tiempos de los Repuestos Seleccionados.

N°	A		B		C		D		E		TOTAL	
	mm	ss	mm	ss	mm	ss	mm	ss	mm	ss	mm	ss
1	02	15	00	16	18	40	00	35	02	21	24	07
2	02	00	00	16	20	49	00	33	02	23	26	01
3	01	30	00	15	18	56	00	31	02	15	23	27
4	02	10	00	17	20	57	00	38	02	10	26	12
5	01	45	00	15	21	21	00	31	02	47	26	39
6	02	06	00	17	19	00	00	35	01	48	23	46
7	01	32	00	17	21	39	00	31	02	00	26	11
8	01	10	00	16	19	06	00	35	02	29	23	36
9	02	00	00	17	20	35	00	32	02	31	25	55
10	01	41	00	15	20	01	00	34	01	20	23	51

	D ₀	Norm.	\bar{X}	σ
A	0,2828	SI	113,9	15,49
B	0,2709	SI	16,1	0,88
C	0,2815	SI	1206,0	66,53
D	0,2747	SI	34,0	2,32
E	0,2827	SI	135,0	18,79
T _{Total}	0,2847	SI	1507,0	104,90

- | | | | |
|----------|--------------------------------------|----------|--------------------------------------|
| A | Tiempo de preparación del material | D | Tiempo de accionamiento de la prensa |
| B | Tiempo de accionamiento de la prensa | E | Tiempo de desmontaje |
| C | Tiempo de vulcanizado | | |

**METODOLOGÍA PARA EL USO RACIONAL Y EFICIENTE DE LA ENERGÍA DESDE EL ENFOQUE EXERGÉTICO
EN INDUSTRIA CAUCHOS RECORD LTDA.**

ANEXO H. Estudio de Tiempos de los Repuestos Seleccionados.

Equipo: Troqueladora Operación: 3. Ampliar (Pieza 1)

N°	A	B	C	T	N°	A	B	C	T
	ss	ss	ss	ss		ss	ss	ss	ss
1	0,93	1,44	2,14	4,51	6	0,86	1,39	2,05	4,30
2	0,82	1,36	1,99	4,17	7	0,91	1,41	2,08	4,40
3	0,95	1,47	2,19	4,61	8	1,01	1,55	2,30	4,86
4	0,97	1,48	2,20	4,65	9	0,92	1,42	2,11	4,45
5	0,79	1,33	1,99	4,11	10	0,89	1,40	2,06	4,35

	D ₀	Norm.	\bar{X}	σ
A	0,2824	SI	0,91	0,07
B	0,2782	SI	1,43	0,06
C	0,2799	SI	2,11	0,10
T _{Total}	0,2825	SI	4,44	0,23

A Tiempo de caída del martillo C Tiempo sin accionamiento
B Tiempo de subida del martillo

Equipo: Torno Operación: 4. Cilindrar (DOS PASADAS)

N°	A	B	C	D	E	F	TOTAL	N°	A	B	C	D	E	F	TOTAL
	ss	ss	ss	ss	ss	ss			ss	ss	ss	ss	ss	ss	
1	30,1	20,4	40,4	14,9	40,2	33,8	179,8	6	31,3	21,4	40,6	16,2	40,3	35,7	185,5
2	31,8	21,7	40,7	16,7	40,3	36,3	187,5	7	29,8	20,1	40,2	14,8	40,1	33,1	178,1
3	30,9	20,9	40,6	15,9	40,2	35,3	183,8	8	32,3	22,2	40,8	16,9	40,3	36,6	189,1
4	33,0	22,6	40,8	17,7	40,4	38,1	192,6	9	30,6	20,8	40,5	15,6	40,2	34,7	182,4
5	30,4	20,5	40,4	15,2	40,2	34,2	180,9	10	31,5	21,5	40,6	16,4	40,3	36,0	186,3

	D ₀	Norm.	\bar{X}	σ
A	0,2837	SI	31,2	1,01
B	0,2838	SI	21,2	0,81
C	0,2778	SI	40,6	0,19
D	0,2840	SI	16,0	0,93
E	0,2667	SI	40,3	0,08
F	0,2823	SI	35,4	1,48
T _{Total}	0,2846	SI	184,6	4,48

A Tiempo de montaje D Tiempo de limpieza y ajuste
B Tiempo de preparación E Tiempo de la operación de cilindrado 2
C Tiempo de la operación de cilindrado 1 F Tiempo de desmonte y limpieza

Equipo: Tanques de tratamientos químicos Operación: 5. Desengrase (Pieza 1)

N°	L	A		B		T		N°	L	A		B		T	
		mm	ss	mm	ss	mm	ss			mm	ss	mm	ss	mm	ss
1	11	1	36	14	12	15	48	6	12	1	51	14	37	16	28
2	12	1	55	14	44	16	39	7	12	1	53	14	40	16	33
3	12	2	04	14	56	17	00	8	13	2	09	15	15	17	24
4	11	1	41	14	21	16	02	9	12	2	00	14	53	16	53
5	12	1	58	14	49	16	47	10	13	2	07	15	05	17	12

	D ₀	Norm.	\bar{X}	σ
L	0,2530	SI	12,00	0,67
A	0,2798	SI	1 55	0 11
B	0,2810	SI	14 45	0 19
T _{Total}	0,2811	SI	15 40	0 30

A Tiempo de preparación B Tiempo de operación

**METODOLOGÍA PARA EL USO RACIONAL Y EFICIENTE DE LA ENERGÍA DESDE EL ENFOQUE EXERGÉTICO
EN INDUSTRIA CAUCHOS RECORD LTDA.**

ANEXO H. Estudio de Tiempos de los Repuestos Seleccionados.

Equipo: Tanques de tratamientos químicos Operación: 6. Fosforado (Pieza 1)

N°	L	A		B		T	
		mm	ss	mm	ss	mm	ss
1	11	0	15	27	58	28	13
2	12	0	11	27	28	27	39
3	12	0	28	28	26	28	52
4	11	0	12	27	39	27	51
5	12	0	25	28	20	28	45

N°	L	A		B		T	
		mm	ss	mm	ss	mm	ss
6	12	0	29	28	43	29	12
7	12	0	20	28	07	28	27
8	13	0	32	28	58	29	30
9	12	0	08	26	55	27	03
10	13	0	39	29	12	29	51

	D ₀	Norm.	\bar{X}	σ
L	0,2530	SI	12,00	0,67
A	0,2843	SI	0 22	0 10
B	0,2842	SI	28 11	0 42
T _{Total}	0,2855	SI	28 33	0 52

A Tiempo de preparación B Tiempo de operación

Equipo: Cortadora Operación: 8. Cortar

N°	A	B	C	D	T
	ss	ss	ss	ss	ss
1	9,5	0,8	42,9	24,1	98,9
2	11,0	1,4	43,9	28,0	113,4
3	11,9	1,4	44,0	28,1	114,7
4	10,0	1,1	43,3	25,5	106,3
5	10,4	1,3	43,7	27,1	111,2

N°	A	B	C	D	T
	ss	ss	ss	ss	ss
6	10,1	1,1	43,4	26,6	109,4
7	10,6	1,3	43,8	27,2	112,8
8	12,1	1,5	44,6	29,8	116,9
9	9,8	1,0	43,3	24,8	102,3
10	10,4	1,2	43,5	26,7	110,5

	D ₀	Norm.	\bar{X}	σ
A	0,2737	SI	10,58	0,86
B	0,2794	SI	1,21	0,21
C	0,2748	SI	43,64	0,47
D	0,2795	SI	26,79	1,68
T _{Total}	0,2760	SI	109,64	5,64

A Tiempo de montaje C Tiempo de ejecución de la operación
B Tiempo de preparación D Tiempo de desmonte y limpieza

Equipo: Torno Operación: 9. Cortar

N°	A	B	C	D	T
	ss	ss	ss	ss	ss
1	29,1	15,8	35,0	22,3	102,2
2	27,4	14,7	34,7	19,5	96,3
3	31,8	16,6	35,9	24,8	109,1
4	27,1	14,6	34,6	18,2	94,5
5	28,0	15,6	35,0	21,1	99,7

N°	A	B	C	D	T
	ss	ss	ss	ss	ss
6	31,0	16,0	35,6	24,6	107,2
7	27,6	15,2	35,0	19,6	97,4
8	33,3	18,1	36,6	25,5	113,5
9	29,9	15,9	35,4	22,6	103,8
10	26,9	14,5	34,5	15,1	91,0

	D ₀	Norm.	\bar{X}	σ
A	0,2769	SI	29,2	2,22
B	0,2678	SI	15,7	1,09
C	0,2712	SI	35,2	0,65
D	0,2808	SI	21,3	3,29
T _{Total}	0,2851	SI	101,5	7,04

A Tiempo de montaje C Tiempo de ejecución de la operación
B Tiempo de preparación D Tiempo de desmonte y limpieza

Equipo: Troqueladora Operación: 10. Ampliar (Pieza 2)

**METODOLOGÍA PARA EL USO RACIONAL Y EFICIENTE DE LA ENERGÍA DESDE EL ENFOQUE EXERGÉTICO
EN INDUSTRIA CAUCHOS RECORD LTDA.**

ANEXO H. Estudio de Tiempos de los Repuestos Seleccionados.

N°	A	B	C	T
	ss	ss	ss	ss
1	0,84	1,27	1,43	3,54
2	0,78	1,19	1,34	3,31
3	0,82	1,24	1,40	3,46
4	0,86	1,28	1,45	3,59
5	0,83	1,25	1,41	3,49

N°	A	B	C	T
	ss	ss	ss	ss
6	0,80	1,21	1,37	3,38
7	0,87	1,29	1,49	3,65
8	0,80	1,23	1,39	3,42
9	0,79	1,20	1,36	3,35
10	0,90	1,33	1,52	3,75

	D ₀	Norm.	\bar{X}	σ
A	0,2818	SI	0,83	0,04
B	0,2834	SI	1,25	0,04
C	0,2810	SI	1,42	0,06
T _{Total}	0,2831	SI	3,50	0,14

A Tiempo de caída del martillo
B Tiempo de subida del martillo

C Tiempo sin accionamiento
TOTAL Tiempo total de operación

Equipo: Torno Operación: 11. Cilindrar

N°	A	B	C	D	T
	ss	ss	ss	ss	ss
1	31,1	17,0	36,2	27,7	112,0
2	27,7	15,6	36,0	26,4	105,7
3	32,8	19,3	36,4	30,1	118,6
4	41,5	24,9	37,0	36,0	139,4
5	31,4	17,8	36,2	28,9	114,3

N°	A	B	C	D	T
	ss	ss	ss	ss	ss
6	36,8	21,7	36,6	32,5	127,6
7	29,9	16,4	36,1	27,0	109,4
8	34,7	20,5	36,5	31,4	123,1
9	32,0	18,4	36,3	29,4	116,1
10	39,0	22,6	36,8	33,6	132,0

	D ₀	Norm.	\bar{X}	σ
A	0,2789	SI	33,7	4,29
B	0,2826	SI	19,4	2,98
C	0,2803	SI	36,4	0,32
D	0,2824	SI	30,3	3,07
T _{Total}	0,2828	SI	119,8	10,63

A Tiempo de montaje
B Tiempo de preparación

C Tiempo de ejecución de la operación
D Tiempo de desmonte y limpieza

Equipo: Tanques de tratamientos químicos Operación: 12. Desengrase (Pieza 2)

N°	L	A		B		T	
		mm	ss	mm	ss	mm	ss
1	12	2	11	15	09	17	20
2	11	1	59	14	37	16	36
3	13	2	16	15	34	17	50
4	12	2	01	14	49	16	50
5	12	2	08	15	01	17	09

N°	L	A		B		T	
		mm	ss	mm	ss	mm	ss
6	13	2	20	15	40	18	00
7	11	1	56	14	02	15	58
8	12	2	15	15	16	17	31
9	12	2	00	14	42	16	42
10	13	2	20	16	00	18	20

	D ₀	Norm.	\bar{X}	σ
L	0,2643	SI	12,10	0,74
A	0,2828	SI	2 09	0 09
B	0,2820	SI	15 05	0 35
T _{Total}	0,2843	SI	17 14	0 44

A Tiempo de preparación

B Tiempo de operación

Equipo: Tanques de tratamientos químicos Operación: 13. Fosforado (Pieza 2)

**METODOLOGÍA PARA EL USO RACIONAL Y EFICIENTE DE LA ENERGÍA DESDE EL ENFOQUE EXERGÉTICO
EN INDUSTRIA CAUCHOS RECORD LTDA.**

ANEXO H. Estudio de Tiempos de los Repuestos Seleccionados.

N°	L	A		B		T	
		mm	ss	mm	ss	mm	ss
1	12	0	37	29	17	29	54
2	11	0	19	26	41	27	00
3	13	0	29	27	54	28	23
4	12	0	17	26	28	26	45
5	12	0	24	27	10	27	34

N°	L	A		B		T	
		mm	ss	mm	ss	mm	ss
6	13	0	30	28	30	29	00
7	11	0	28	27	35	28	03
8	12	0	30	28	16	28	46
9	12	0	21	27	02	27	23
10	13	0	20	26	53	27	17

	D ₀	Norm.	\bar{X}	σ
L	0,2643	SI	12,10	0,74
A	0,2798	SI	0 26	0 06
B	0,2818	SI	27 34	0 56
T _{Total}	0,2820	SI	28 00	1 02

A Tiempo de preparación

B Tiempo de operación

Equipo:

Operación: 15. Vulcanizado

N°	A		B		C		D		E		TOTAL	
	mm	ss	mm	ss	mm	ss	mm	ss	mm	ss	mm	ss
1	02	00	00	12	18	11	00	24	00	33	21	20
2	01	37	00	12	17	05	00	23	00	45	20	47
3	01	31	00	10	19	41	00	23	00	39	22	24
4	02	10	00	12	16	50	00	25	00	33	20	25
5	01	29	00	12	18	00	00	23	00	33	20	37
6	01	41	00	11	17	16	00	23	00	51	20	22
7	01	52	00	12	19	08	00	24	00	37	22	13
8	01	50	00	13	17	41	00	24	00	34	20	42
9	01	30	00	12	16	57	00	23	00	43	19	45
10	02	21	00	12	18	44	00	26	00	41	22	24

	D ₀	Norm.	\bar{X}	σ
A	0,2790	SI	108,1	17,89
B	0,2271	SI	11,8	0,79
C	0,2815	SI	1077,0	58,69
D	0,2552	SI	24,0	1,03
E	0,2787	SI	100,0	6,90
T _{Total}	0,2762	SI	1327,0	96,66

A Tiempo de preparación del material

B Tiempo de accionamiento de la prensa

C Tiempo de vulcanizado

D Tiempo de accionamiento de la prensa

E Tiempo de desmontaje

**METODOLOGÍA PARA EL USO RACIONAL Y EFICIENTE DE LA ENERGÍA DESDE EL ENFOQUE EXERGÉTICO
EN INDUSTRIA CAUCHOS RECORD LTDA.**

ANEXO H. Estudio de Tiempos de los Repuestos Seleccionados.

INDUSTRIA CAUCHOS RECORD LTDA.



A

TIEMPOS

OBSERVADO POR:	GERMÁN ALFONSO OSMA PINTO		
Unidad de tiempo	Según especificación	Pieza:	BUJE MUELLE DODGE
Fecha:		Referencia:	RB – 135

Intervalo de los valores críticos D N = 10 α = 5% [0,2513 0,2849]

Nº	Número de la muestra	Norm.	Aceptación de la normalidad de los datos de la muestra
D₀	Valor del estadístico de prueba	σ	Desviación estándar
X	Tiempo medio muestral		

Equipo: Torno Operación: 1. Cortar

Nº	A	B	C	D	T
	SS	SS	SS	SS	SS
1	25,5	10,1	31,8	22,0	89,4
2	26,6	11,4	32,3	22,6	92,9
3	30,1	13,7	33,0	24,0	100,8
4	22,3	8,9	31,2	21,4	83,8
5	32,0	14,9	33,4	26,1	106,4

Nº	A	B	C	D	T
	SS	SS	SS	SS	SS
6	26,4	11,0	32,2	22,5	92,1
7	27,8	11,9	32,5	23,0	95,2
8	24,5	9,5	31,6	21,6	87,2
9	28,9	12,5	32,6	23,3	97,3
10	26,1	10,6	31,9	22,3	90,9

	D ₀	Norm.	\bar{X}	σ
A	0,2797	SI	27,0	2,80
B	0,2817	SI	11,5	1,87
C	0,2833	SI	32,3	0,66
D	0,2602	SI	22,9	1,37
T _{Total}	0,2793	SI	93,7	6,64

- | | | | |
|---|-----------------------|---|-------------------------------------|
| A | Tiempo de montaje | C | Tiempo de ejecución de la operación |
| B | Tiempo de preparación | D | Tiempo de desmonte y limpieza |

Equipo: Torno Operación: 2. Biselar

Nº	A	B	C	D	T
	SS	SS	SS	SS	SS
1	25,9	9,6	1,8	16,9	54,2
2	27,9	11,8	1,9	17,8	59,4
3	24,3	9,2	1,8	15,3	50,6
4	25,6	9,3	1,8	16,2	52,9
5	30,1	13,6	2,1	19,9	65,7

Nº	A	B	C	D	T
	SS	SS	SS	SS	SS
6	28,4	11,9	2,0	19,2	61,5
7	29,9	12,0	2,0	19,5	63,4
8	26,3	10,4	1,8	17,2	55,7
9	26,5	10,7	1,9	17,4	56,5
10	26,1	10,1	1,8	17,1	55,1

	D ₀	Norm.	\bar{X}	σ
A	0,2776	SI	27,1	1,91
B	0,2782	SI	10,9	1,43
C	0,2634	SI	1,9	0,11
D	0,2792	SI	17,7	1,48
T _{Total}	0,2824	SI	57,6	4,85

- | | | | |
|---|-----------------------|---|-------------------------------------|
| A | Tiempo de montaje | C | Tiempo de ejecución de la operación |
| B | Tiempo de preparación | D | Tiempo de desmonte y limpieza |

**METODOLOGÍA PARA EL USO RACIONAL Y EFICIENTE DE LA ENERGÍA DESDE EL ENFOQUE EXERGÉTICO
EN INDUSTRIA CAUCHOS RECORD LTDA.**

ANEXO H. Estudio de Tiempos de los Repuestos Seleccionados.

Equipo: Troqueladora **Operación:** 3. Ampliar (Pieza 1)

N°	A	B	C	T
	ss	ss	ss	ss
1	0,84	1,27	1,45	3,56
2	0,85	1,29	1,48	3,62
3	0,91	1,38	1,57	3,86
4	0,87	1,31	1,49	3,67
5	0,85	1,28	1,46	3,59

N°	A	B	C	T
	ss	ss	ss	ss
6	0,82	1,24	1,42	3,48
7	0,90	1,35	1,53	3,78
8	0,80	1,23	1,40	3,43
9	0,88	1,33	1,50	3,71
10	0,84	1,26	1,43	3,53

	D ₀	Norm.	\bar{X}	σ
A	0,2820	SI	0,86	0,03
B	0,2834	SI	1,29	0,05
C	0,2824	SI	1,47	0,05
T _{Total}	0,2840	SI	3,62	0,13

A Tiempo de caída del martillo
B Tiempo de subida del martillo

C Tiempo sin accionamiento

Equipo: Torno **Operación:** 4. Cilindrar

N°	A	B	C	D	T
	ss	ss	ss	ss	ss
1	32,5	22,8	39,3	31,2	125,8
2	27,4	17,7	38,4	24,4	107,9
3	26,1	16,2	38,2	21,2	101,7
4	34,9	24,9	39,9	33,4	133,1
5	26,3	16,3	38,3	22,3	103,2

N°	A	B	C	D	T
	ss	ss	ss	ss	ss
6	31,4	21,6	39,2	30,0	122,2
7	27,8	18,4	38,5	26,1	110,8
8	30,0	20,3	39,0	28,9	118,2
9	26,8	17,0	38,4	23,5	105,7
10	28,9	19,5	38,6	26,7	113,7

	D ₀	Norm.	\bar{X}	σ
A	0,2767	SI	29,2	2,94
B	0,2807	SI	19,5	2,92
C	0,2706	SI	38,8	0,55
D	0,2859	SI	26,8	4,03
T _{Total}	0,2824	SI	114,2	10,40

A Tiempo de montaje
B Tiempo de preparación

C Tiempo de ejecución de la operación
D Tiempo de desmonte y limpieza

Equipo: Torno **Operación:** 5. Cilindrar

N°	A	B	C	D	T
	ss	ss	ss	ss	ss
1	29,2	15,3	37,2	22,9	104,6
2	40,2	23,5	38,4	31,8	133,9
3	30,2	15,6	37,2	23,7	106,7
4	31,4	16,5	37,3	24,5	109,7
5	36,1	20,4	37,9	28,9	123,3

N°	A	B	C	D	T
	ss	ss	ss	ss	ss
6	34,7	18,8	37,8	27,4	118,7
7	38,9	22,0	38,0	30,4	129,3
8	28,9	15,2	37,1	22,5	103,7
9	33,6	17,8	37,6	26,6	115,6
10	32,5	16,9	37,5	25,8	112,7

	D ₀	Norm.	\bar{X}	σ
A	0,2826	SI	33,6	3,92
B	0,2771	SI	18,2	2,92
C	0,2800	SI	37,6	0,42
D	0,2844	SI	26,5	3,18
T _{Total}	0,2822	SI	115,9	10,41

**METODOLOGÍA PARA EL USO RACIONAL Y EFICIENTE DE LA ENERGÍA DESDE EL ENFOQUE EXERGÉTICO
EN INDUSTRIA CAUCHOS RECORD LTDA.**

ANEXO H. Estudio de Tiempos de los Repuestos Seleccionados.

A Tiempo de montaje
B Tiempo de preparación

C Tiempo de ejecución de la operación
D Tiempo de desmonte y limpieza

Equipo: Tanques de tratamientos químicos Operación: 6. Desengrase (Pieza 1)

N°	L	A		B		T	
		mm	ss	mm	ss	mm	ss
1	13	1	42	13	02	14	44
2	14	1	58	13	45	15	43
3	14	1	51	13	21	15	12
4	14	2	04	13	59	16	03
5	12	1	34	12	26	14	00

N°	L	A		B		T	
		mm	ss	mm	ss	mm	ss
6	14	1	53	13	32	15	25
7	14	2	06	14	11	16	17
8	15	2	10	14	20	16	30
9	12	1	39	12	36	14	15
10	15	2	30	15	07	17	37

	D ₀	Norm.	\bar{X}	σ
L	0,2637	SI	13,70	1,06
A	0,2789	SI	1 57	0 17
B	0,2829	SI	13 38	0 49
T _{Total}	0,2823	SI	15 35	1 06

A Tiempo de preparación

B Tiempo de operación

Equipo: Tanques de tratamientos químicos Operación: 7. Fosforado (Pieza 1)

N°	L	A		B		T	
		mm	ss	mm	ss	mm	ss
1	13	0	15	24	49	25	04
2	14	0	31	25	51	26	22
3	14	0	21	25	12	25	33
4	14	0	30	25	39	26	09
5	12	0	20	25	06	25	26

N°	L	A		B		T	
		mm	ss	mm	ss	mm	ss
6	14	0	28	25	27	25	53
7	14	0	35	25	57	26	32
8	15	0	16	25	00	25	16
9	12	0	37	25	58	26	35
10	15	0	39	26	44	27	23

	D ₀	Norm.	\bar{X}	σ
L	0,2637	SI	13,70	1,06
A	0,2842	SI	0 27	0 09
B	0,2775	SI	25 34	0 35
T _{Total}	0,2811	SI	26 01	0 43

A Tiempo de preparación

B Tiempo de operación

Equipo: Torno Operación: 9. Cortar

N°	A	B	C	D	T
	ss	ss	ss	ss	ss
1	32,5	13,8	28,5	21,8	96,6
2	33,1	14,5	28,9	22,2	98,7
3	31,2	13,5	28,3	21,6	94,6
4	35,6	15,6	29,5	23,0	103,7
5	37,8	17,8	30,6	25,1	111,3

N°	A	B	C	D	T
	ss	ss	ss	ss	ss
6	32,9	14,1	28,5	21,9	97,4
7	34,9	15,2	29,1	22,8	102,0
8	33,8	14,9	29,0	22,6	100,3
9	29,9	12,3	28,1	21,2	91,5
10	30,1	13,2	28,3	21,5	93,1

	D ₀	Norm.	\bar{X}	σ
A	0,2812	SI	33,2	2,48
B	0,2713	SI	14,5	1,52
C	0,2608	SI	28,9	0,74
D	0,2545	SI	22,4	1,12
T _{Total}	0,2742	SI	99,0	5,80

A Tiempo de montaje
B Tiempo de preparación

C Tiempo de ejecución de la operación
D Tiempo de desmonte y limpieza

**METODOLOGÍA PARA EL USO RACIONAL Y EFICIENTE DE LA ENERGÍA DESDE EL ENFOQUE EXERGÉTICO
EN INDUSTRIA CAUCHOS RECORD LTDA.**

ANEXO H. Estudio de Tiempos de los Repuestos Seleccionados.

Equipo: Torno Operación: 10. Biselar

N°	A	B	C	D	T
	ss	ss	ss	ss	ss
1	18,2	8,3	1,9	8,1	36,5
2	17,3	7,6	1,9	7,7	34,5
3	21,0	10,2	2,2	9,9	43,3
4	18,6	8,9	2,0	8,8	38,3
5	17,9	8,2	1,9	7,9	35,9

N°	A	B	C	D	T
	ss	ss	ss	ss	ss
6	17,2	7,4	1,9	7,7	34,2
7	19,1	9,4	2,2	8,9	39,6
8	18,9	9,0	2,1	8,9	38,9
9	17,6	7,7	1,9	7,7	34,9
10	19,6	9,6	2,2	9,4	40,8

	D ₀	Norm.	\bar{X}	σ
A	0,2752	SI	18,5	1,17
B	0,2845	SI	8,6	0,94
C	0,2638	SI	2,0	0,14
D	0,2761	SI	8,5	0,79
T _{Total}	0,2809	SI	37,7	3,01

- A Tiempo de montaje
B Tiempo de preparación
C Tiempo de ejecución de la operación
D Tempo de desmonte y limpieza

Equipo: Troqueladora Operación: 11. Reducir (Pieza 2)

N°	A	B	C	T
	ss	ss	ss	ss
1	0,86	1,25	1,49	3,60
2	0,89	1,27	1,53	3,69
3	0,79	1,18	1,38	3,35
4	0,91	1,31	1,62	3,84
5	0,87	1,26	1,52	3,65

N°	A	B	C	T
	ss	ss	ss	ss
6	0,80	1,19	1,39	3,38
7	0,90	1,29	1,60	3,79
8	0,83	1,20	1,40	3,43
9	0,96	1,35	1,71	4,02
10	0,83	1,22	1,43	3,48

	D ₀	Norm.	\bar{X}	σ
A	0,2826	SI	0,86	0,05
B	0,2838	SI	1,25	0,06
C	0,2807	SI	1,51	0,11
T _{Total}	0,2830	SI	3,62	0,22

- A Tiempo de caída del martillo
B Tiempo de subida del martillo
C Tiempo sin accionamiento

Equipo: Torno Operación: 12. Cilindrar

N°	A	B	C	D	T
	ss	ss	ss	ss	ss
1	35,6	18,9	38,7	26,7	119,9
2	31,1	15,2	38,1	22,1	106,5
3	39,9	21,5	39,4	31,1	131,9
4	35,2	17,1	38,6	26,6	117,5
5	32,5	15,6	38,2	22,3	108,6

N°	A	B	C	D	T
	ss	ss	ss	ss	ss
6	34,6	15,8	38,6	24,6	113,6
7	38,2	19,9	39,2	28,9	126,2
8	33,0	15,7	38,4	23,5	110,6
9	37,1	19,0	39,0	27,8	122,9
10	35,1	16,0	38,6	25,5	115,2

	D ₀	Norm.	\bar{X}	σ
A	0,2817	SI	35,2	2,67
B	0,2729	SI	17,5	2,20
C	0,2789	SI	38,7	0,42
D	0,2835	SI	25,9	2,90
T _{Total}	0,2838	SI	117,3	8,07

- A Tiempo de montaje
B Tiempo de preparación
C Tiempo de ejecución de la operación
D Tempo de desmonte y limpieza

**METODOLOGÍA PARA EL USO RACIONAL Y EFICIENTE DE LA ENERGÍA DESDE EL ENFOQUE EXERGÉTICO
EN INDUSTRIA CAUCHOS RECORD LTDA.**

ANEXO H. Estudio de Tiempos de los Repuestos Seleccionados.

Equipo: Tanques de tratamientos químicos **Operación:** 13. Desengrase (Pieza 2)

N°	L	A		B		T	
		mm	ss	mm	ss	mm	ss
1	13	1	22	12	15	13	37
2	14	1	46	12	35	14	21
3	15	2	01	13	21	15	22
4	14	1	48	12	57	14	45
5	15	2	26	14	23	16	49

N°	L	A		B		T	
		mm	ss	mm	ss	mm	ss
6	15	2	07	13	32	15	39
7	14	1	41	12	29	14	10
8	15	2	11	13	46	15	57
9	15	2	39	14	59	17	38
10	14	1	55	13	10	15	05

	D ₀	Norm.	\bar{X}	σ
L	0,2563	SI	14,40	0,70
A	0,2808	SI	2 00	0 22
B	0,2798	SI	13 21	0 52
T _{Total}	0,2811	SI	15 21	1 14

A Tiempo de preparación B Tiempo de operación

Equipo: Tanques de tratamientos químicos **Operación:** 14. Fosforado (Pieza 2)

N°	L	A		B		T	
		mm	ss	mm	ss	mm	ss
1	13	0	17	25	36	25	53
2	14	0	21	25	49	26	10
3	15	0	12	25	21	25	33
4	14	0	23	25	55	26	18
5	15	0	20	25	40	26	00

N°	L	A		B		T	
		mm	ss	mm	ss	mm	ss
6	15	0	08	24	37	24	45
7	14	0	28	26	02	26	30
8	15	0	36	26	13	26	49
9	15	0	11	25	10	25	21
10	14	0	40	26	39	27	19

	D ₀	Norm.	\bar{X}	σ
L	0,2563	SI	14,40	0,70
A	0,2807	SI	0 22	0 11
B	0,2785	SI	25 42	0 34
T _{Total}	0,2815	SI	26 04	0 45

A Tiempo de preparación B Tiempo de operación

Equipo: **Operación:** 16. Vulcanizado

N°	N _M	A		B		C		D		E		TOTAL	
		mm	ss	mm	ss	mm	ss	mm	ss	mm	ss	mm	ss
1		01	22	00	16	16	10	00	30	01	20	19	38
2		01	54	00	16	16	43	00	34	01	30	20	57
3		01	20	00	16	17	48	00	28	01	07	20	59
4		01	23	00	14	16	13	00	29	01	14	19	33
5		01	13	00	15	16	36	00	31	01	41	20	16
6		01	45	00	15	17	37	00	29	01	34	21	40
7		01	31	00	14	17	07	00	29	01	13	20	34
8		01	47	00	15	16	22	00	31	01	27	20	22
9		01	13	00	15	17	21	00	33	01	43	21	05
10		01	17	00	15	16	31	00	29	01	15	19	47

	D ₀	Norm.	\bar{X}	σ
A	0,2742	SI	88,5	15,01
B	0,2643	SI	15,1	0,74
C	0,2811	SI	1011,0	35,24
D	0,2681	SI	30,0	1,95
E	0,2839	SI	84,0	12,47
T _{Total}	0,2816	SI	1229,0	64,93

**METODOLOGÍA PARA EL USO RACIONAL Y EFICIENTE DE LA ENERGÍA DESDE EL ENFOQUE EXERGÉTICO
EN INDUSTRIA CAUCHOS RECORD LTDA.**

ANEXO H. Estudio de Tiempos de los Repuestos Seleccionados.

- | | | | |
|----------|--------------------------------------|----------|--------------------------------------|
| A | Tiempo de preparación del material | D | Tiempo de accionamiento de la prensa |
| B | Tiempo de accionamiento de la prensa | E | Tiempo de desmontaje |
| C | Tiempo de vulcanizado | | |

ANEXO I. INFORMACIÓN ELÉCTRICA DE LA MAQUINARÍA.

En este anexo se presenta la información técnica de los equipos requerida para el desarrollo de este trabajo.

Características eléctricas de los equipos

TORNO Paralelo							
MOTOR	Marca	Tensión (V)	Corriente (A)	Fases	cosφ	HP	Calibre del conductor
Principal	Schindler Luzern	220	10,4	3φ	0,8	3,2	AWG 10
Refrigeración	-	380	0,6	3φ	0,8	0,25	AWG 14
TORNO Alemán							
MOTOR	Marca	Tensión (V)	Corriente (A)	Fases	cosφ	HP	Calibre del conductor
Principal	Breuer Werke	380	11,8	3φ	0,8	5,5	AWG 10
Refrigeración	-	220	1,0	3φ	0,8	0,25	AWG 12
TORNO Jumbo							
MOTOR	Marca	Tensión (V)	Corriente (A)	Fases	cosφ	HP	Calibre del conductor
Principal	-	220	21,0	3φ	0,8	6,5	AWG 10
Refrigeración	-	220	0,5	3φ	0,8	0,13	AWG 12
TORNO Revólver pequeño							
MOTOR	Marca	Tensión (V)	Corriente (A)	Fases	cosφ	HP	Calibre del conductor
Principal	Ramco Machinery	220	6,0	3φ	0,8	2,0	AWG 10
Refrigeración	-	220	1,5	3φ	0,8	0,5	AWG 14
TORNO Revólver Neumático							
MOTOR	Marca	Tensión (V)	Corriente (A)	Fases	cosφ	HP	Calibre del conductor
Principal	-	220	16,4	3φ	0,8	5,0	AWG 10
Refrigeración	-	220	4,0	3φ	0,8	2,0	AWG 12
TORNO CNC (No posee planos. Inaccesible para inspeccionar)							
MOTOR	Marca	Tensión (V)	Corriente (A)	Fases	cosφ	HP	Calibre del conductor
Principal	-	-	-	-	-	-	-
Refrigeración	-	-	-	-	-	-	-

ESMERIL Primer Piso							
MOTOR	Marca	Tensión (V)	Corriente (A)	Fases	cosφ	HP	Calibre del conductor
Principal	Siemens	220	2,8	3φ	0,71	1,0	AWG
ESMERIL Segundo Piso							
MOTOR	Marca	Tensión (V)	Corriente (A)	Fases	cosφ	HP	Calibre del conductor
Principal	Siemens	220	2,8	3φ	0,71	1,0	AWG

TALADRO Fujian Dong Fang							
MOTOR	Marca	Tensión (V)	Corriente (A)	Fases	cosφ	HP	Calibre del conductor
Principal	-	220	8,2	3φ	0,8	3,0	AWG 10
TALADRO Startrite Engineering Co.							
MOTOR	Marca	Tensión (V)	Corriente (A)	Fases	cosφ	HP	Calibre del conductor
Principal	-	220	6,2	3φ	0,8	2,0	AWG 10

COMPRESOR Doer Emerson Electric							
MOTOR	Marca	Tensión (V)	Corriente (A)	Fases	cosφ	HP	Calibre del conductor
Principal	Doer Emerson E.	240	15,0	3φ	0,8	5,0	AWG 10

**METODOLOGÍA PARA EL USO RACIONAL Y EFICIENTE DE LA ENERGÍA DESDE EL ENFOQUE EXERGÉTICO
EN INDUSTRIA CAUCHOS RECORD LTDA.**

ANEXO I. Información Eléctrica de la Maquinaria.

TROQUELADORA Baldor Industrial							
MOTOR	Marca	Tensión (V)	Corriente (A)	Fases	cosφ	HP	Calibre del conductor
Principal	-	230	14,0	3φ	0,8	5,0	AWG 10

TROQUELADORA Ulecia Asea							
MOTOR	Marca	Tensión (V)	Corriente (A)	Fases	cosφ	HP	Calibre del conductor
Principal	-	220	20,8	3φ	0,8	8,0	AWG 10

SIERRA O CORTADORA							
MOTOR	Marca	Tensión (V)	Corriente (A)	Fases	cosφ	HP	Calibre del conductor
Principal	Electromec	240	2,8	3φ	0,82	1,0	AWG 12
Refrigeración	Electromec	240	0,5	3φ	0,8	0,2	AWG 12

GENERADOR DE ACEITE CALIENTE PRIMER PISO							
MOTOR	Marca	Tensión (V)	Corriente (A)	Fases	cosφ	HP	Calibre del conductor
1	General Electric	220	14,0	3φ	0,8	5,0	AWG
2	General Electric	220	14,8	3φ	0,8	5,5	AWG

GENERADOR DE ACEITE CALIENTE SEGUNDO PISO							
MOTOR	Marca	Tensión (V)	Corriente (A)	Fases	cosφ	HP	Calibre del conductor
1	General Electric	220	14,5	3φ	0,8	5,5	AWG

SISTEMA HIDRÁULICO							
MOTOR	Marca	Tensión (V)	Corriente (A)	Fases	cosφ	HP	Calibre del conductor
Principal	Siemens	220	24,2	3φ	0,86	9,0	AWG

MOLINO							
MOTOR	Marca	Tensión (V)	Corriente (A)	Fases	cosφ	HP	Calibre del conductor
Principal	CEM Cuiracem	440	34	3φ	0,81	25,0	AWG 8
Refrigeración	-	220	1,0	3φ	0,8	0,33	AWG 14

TAMBOR							
MOTOR	Marca	Tensión (V)	Corriente (A)	Fases	cosφ	HP	Calibre del conductor
Principal	-	220	3,8	3φ	0,8	1,4	AWG 12

VENTILADOR 1							
MOTOR	Marca	Tensión (V)	Corriente (A)	Fases	cosφ	HP	Calibre del conductor
Principal	Siemens	110	3,5	1φ	0,8	0,25	AWG 12

VENTILADOR 2							
MOTOR	Marca	Tensión (V)	Corriente (A)	Fases	cosφ	HP	Calibre del conductor
Principal	Siemens	110	3,5	1φ	0,8	0,25	AWG 12

VENTILADOR 3							
MOTOR	Marca	Tensión (V)	Corriente (A)	Fases	cosφ	HP	Calibre del conductor
Principal	Siemens	110	3,5	1φ	0,8	0,25	AWG 12

VENTILADOR 4							
MOTOR	Marca	Tensión (V)	Corriente (A)	Fases	cosφ	HP	Calibre del conductor
Principal	Siemens	110	3,5	1φ	0,8	0,25	AWG 12

SOLDADOR DE PUNTO							
UNIDAD	Marca	Tensión (V)	Corriente (A)	Fases	Calibre del conductor		
1	-	220	50	3φ	AWG 6		

SOLDADOR DE ARCO							
UNIDAD	Marca	Tensión (V)	Corriente (A)	Fases	Calibre del conductor		
1	-	220	40	3φ	AWG 6		

ZINCADO							
MOTOR	Marca	Tensión (V)	Corriente (A)	Fases	Calibre del conductor		
Principal	-	220	100	3φ	AWG 2		

ANEXO J. MODELOS EXERGÉTICOS

En el presente anexo se presentan los modelos exergéticos de los siguientes equipos:

- Molino
- Cortadora
- Torno
- Troqueladora
- Cincadora
- Tanques de tratamientos químicos

MODELO EXERGÉTICO DEL MOLINO

Principio de funcionamiento. El caucho utilizado en el vulcanizado se fabrica en la misma empresa. Se obtiene mediante el mezclado de los compuestos en un molino de dos rodillos (figura J1). La preparación del caucho se hace en pesadas (planchas de caucho), con un peso que oscila entre los 25 y 40 kilogramos, un largo aproximado de 6 metros y un ancho de 80 cm. El espesor depende de las piezas a vulcanizar, al igual que la cantidad específica de los compuestos a mezclar.



Figura J1. Molino.

El principio de funcionamiento del molino es mecánico. Mediante un motor eléctrico se transforma energía eléctrica en mecánica. La energía del eje del motor se transmite a través de un reductor de velocidad a un juego de engranajes que a su vez hacen girar los dos rodillos en direcciones opuestas, pero a diferente velocidad, condición necesaria para realizar el mezclado (ver figura J2).

(a) Motor eléctrico y reductor de velocidad

(b) Juegos de engranajes y rodillos

Figura J2. Partes del molino.

El mezclado se realiza a medida que los componentes pasan entre los rodillos y según la separación que se gradué de los rodillos las propiedades del caucho varían. Debido al mezclado a presión la temperatura de los rodillos se eleva haciendo que el caucho se adhiera dificultando obtener un producto con las características físicas deseadas, por lo que se cuenta con un sistema de refrigeración con agua mediante una motobomba. La tabla J1 se registra información característica del molino.

Tabla J1. Información general sobre el molino.

Recursos energéticos:	(1) Electricidad
Operaciones realizadas:	(1) Mezclado
Componentes del sistema:	(7) Dos motores, un reductor de velocidad, un juego de engranajes, dos rodillos, una bomba, varios compuestos y agua.

Se estableció un modelo de seis (6) bloques: los conductores de alimentación para el motor principal, el motor principal, la transmisión mecánica, que comprende el reductor de velocidad, el juego de engranajes y los dos rodillos, los conductores de alimentación del motor de refrigeración, el motor de refrigeración y la operación de mezclado. Además se identificaron nueve (9) flujos que se describen en la tabla J2.

Tabla J2. Flujos identificados del molino.

FLUJO	NOMBRE	DESCRIPCIÓN
1	Electricidad	Flujo eléctrico a través de los conductores de alimentación
2	Electricidad	Alimentación del motor principal
3	Trabajo	Desarrollado por el eje del motor
4	Trabajo	Transmitido por los rodillos a la materia prima
5	Electricidad	Flujo eléctrico a través de los conductores de alimentación
6	Electricidad	Alimentación del motor de refrigeración
7	Trabajo	Transmitido al área de operación
8	Energía cinética y potencial	Impulso del fluido de refrigeración
9	Materia Prima	Compuestos para la obtención del caucho
10	Producto	Caucho utilizado en la operación de vulcanizado

En la tabla J3 se aprecian las características de los flujos identificados.

**METODOLOGÍA PARA EL USO RACIONAL Y EFICIENTE DE LA ENERGÍA DESDE EL ENFOQUE EXERGÉTICO
EN INDUSTRIA CAUCHOS RECORD LTDA.**

ANEXO J. Modelos Exergéticos.

Tabla J3. Características de los flujos identificados del molino.

FLUJO	MASA	Energía	Exergía
1. Electricidad	-	✓	✓
2. Electricidad	-	✓	✓
3. Trabajo	-	✓	✓
4. Trabajo	-	✓	✓
5. Electricidad	-	✓	✓
6. Electricidad	-	✓	✓
7. Trabajo	-	✓	✓
8. Energía cinética y potencial	-	✓	✓
9. Materia Prima	✓	-	-
10. Producto	✓	✓	✓

El modelo establecido del molino se muestra en la figura J3; adicionalmente en la tabla J4 se presentan las expresiones para cuantificar de los flujos.

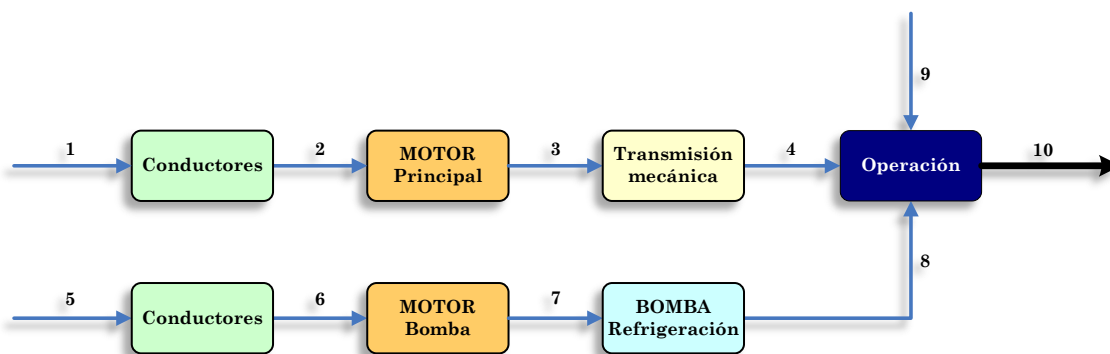


Figura J3. Esquema modelado del molino.

Tabla J4. Formulación matemática de los flujos del molino.

FLUJO	MASA	Energía	Exergía
1. Electricidad	-	$E_1 = B_1 = \int P_1 dt = \sqrt{3} \int V_1 I_1 \cos \varphi_1 dt$	
2. Electricidad	-	$E_2 = B_2 = B_1 - 3 \int I_1^2 R_{L,MP} dt$	
3. Trabajo	-	$E_3 = B_3 = \eta_{MP} B_2$	
4. Trabajo	-	$E_4 = B_4 = B_3 - B_{3,VACÍO}$	
5. Electricidad	-	$E_5 = B_5 = \int P_5 dt = \sqrt{3} \int V_5 I_5 \cos \varphi_5 dt$	
6. Electricidad	-	$E_6 = B_6 = B_5 - 3 \int I_5^2 R_{L,MB} dt$	
7. Trabajo	-	$E_7 = B_7 = \eta_{MB} B_6$	
8. Energía cinética y potencial		$E_8 = B_8 = E_c + E_p = \dot{m}_R (v^2/2 + gh) t$	
9. Materia Prima	$m_9 = m_{MP}$	-	-
10. Producto	$m_{10} = m_9$	$E_{10} = B_{10} = B_4 + B_8$	

Los símbolos empleados para determinar la cuantificación de los flujos se indican a continuación:

**METODOLOGÍA PARA EL USO RACIONAL Y EFICIENTE DE LA ENERGÍA DESDE EL ENFOQUE EXERGÉTICO
EN INDUSTRIA CAUCHOS RECORD LTDA.**

ANEXO J. Modelos Exergéticos.

B_i	Exergía del flujo i, J	R_{L-MB}	Resistencia eléctrica del conductor alimentador del motor de refrigeración, Ω
E_i	Energía del flujo i, J	R_{L-MP}	Resistencia eléctrica del conductor alimentador del motor principal, Ω
g	Constante de gravedad, m/s^2	t	Tiempo, s
h	Altura, m	V_i	Tensión del flujo i, V
I_i	Corriente del flujo i, A	v	Velocidad del fluido refrigerante, m/s
$I_{1-VACIO}$	Corriente del flujo 1 cuando no se mezcla caucho, A	η_{MB}	Rendimiento del motor de refrigeración
m_{MP}	Masa de la materia prima, kg	η_{MP}	Rendimiento del motor principal
\dot{m}_R	Flujo del líquido refrigerante, kg/s	$\cos\varphi_i$	Factor de potencia del flujo i
P_i	Potencia activa del flujo i, W	$\cos\varphi_{1-VACIO}$	Factor de potencia del flujo 1 cuando el molino no mezcla caucho

Ahora se presenta de forma más detallada la determinación cuantitativa del flujo 4, el cual corresponde al trabajo realizado por los rodillos o trabajo efectivo sobre el caucho. Para determinar este valor se tiene presente que cuando el molino se encuentra en la operación de mezclado la exergía del flujo 1 representa la suma de las pérdidas en los conductores, las pérdidas del motor principal, las pérdidas en el reductor de velocidad, las pérdidas en el juego de engranajes, las pérdidas en los rodillos y la energía entregada en forma de trabajo en la operación de mezclado. El trabajo entregado a la operación de mezclado se determina restando a la exergía del flujo 1 antes considerada de la exergía del mismo flujo cuando el molino se encuentra en estado de vacío.

Para determinar de forma cuantitativa lo antes mencionado se precisan las siguientes consideraciones. La expresión (J1) representa la exergía del flujo 1 en cualquier circunstancia. La expresión (J2) representa de manera explícita la exergía suministrada, a través del motor principal, al sistema cuando el molino se encuentra en vacío, en otras palabras las pérdidas del sistema.

$$B_1 = \int P_1 dt = \sqrt{3} \int V_1 I_1 \cos\varphi_1 dt \quad (J1)$$

$$B_{1-VACIO} = \int P_{1-VACIO} dt = \sqrt{3} \int V_1 I_{1-VACIO} \cos\varphi_{1-VACIO} dt = \sqrt{3} V_1 I_{1-VACIO} \cos\varphi_{1-VACIO} \quad (J2)$$

Las pérdidas de vacío son constantes, por ende se evalúa la integral de manera directa, tal como se muestra en (J2). La diferencia de las expresiones (J1) y (J2) precisa la exergía utilizada en el mezclado, tal diferencia se expresa en (J3).

$$B_1 - B_{1-VACIO} = \int P_1 dt - \int P_{1-VACIO} dt = \sqrt{3} \int V_1 I_1 \cos\varphi_1 dt - \sqrt{3} V_1 I_{1-VACIO} \cos\varphi_{1-VACIO} \quad (J3)$$

La anterior expresión omite una consideración fundamental. Las pérdidas en la parte mecánica no se encuentran en función de ninguna magnitud eléctrica, caso contrario de las pérdidas en los

conductores de alimentación. Por ello para tener una expresión más exacta se tiene en cuenta tal consideración, y se tiene (J4) como la relación para calcular la exergía requerida en la operación de mezclado proveniente a través de la línea del motor principal. El último término se suma debido a que ya se contempla en el término anterior que se resta.

$$B_4 = \sqrt{3} \int V_1 I_1 \cos \varphi_1 dt - \sqrt{3} V_1 I_{1-VACIO} \cos \varphi_{1-VACIO} - 3 \int I_1^2 R_{L-MP} dt + 3 I_{11-VACIO}^2 R_{L-MP} dt \quad (J4)$$

La expresión final de la exergía aprovechada en la operación de mezclado se describe por (J5). Donde se relaciona la exergía útil suministrada a la operación por el sistema de refrigeración.

$$B_{10} = \eta_{MP} \left(\sqrt{3} \int V_1 I_1 \cos \varphi_1 dt - \sqrt{3} V_1 I_{1-VACIO} \cos \varphi_{1-VACIO} - 3 \int I_1^2 R_{L-MP} dt + 3 I_{11-VACIO}^2 R_{L-MP} dt \right) + \dot{m}_R (v^2/2 + gh)t \quad (J5)$$

En la tabla J5 se indican las variables según la naturaleza de obtención de sus valores.

Tabla J5. Clasificación de variables en el modelo exergético del molino según la obtención de su valor.

Medidas		Consultadas		Calculadas
h	I_i	g	I_i	B_i
$I_{1-VACIO}$	m_{MP}	R_{L-MB}		E_i
\dot{m}_R	P_i	R_{L-MP}		v
t	V_i	η_{MB}		
$\cos \varphi_i$	$\cos \varphi_{1-VACIO}$	η_{MP}		

MODELO EXERGÉTICO DE LA CORTADORA

Principio de funcionamiento. Una buena parte de los componentes de acero de los repuestos fabricados corresponde a varillas o tubos, que en presentación original son piezas de 6m, por lo que deben cortarse en tramos para trabajarse en los puestos de trabajo posteriores. Para estos repuestos la primera operación corresponde al cortado. La cortadora tiene dos motores, uno se encarga de mover la hoja de corte, el otro hace funcionar la bomba de refrigeración (ver figura J4). El desperdicio de material corresponde a la viruta producida en corte.

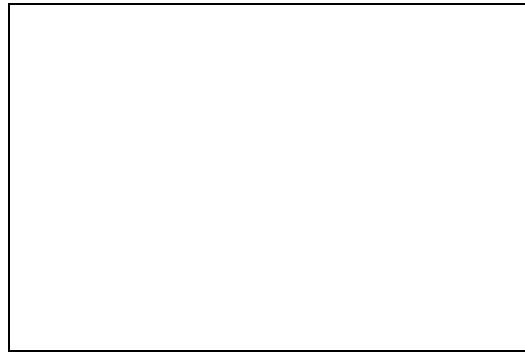


Figura J4. Sierra o cortadora

La tabla J6 se registra información característica de la cortadora.

Tabla J6. Información general de la cortadora.

Recursos energéticos:	(1) Electricidad
Operaciones realizadas:	(1) Cortado
Componentes del sistema:	(2) Motores, bomba y hoja de corte

Se estableció un modelo de seis (6) bloques: los conductores generales de alimentación, el motor principal, la hoja de corte, el motor de la bomba, la bomba y la operación de cortado, además, se identificaron once (11) flujos que se describen en el tabla J7.

Tabla J7. Flujos identificados de la cortadora.

FLUJO	NOMBRE	DESCRIPCIÓN
1	Electricidad	Flujo eléctrico antes de los conductores de alimentación
2	Electricidad	Flujo eléctrico después de los conductores de alimentación
3	Electricidad	Flujo eléctrico de alimentación del motor principal
4	Electricidad	Flujo eléctrico de alimentación de la motor del sistema de refrigeración
5	Trabajo	Desarrollado por el eje del motor principal
6	Trabajo	Efectivo sobre la pieza por la hoja de corte
7	Trabajo	Desarrollado por el eje del motor del sistema de refrigeración
8	Energía cinética y potencial	Impulso del fluido de refrigeración
9	Materia Prima	Varilla o tubo de 6m
10	Desperdicio	Viruta producida en el corte
11	Producto	Tramo cortado

En la tabla J8 se aprecian las características de los flujos identificados.

Tabla J8. Características de los flujos identificados de la cortadora.

FLUJO	MASA	Energía	Exergía
1. Electricidad	-	✓	✓
2. Electricidad	-	✓	✓
3. Electricidad	-	✓	✓
4. Electricidad	-	✓	✓
5. Trabajo	-	✓	✓
6. Trabajo	-	✓	✓
7. Trabajo	-	✓	✓

**METODOLOGÍA PARA EL USO RACIONAL Y EFICIENTE DE LA ENERGÍA DESDE EL ENFOQUE EXERGÉTICO
EN INDUSTRIA CAUCHOS RECORD LTDA.**

ANEXO J. Modelos Exergéticos.

8. Energía cinética y potencial	-	✓	✓
9. Materia Prima	✓	-	-
10. Desperdicio	✓	✓	✓
11. Producto	✓	✓	✓

El modelo exergético de la cortadora se muestra en la figura J5; adicionalmente, en la tabla J9 se presentan las expresiones para cuantificar de los flujos.

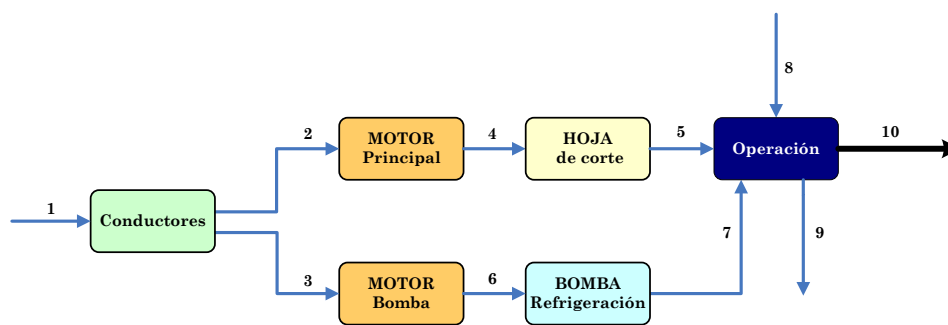


Figura J5. Esquema modelado de la cortadora.

Tabla J9. Formulación matemática de los flujos de la cortadora.

FLUJO	MASA	Energía	Exergía
1. Electricidad	-	$E_1 = B_1 = \int P_1 dt = \sqrt{3} \int V_1 I_1 \cos \varphi_1 dt$	
2. Electricidad	-	$E_2 = B_2 = \sqrt{3} \int V_1 I_1 \cos \varphi_1 dt - 3 \int I_1^2 R_L dt - \sqrt{3} V_n I_n \cos \varphi_n t$	
3. Electricidad	-	$E_3 = B_3 = \int P_3 dt = \sqrt{3} V_n I_n \cos \varphi_n t$	
4. Trabajo	-	$E_4 = B_4 = \eta_{MP} B_2$	
5. Trabajo	-	$E_5 = B_5 = B_4 - B_{4-VACIO}$	
6. Trabajo	-	$E_6 = B_6 = \eta_{MP} B_3$	
7. Energía cinética y potencial	-	$E_7 = B_7 = E_c + E_p = \dot{m}_R (v^2/2 + gh)t$	
8. Materia Prima	$m_8 = m_{MP}$	-	-
9. Desperdicio	$m_9 = m_{desp}$	$E_9 = B_9 = \frac{m_9}{m_8} (B_5 + B_7)$	
10. Producto	$m_{10} = m_{prod}$ m_{10} $= m_9 - m_8$	$E_{10} = B_{10} = \frac{m_{10}}{m_8} (B_5 + B_7)$	

Los símbolos empleados para determinar la cuantificación de los flujos se indican a continuación:

B_i	Exergía del flujo i, J	P_n	Potencia activa nominal del motor del sistema de refrigeración, W
E_i	Energía del flujo i, J	R_L	Resistencia eléctrica del conductor general de alimentación, Ω
g	Constante de gravedad, m/s^2	t	Tiempo, s
h	Altura, m	V_i	Tensión del flujo i, V
I_i	Corriente del flujo i, A	V_n	Tensión nominal de operación del motor del sistema de refrigeración, V
$I_{1-VACIO}$	Corriente del flujo 1 cuando no hay pieza montada, A	V	Velocidad del fluido refrigerante, m/s

**METODOLOGÍA PARA EL USO RACIONAL Y EFICIENTE DE LA ENERGÍA DESDE EL ENFOQUE EXERGÉTICO
EN INDUSTRIA CAUCHOS RECORD LTDA.**

ANEXO J. Modelos Exergéticos.

I_n	Corriente nominal de operación del motor del sistema de refrigeración, A	η_{MB}	Rendimiento del motor de refrigeración
m_{desp}	Masa de la viruta, kg	η_{MP}	Rendimiento del motor principal
m_{MP}	Masa de la materia prima, kg	$cos\varphi_i$	Factor de potencia del flujo i
m_{prod}	Masa del tramo cortado, kg	$cos\varphi_{1-VACIO}$	Factor de potencia del flujo 1 cuando el molino no mezcla caucho
\dot{m}_R	Flujo del líquido refrigerante, kg/s	$cos\varphi_n$	Factor de potencia nominal del motor del sistema de refrigeración
P_i	Potencia activa del flujo i, W		

La expresión para calcular el valor exergético del flujo 5 sigue el mismo desarrollo del flujo 4 del modelo exergético del molino. El último término corresponde a la energía requerida por el motor del sistema refrigerante, según datos nominales.

Dada la imposibilidad de realizar medidas para los flujos 2 y 3, considerándose además la naturaleza de funcionamiento del sistema de refrigeración, los valores del flujo 4 se tienen como constantes y se toman los valores nominales de su motor.

Por tanto, la expresión de B_5 queda de la siguiente manera:

$$B_5 = \sqrt{3} \int V_1 I_1 \cos\varphi_1 dt - \sqrt{3} V_1 I_{1-VACIO} \cos\varphi_{1-VACIO} t - 3 \int I_1^2 R_L dt + 3 I_{1-VACIO}^2 R_L dt - \sqrt{3} V_n I_n \cos\varphi_n \quad (J6)$$

El valor exergético de la pieza producida se da por la expresión (J7)

$$B_{10} = m_{10}/m_8 \left(\sqrt{3} \int V_1 I_1 \cos\varphi_1 dt - \sqrt{3} \int V_1 I_1 \cos\varphi_1 dt - \sqrt{3} V_1 I_{1-VACIO} \cos\varphi_{1-VACIO} t - 3 \int I_1^2 R_L dt + 3 I_{1-VACIO}^2 R_L dt - \sqrt{3} V_n I_n \cos\varphi_n \right) + \dot{m}_R (v^2/2 + gh)t \quad (J7)$$

En la tabla J10 se indican las variables según la naturaleza de obtención de sus valores.

Tabla J10. Clasificación de variables en el modelo exergético de la cortadora según la obtención de su valor.

Medidas		Consultadas		Calculadas	
h	I_i	g	I_n	B_i	
$I_{1-VACIO}$	m_{desp}	P_n	R_L	E_i	
m_{MP}	m_{prod}	V_n		v	
\dot{m}_R	P_i	η_{MB}			
t	V_i	η_{MP}			
$cos\varphi_i$	$cos\varphi_{1-VACIO}$	$cos\varphi_i$			

MODELO EXERGÉTICO DEL TORNO

Principio de funcionamiento. El torno es una máquina que puede realizar varias operaciones, como cilindrado, refrentado, biselado, corte, taladrado, ranurado, etc., para las cuales se emplea una herramienta de corte con un borde cortante simple destinado a remover material de la pieza a trabajar.

El principio de trabajo del torno consiste en dar a la pieza un movimiento giratorio; mientras que la herramienta de corte posee un movimiento de avance, moviéndose lentamente en una dirección paralela o perpendicular al eje de rotación de la pieza de trabajo, según sea la operación. En la caja norton se encuentran alojados el juego de engranes, los cuales producen velocidades variables, velocidades de corte y avances, según la maniobra de operación. La caja se encuentra acoplada al motor principal del torno.

La mayoría de los tornos traen un sistema de lubricación. El fluido utilizado permite, debido a sus propiedades refrigerantes, trabajar a altas velocidades de avance y giro, y obtener terminados en la pieza de alta calidad, también generan altas temperaturas que pudiesen dañar la pieza y reducir de forma considerable la vida útil de la herramienta de corte. El sistema de lubricación se compone de un motor y una bomba.

Se tiene diferentes clases de tornos, por ejemplo el torno paralelo y el torno revólver, tal como se aprecian en la figura J6.

(a) Torno paralelo

(b) Torno revólver

Figura J6. Clases de torno

**METODOLOGÍA PARA EL USO RACIONAL Y EFICIENTE DE LA ENERGÍA DESDE EL ENFOQUE EXERGÉTICO
EN INDUSTRIA CAUCHOS RECORD LTDA.**

ANEXO J. Modelos Exergéticos.

El torno paralelo realiza una única operación por montaje, el torno revólver puede realiza múltiples operaciones sobre la pieza de trabajo en el mismo montaje, esto debido a que tiene la capacidad de emplear varias herramientas de corte al mismo tiempo, en contraste con el torno paralelo que solo puede emplear una herramienta de corte. La tabla J11 se registra información característica del molino.

Tabla J11. Información general en el torno.

Recursos energéticos:	(1) Electricidad
Operaciones realizadas:	(4) Cilindrado, biselado, taladrado y cortado
Componentes del sistema:	(7) Dos motores, una caja Norton, una bomba y fluido lubricante.

Se estableció un modelo de siete (7) bloques: los conductores generales de alimentación, el motor principal, la caja Norton, los conductores de alimentación del motor de refrigeración, el motor de refrigeración, la bomba y la operación a realizarse; además, se identificaron doce (12) flujos que se describen en el tabla J12.

Tabla J2. Flujos identificados en el torno.

FLUJO	NOMBRE	DESCRIPCIÓN
1	Electricidad	Flujo eléctrico antes de los conductores de alimentación
2	Electricidad	Alimentación del motor principal
3	Electricidad	Flujo eléctrico a través de los conductores del motor de refrigeración
4	Trabajo	Desarrollado por el eje del motor principal
5	Trabajo	Transmitido al área de operación
6	Electricidad	Alimentación del motor de refrigeración
7	Trabajo	Desarrollado por el eje del motor de refrigeración
8	Energía cinética y potencial	Impulso del fluido de refrigeración
9	Materia Prima	Masa de la pieza a trabajar
10	Desperdicio	Material desechado en la operación
11	Producto	Pieza trabajada

En la tabla J13 se aprecian las características de los flujos identificados.

Tabla J13. Características de los flujos identificados en el torno.

FLUJO	MASA	Energía	Exergía
1. Electricidad	-	✓	✓
2. Electricidad	-	✓	✓
3. Electricidad	-	✓	✓
4. Trabajo	-	✓	✓
5. Trabajo	-	✓	✓
6. Electricidad	-	✓	✓
7. Trabajo	-	✓	✓
8. Energía cinética y potencial	-	✓	✓
9. Materia Prima	✓	✓	✓
10. Desperdicio	✓	✓	✓
11. Producto	✓	✓	✓

El modelo establecido del torno se muestra en la figura J7; adicionalmente, en la tabla J14 se presentan las expresiones para cuantificar de los flujos.

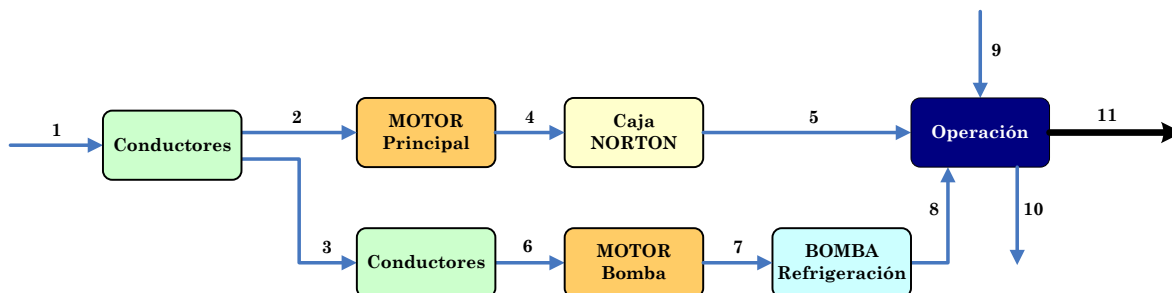


Figura J7. Esquema modelado del torno.

Tabla J14. Formulación matemática de los flujos en el torno.

FLUJO	MASA	Energía	Exergía
1. Electricidad	-	$E_1 = B_1 = \int P_1 dt = \sqrt{3} \int V_1 I_1 \cos \varphi_1 dt$	
2. Electricidad	-	$E_2 = B_2 = \sqrt{3} \int V_1 I_1 \cos \varphi_1 dt - 3 \int I_1^2 R_L dt - \sqrt{3} V_3 I_3 \cos \varphi_3$	
3. Electricidad	-	$E_3 = B_3 = \int P_3 dt = \sqrt{3} V_3 I_3 \cos \varphi_3 t$	
4. Trabajo	-	$E_4 = B_4 = \eta_{MP} B_2$	
5. Trabajo	-	$E_5 = B_5 = B_4 - B_{4,VACIO}$	
6. Electricidad	-	$B_6 = B_3 - 3 \int I_3^2 R_{L,MB} dt$	
7. Trabajo	-	$E_7 = B_7 = \eta_{MB} B_6$	
8. Energía cinética y potencial	-	$E_8 = B_8 = E_C + E_P = \dot{m}_R (v^2/2 + gh)t$	
9. Materia Prima	$m_9 = m_{MP}$	$E_9 = E_{MP}$	$B_9 = B_{MP}$
10. Desperdicio	$m_{10} = m_{desp}$	$E_{10} = m_{10}/m_9 (E_5 + E_8 + E_9)$	$B_{10} = m_{10}/m_9 (B_5 + B_8 + B_9)$
11. Producto	$m_{11} = m_{prod}$ $m_{11} = m_{10} - m_9$	$E_{11} = m_{11}/m_9 (E_5 + E_8 + E_9)$	$B_{11} = m_{11}/m_9 (B_5 + B_8 + B_9)$

Los símbolos empleados para determinar la cuantificación de los flujos se indican a continuación:

B_i	Exergía del flujo i, J	P'_{L1}	Potencia activa consumida por el conductor general de alimentación cuando el motor principal se encuentra apagado, W
E_i	Energía del flujo i, J	R_L	Resistencia eléctrica del conductor general de alimentación, Ω
g	Constante de gravedad, m/s^2	$R_{L,MB}$	Resistencia eléctrica del conductor alimentador del motor de refrigeración, Ω
h	Altura, m	t	Tiempo, s
I_i	Corriente del flujo i, A	V_i	Tensión del flujo i, V
$I_{1-VACIO}$	Corriente del flujo 1 cuando no hay pieza montada, A	V_1	Tensión del flujo eléctrico 1 con el motor principal apagado.
I'_1	Corriente del flujo 1 con el motor principal apagado.	v	Velocidad del fluido refrigerante, m/s
m_{desp}	Masa de la viruta, kg	η_{MB}	Rendimiento del motor de refrigeración
m_{MP}	Masa de la materia prima, kg	η_{MP}	Rendimiento del motor principal

m_{prod}	Masa del tramo cortado, kg	$cos\varphi_i$	Factor de potencia del flujo i
\dot{m}_R	Flujo del líquido refrigerante, kg/s	$cos\varphi_{1-VACIO}$	Factor de potencia del flujo 1 cuando en vacío
P_i	Potencia activa del flujo i, W	$cos\varphi'_1$	Factor de potencia del flujo 1 con el motor principal apagado.
P'_i	Potencia activa del flujo i cuando el motor principal se encuentra apagado, W		

La exergía de la pieza producida se calcula con la siguiente expresión:

$$B_{11} = \frac{m_{11}}{m_o} \left(\eta_{MP} \left(\sqrt{3} \int V_1 I_1 \cos\varphi_1 dt - 3 \int I_1^2 R_L dt - \sqrt{3} V_1 I_{1-VACIO} \cos\varphi_3 t + 3 I_{1-VACIO}^2 R_L t \right) + \dot{m}_R (v^2/2 + gh)t + B_{MP} \right) \quad (J8)$$

Solo es posible medir variables eléctricas en el flujo 1, las cuales no permite determinar los valores de los flujos 3, 4 y 7, de naturaleza eléctrica, por lo que se hace necesario establecer dichos realizando mediciones en el mismo punto y con el motor principal apagado. Esto permite precisar la demanda del motor del sistema de refrigeración encendido.

Este procedimiento se considera válido ya que el motor del sistema de refrigeración funciona cuando el motor principal se encuentra encendido y trabaja siempre bajo las mismas condiciones, por lo que su demanda de energía se puede tomar constante bajo cualquier circunstancia.

Para esto se toma parte del modelo establecido del torno, los bloques que se encuentran activos bajo las condiciones mencionadas se aprecian en la figura J8.

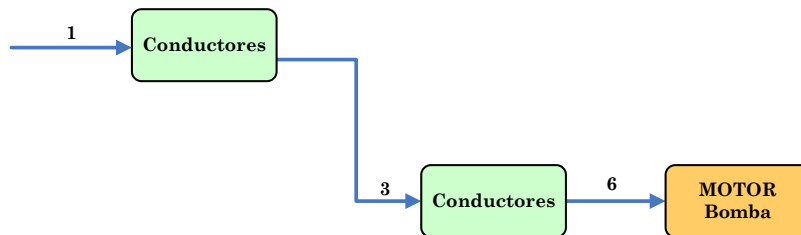


Figura J8. Flujos exergéticos activos cuando el motor principal se apaga.

V'_1 , I'_1 y $cos\varphi'_1$ representa los valores de tensión, corriente y factor de potencia para el flujo 1. Se aclara que la potencia activa y aparente del flujo 3 no varían con respecto a condiciones normales de funcionamiento, como ya se comentó, por lo que

$$P_3 = P'_3 \quad (J9)$$

P_3 se calcula de la siguiente manera

$$P_3 = P'_1 - P'_{L1} \quad (J10)$$

Donde la potencia activa del flujo 1 se tiene de la forma

$$P'_1 = \sqrt{3}V'_1 I'_1 \cos\phi'_1 \quad (J11)$$

Y la potencia activa que demandan los conductores de alimentación se precisa así

$$P'_{L1} = 3I'^1_{L1} R_{L1} \quad (J12)$$

Entonces,

$$P_3 = \sqrt{3}V'_1 I'_1 \cos\phi'_1 - 3I'^1_{L1} R_{L1} \quad (J13)$$

En la tabla J15 se indican las variables según la naturaleza de obtención de sus valores.

Tabla J15. Clasificación de variables en el modelo exergético del torno según la obtención de su valor.

Medidas		Consultadas	Calculadas
h	I_i	g	B_i
$I_{1-VACIO}$	I'_1	R_L	E_i
m_{desp}	m_{MP}	$R_{L,MB}$	P'_{L1}
m_{prod}	\dot{m}_R	η_{MB}	v
P_i	P'_i	η_{MP}	
t	V_i		
V'_1	$\cos\phi_i$		
$\cos\phi_{1-VACIO}$	$\cos\phi'_1$		

MODELO EXERGÉTICO DE LA TROQUELADORA

Principio de funcionamiento. El troquelado consiste en efectuar diferentes operaciones de manera secuencial sobre una pieza dándole unas normas y dimensiones definidas por medio de operaciones como corte, perforación, embutido y doblado. El troquelado se lleva a cabo en una troqueladora o prensa, en este caso una prensa de fricción (ver figura J9).



a. Vista lateral.

b. Vista frontal.

Figura J9. Troqueladora o prensa a fricción.

Su principio de funcionamiento se basa en el movimiento de un tornillo. Se tiene un motor que acciona un juego de poleas que a su vez hacen girar las ruedas A y B. El tornillo se baja o sube dependiendo del sentido de giro de la rueda C. La velocidad y el sentido de giro de la rueda C lo determina el accionamiento de la palanca, pues ésta mueve el eje común del juego de poleas y ruedas haciendo que A o B se acerquen o alejen de C (ver figura J10).

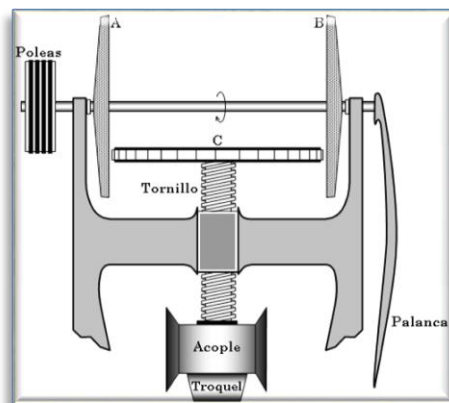


Figura J10. Funcionamiento de una prensa a fricción.

El tornillo baja cuando B se encuentra en contacto con C, se desliza el acople y el troquel unido a éste, sube cuando B se encuentra en contacto con A. La operación sobre la pieza se efectúa cuando el troquel baja y golpea. La naturaleza de la energía que realiza la operación es cinética y potencial, por tanto depende de la velocidad en el instante del impacto, de la masa total, la cual se encuentra conformada por el troquel, el acople, el tornillo y la rueda, y de la altura de impacto.

Dependiendo de la operación y de la pieza se instala un troquel determinado, por lo que la masa que realiza el impacto varía. La tabla J16 se registra información característica de la troqueladora.

**METODOLOGÍA PARA EL USO RACIONAL Y EFICIENTE DE LA ENERGÍA DESDE EL ENFOQUE EXERGÉTICO
EN INDUSTRIA CAUCHOS RECORD LTDA.**

ANEXO J. Modelos Exergéticos.

Tabla J16. Información general de la troqueladora.

Recursos energéticos:	(1) Electricidad
Operaciones realizadas:	(1) Doblado, cortado, perforado y embutido.
Componentes del sistema:	(7) Un motor, un juego de poleas, ruedas, un tornillo, un acople y un troquel.

Se estableció un modelo de cinco (5) bloques: los conductores de alimentación para el motor, el motor, el reductor de velocidad, conformado por el juego de poleas, el eje y las ruedas A y B, el martillo, conformado por la rueda C, el tornillo, el acople y el troquel, y la operación a realizarse; además, se identificaron nueve (8) flujos que se describen en el tabla J17.

Tabla J17. Flujos identificados de la troqueladora.

FLUJO	NOMBRE	DESCRIPCIÓN
1	Electricidad	Flujo eléctrico antes de los conductores de alimentación
2	Electricidad	Flujo eléctrico después de los conductores de alimentación
3	Trabajo	Desarrollado por el eje del motor
4	Trabajo	Transmitido por el reductor de velocidad
5	Energía cinética y potencial	Caída y elevación del martillo
6	Materia Prima	Insumo para la operación
7	Desperdicio	Material desechado en la operación
8	Producto	Pieza trabajada

En la tabla J18 se aprecian las características de los flujos identificados.

Tabla J18. Características de los flujos identificados de la troqueladora.

FLUJO	MASA	Energía	Exergía
1. Electricidad	-	✓	✓
2. Electricidad	-	✓	✓
3. Trabajo	-	✓	✓
4. Trabajo	-	✓	✓
5. Energía cinética y potencial	-	✓	✓
6. Materia Prima	✓	✓	✓
7. Desperdicio	✓	✓	✓
8. Producto	✓	✓	✓

El modelo establecido de la troqueladora se muestra en la figura J11; adicionalmente, en la tabla J18 se presentan las expresiones para cuantificar de los flujos.

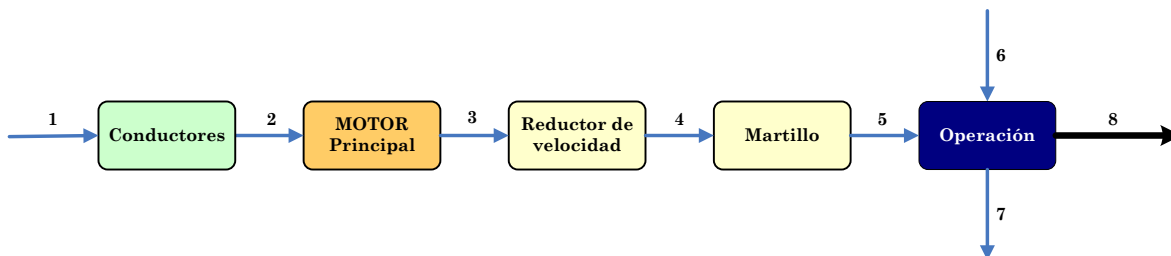


Figura J11. Esquema modelado de la troqueladora.

Tabla J18. Formulación matemática de los flujos en la troqueladora.

FLUJO	MASA	Energía	Exergía
1. Electricidad	-	$E_1 = B_1 = \int P_1 dt = \sqrt{3} \int V_1 I_1 \cos \varphi_1 dt$	
2. Electricidad	-	$E_2 = B_2 = \sqrt{3} \int V_1 I_1 \cos \varphi_1 dt - 3 \int I_1^2 R_L dt$	
3. Trabajo	-	$E_3 = B_5 = \eta_{MP} B_2$	
4. Trabajo	-	$E_4 = B_4 = B_3 - B_{3-VACÍO}$	
5. Energía cinética y potencial	-	$E_4 = B_4 = m_M v^2 / 2$	
6. Materia Prima	$m_6 = m_{MP}$	$E_6 = E_{MP}$	$B_6 = B_{MP}$
7. Desperdicio	$m_7 = m_{desp}$	$E_7 = \frac{m_7}{m_6} (E_5 + E_6)$	$B_7 = \frac{m_7}{m_6} (B_5 + B_6)$
8. Producto	$m_8 = m_{prop}$ $m_8 = m_6 - m_6$	$E_8 = \frac{m_8}{m_6} (E_5 + E_6)$	$B_8 = \frac{m_8}{m_6} (B_5 + B_6)$

Los símbolos empleados para determinar la cuantificación de los flujos se indican a continuación:

B_i	Exergía del flujo i, J	m_{TR}	Masa del troquel, kg
E_i	Energía del flujo i, J	P_i	Potencia activa del flujo i, W
I_i	Corriente del flujo i, A	R_L	Resistencia eléctrica del conductor, Ω
$I_{1-VACÍO}$	Corriente del flujo 1 en vacío, A	t	Tiempo, s
m_{AC}	Masa del acople, kg	V_i	Tensión del flujo i, V
m_M	Masa del martillo, kg	V	Velocidad de impacto en la caída, m/s
m_{MP}	Masa de la materia prima, kg	η_M	Rendimiento del motor
m_{RC}	Masa de la rueda C, kg	$\cos \varphi_i$	Factor de potencia del flujo i
m_T	Masa del tornillo, kg	$\cos \varphi_{1-VACÍO}$	Factor de potencia del flujo 1 en vacío

La exergía de la pieza producida se calcula con la siguiente expresión

$$B_5 = (B_{MP} + m_M v^2 / 2) m_8 / m_6 \quad (J14)$$

$$m_M = m_{AC} + m_{RC} + m_T + m_{TR} \quad (J15)$$

En la tabla J19 se indican las variables según la naturaleza de obtención de sus valores.

Tabla J19. Clasificación de variables en el modelo exergético de troqueladora según la obtención de su valor.

Medidas		Consultadas	Calculadas
I_i	$I_{1-VACÍO}$	R_L	B_i
m_{MP}	m_{TR}	η_{MP}	E_i
m_{desp}	m_{prod}		m_{AC}
P_i	t		m_M
	V_i		m_{RC}
	v		
	$\cos \varphi_i$		
	$\cos \varphi_{1-VACÍO}$		

MODELO EXERGÉTICO DE LA CINCADORA

Principio de funcionamiento. El cincado se tiene como uno de los procesos de galvanizado más frecuentes en la industria. Su función consiste en proteger de la oxidación a la pieza a procesar. La oxidación no deja de suceder, solo que el material oxidado corresponde a la capa de zinc.

El equipo cuenta con tres componentes, un convertidor, una solución electrolítica y un ánodo. La unidad baja la tensión de 220V AC a 12 o 24V DC (ver figura J12).

La solución electrolítica se compone de alcalinos, como cianuro de sodio, hidróxido de sodio y soda cáustica, además de otros componentes como agentes reductores, tensoactivos y abrillantadores, de estos últimos se debe el aspecto brillante de la pieza cincada. El ánodo se conforma de una pieza de zinc muy pura, que se va desgastando por el zinc entregado en el proceso a la pieza.

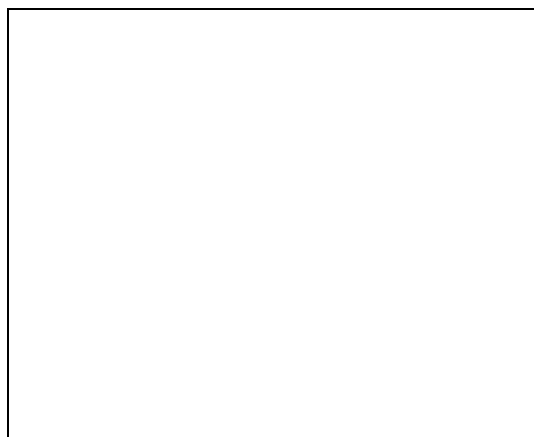


Figura J12. Cincadora.

La tabla J20 se registra información característica de la cincadora.

Tabla J20. Información general de la cincadora.

Recursos energéticos:	(1) Electricidad
Operaciones realizadas:	(1) Cincado
Componentes del sistema:	(3) Convertidor AC/DC, tanque y ánodo.

Se estableció un modelo de tres (3) bloques: los conductores generales de alimentación, la unidad AC/DC y la operación de cincado; además, se identificaron cinco (5) flujos que se describen en el tabla J21. En la tabla J22 se aprecian las características de los flujos identificados.

**METODOLOGÍA PARA EL USO RACIONAL Y EFICIENTE DE LA ENERGÍA DESDE EL ENFOQUE EXERGÉTICO
EN INDUSTRIA CAUCHOS RECORD LTDA.**

ANEXO J. Modelos Exergéticos.

Tabla J21. Flujos identificados de la cincadora.

FLUJO	NOMBRE	DESCRIPCIÓN
1	Electricidad	Flujo eléctrico a través de los conductores de alimentación (AC)
2	Electricidad	Alimentación de la unidad de cincado (AC)
3	Electricidad	Flujo eléctrico (DC)
4	Materia prima	Material para el proceso
5	Producto	Material cincado

Tabla J22. Características de los flujos identificados de la cincadora.

FLUJO	MASA	Energía	Exergía
1. Electricidad	-	✓	✓
2. Electricidad	-	✓	✓
3. Electricidad	-	✓	✓
4. Materia Prima	✓	✓	✓
5. Producto	✓	✓	✓

El modelo establecido del molino y junto con la operación de mezclado se aprecia en la figura J13; adicionalmente, en la tabla J23 se presentan las expresiones para cuantificar de los flujos.

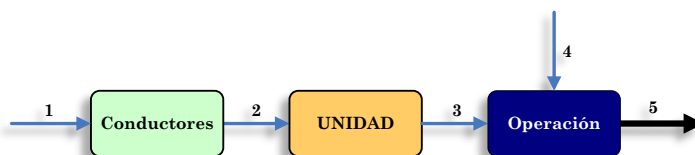


Figura J13. Esquema modelado de la cincadora.

Tabla J23. Formulación matemática de los flujos de la cindadora.

FLUJO	MASA	Energía	Exergía
1. Electricidad	-	$E_1 = B_1 = \int P_1 dt = \sqrt{3} \int V_1 I_1 \cos \varphi_1 dt$	
2. Electricidad	-	$E_2 = B_2 = \sqrt{3} \int V_1 I_1 \cos \varphi_1 dt - 3 \int I_1^2 R_L dt - \sqrt{3} V_n I_n \cos \varphi_n$	
3. Electricidad	-	$E_3 = B_3 = \int P_3 dt = V_{DC} I_{DC} t$	
4. Materia Prima	$m_4 = m_{MP}$	$E_4 = E_{MP}$	$B_4 = B_{MP}$
5. Producto	$m_5 = m_4$	$E_5 = \frac{E_3}{N_p} + E_4$	$B_5 = \frac{B_3}{N_p} + B_4$

Los símbolos empleados para determinar la cuantificación de los flujos se indican a continuación:

B_i	Exergía del flujo i, J	P_i	Potencia activa del flujo i, W
E_i	Energía del flujo i, J	R_L	Resistencia eléctrica del conductor general de alimentación, Ω
I_{DC}	Corriente DC de la unidad convertora	t	Tiempo, s
I_i	Corriente del flujo i, A	V_i	Tensión del flujo i, V
m_{MP}	Masa de la materia prima, kg	V_{DC}	Tensión DC de la unida de convertora, V
N_p	Número de piezas en el proceso	$\cos \varphi_i$	Factor de potencia del flujo i

Por tanto, la expresión de B_5 queda de la siguiente manera:

$$B_5 = V_{DC} I_{DC} t / N_P + B_{MP} \quad (J16)$$

En la tabla J24 se indican las variables según la naturaleza de obtención de sus valores.

Tabla J24. Clasificación de variables en el modelo exergético de la cincadora según la obtención de su valor.

Medidas	Consultadas	Calculadas
I_i	R_L	B_i
I_{DC}		E_i
m_{MP}		
N_P		
P_i		
t		
V_i		
$\cos \varphi_i$		

MODELO EXERGÉTICO DE LOS TANQUES DE TRATAMIENTO QUÍMICO

Principio de funcionamiento. Para adelantar el vulcanizado de las piezas se hace necesario que la superficie de las piezas se encuentre limpia y fosforada para que el pegante se adhiera, y posteriormente el caucho, además esto hace parte del terminado. Por esta razón las operaciones de desengrase y fosforado se llevan a cabo como paso previo al vulcanizado.

En el desengrase la pieza se somete a un proceso de limpieza debido a que cuando los tramos de lámina y los tubos pasan por el troquelado y torneado quedan impregnados de grasa y aceite. El desengrase se realiza a una temperatura de 100°C, en una solución de agua y un compuesto desengrasante (Kleanex), por un espacio de 15 a 20 minutos.

Mediante el proceso de fosforado se retarda la oxidación del metal, brindando mayor vida útil a la pieza terminada. Se realiza a una temperatura de 100°C, en una solución de agua y fosfato de Zinc, por un tiempo de 20 a 30 minutos.

Las operaciones de desengrase y fosforado hacen parte de los tratamientos químicos para las piezas de metal, junto con el oxidado y el decapado. Se llevan a cabo en tanques con capacidades entre 80 y 200 litros como se ve en la figura J14.



Figura J14. Tanques para los tratamientos químicos.

La tabla J25 registra parte de la información característica de los tratamientos químicos.

Tabla J25. Información general de los tanques de tratamiento químico.

Recursos energéticos:	(1) Gas Natural
Operaciones realizadas:	(4) Desengrase, decapado, oxidado y fosforado
Componentes del sistema:	(2) Un fogón, un tanque, agua y compuestos químicos.

El modelo se compone de tres (3) bloques: combustión, tanque y operación. La combustión del gas natural genera una llama con temperatura y diámetro específico. El diámetro específico de la llama depende del flujo de gas natural y de las dimensiones físicas del fogón; además, se definieron cinco (5) flujos, los cuales se describen en la tabla J26.

Tabla J26. Flujos identificados de los tanques de tratamiento químico.

FLUJO	NOMBRE	DESCRIPCIÓN
1	Gas natural	Utilizado para suministrar el calor necesario por combustión.
2	Calor	Calor entregado al tanque.
3	Calor	Calor útil aprovechado para el tratamiento químico de las piezas.
4	Materia prima	Piezas sometidas a los tratamientos químicos.
5	Producto	Pieza tratada.

En la tabla J27 se aprecian las características de cada flujo identificado.

Tabla J27. Características de los flujos identificados de los tanques de tratamiento químico.

FLUJO	MASA	Energía	Exergía
1. Gas Natural	✓	✓	✓
2. Calor	-	✓	✓
3. Calor	-	✓	✓
4. Materia prima	✓	✓	✓
5. Producto	✓	✓	✓

En la figura J15 se muestra el modelo correspondiente a los tratamientos químicos, con el nivel de desagregación establecido y los flujos identificados; adicionalmente, en la tabla J28 se presentan la determinación de la cuantificación de los flujos.

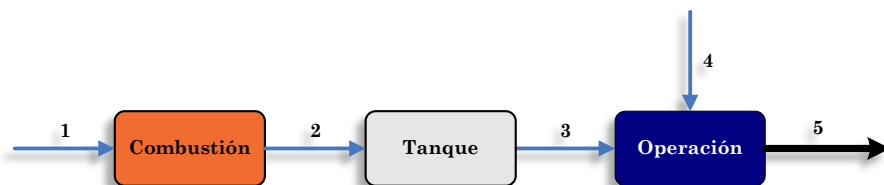


Figura J15. Esquema del modelo para los tratamientos químicos.

Tabla J28. Formulación matemática de los flujos de los tanques de tratamiento químico.

FLUJO	MASA	Energía	Exergía
1. Gas Natural	$m_1 = \rho_{GN} V_C$	$E_1 = Q_1 = \frac{m_1}{\rho_{GN}} P_C$	$B_1 = Q_1 \left(\frac{T_M - T_0}{T_M} \right)$
2. Calor	-	$E_2 = Q_{Ca} + Q_C + Q_{RN}$	$B_2 = B_{Ca} + B_C + B_{RN}$
3. Calor	-	$E_3 = Q_{Ca} + (Q_C + Q_{RN}) t_U / t_D$	$B_3 = B_{Ca} + (B_C + B_{RN}) t_U / t_D$
4. Materia prima	$m_4 = m_{MP}$	$E_4 = E_{MP}$	$B_4 = B_{MP}$
5. Producto	$m_5 = m_4$	$E_5 = E_4 + \frac{E_3 t_0}{N_P t_U}$	$B_5 = B_4 + \frac{B_3 t_0}{N_P t_U}$

Los símbolos empleados para determinar la cuantificación de los flujos se indican a continuación:

A_m Área horizontal de la llama, m ²	P_C Potencial energético del gas natural, kJ/m ³
A_{desp} Área vertical de la llama, m ²	Q_C Calor de conducción, kJ
B_C Exergía de conducción, kJ	Q_{Ca} Calor de calentamiento, kJ
B_{Ca} Exergía de calentamiento, kJ	Q_{RN} Calor de radiación neto, kJ
B_i Exergía del flujo i, kJ	T_0 Temperatura del ambiente de referencia, K
B_{MP} Exergía de la materia prima (1 pieza), kJ	T_1 Temperatura de ebullición de la solución, K
B_{RN} Exergía de radiación neta, kJ	T_2 Temperatura de la base del tanque, K
c Calor específico, J/kgK	t_D Tiempo disponible de operación, h
E_i Energía del flujo i, kJ	t_0 Tiempo de operación para N_P , h
E_{MP} Energía de la materia prima (1 pieza), kJ	t_U Tiempo total útil de operación, h
k Conductividad térmica, W/mK	T_M Temperatura del mechero, K
m_1 Masa del gas natural utilizado, kg	V_C Volumen del gas natural consumido, m ³
m_4 Masa de la materia prima, kg	e Emisividad de la llama
m_5 Masa del producto, kg	ρ_{GN} Densidad del gas natural, kg/m ³
m_a Masa de solución en el tanque	Δx Espesor de la parte inferior del tanque, m
m_{MP} Masa de la materia prima (1 pieza), kg	σ Constante de Stefan Boltzmann, W/m ² K ⁴
N_P Número de piezas colocadas en el tanque	

Dadas las características del flujo 2 se precisa conveniente expresar con mayor detalle las expresiones de energía y exergía referidas en la tabla J28. Este flujo lo conforman tres (3) componentes térmicos: calentamiento, conducción y radiación neta.

Este flujo se determina en dos (2) tiempos, el primero corresponde al calentamiento de la solución en el tanque hasta alcanzar temperatura de ebullición, que relaciona al primer componente, el segundo se debe al mantenimiento de la temperatura a nivel próximo a la ebullición, involucra los otros dos componentes térmicos.

El **componente de calentamiento** se describe con la expresión (J17), relación que determina el calor requerido para llevar una cantidad de masa de una temperatura T_1 a una temperatura T_2 .

$$Q_{Ca} = m_a c (T_2 - T_1) \quad \text{(J17)}$$

El valor exergético de este flujo se determina con la expresión (18)¹,

$$B_{Ca} = T_0 S^{tot} = m_a c (T_2 - T_1) (T_2 - T_0) / T_2 \quad \text{(J18)}$$

El **componente de conducción** entre la llama, el tanque y la solución se describe por la expresión (J19). La expresión (J20) representa el flujo de calor por conducción a través de una lámina plana.

$$Q_c = t_u \dot{Q}_c [J] \quad \text{(J19)}$$

$$\dot{Q}_c = k A_m (T_2 - T_1) / \Delta x [W] \quad \text{(J20)}$$

Para determinar la exergía contenida en la conducción se debe tener presente que los valores de las temperaturas T_2 y T_1 difieren de la T_0 . Por tal razón se debe establecer la exergía de conducción en función de la temperatura de las superficies de la pared o base del tanque. En la expresión (J21) se muestra que la exergía se manifiesta como la diferencia de las exergías a las temperaturas T_2 y T_1 . En las expresiones (J22) y (J23) se relaciona la exergía para cada temperatura.

$$B_c = B(T_2) - B(T_1) \quad \text{(J21)}$$

$$B(T_2) = Q_c \left(\frac{T_2 - T_1}{T_2} \right) \quad \text{(J22)}$$

$$B(T_1) = Q_c \left(\frac{T_1 - T_0}{T_1} \right) \quad \text{(J23)}$$

1 WALL, Göran, Exegy Ecology Democracy. Documents to download in PDF format, Exergetics [en línea]. 1998, disponible en Internet: <URL: <http://www.exergy.se/>>. página 55.

Reemplazando (J19), (J20), (J22) y (J23) en (J21) la expresión para determinar la exergía en conducción se muestra en (J24).

$$B_C = t_U \frac{kA_m(T_2 - T_1)^2 T_0}{\Delta x T_2 T_1} \quad (\text{J24})$$

El **componente de radiación neta** entregado por la llama al tanque se establece como la diferencia entre la radiación total menos la radiación pérdida al ambiente. El calor debido a la radiación se expresa en (J25), en (J26) se presenta el flujo de calor por radiación.

$$Q_R = t_U \dot{Q}_R [J] \quad (\text{J25})$$

$$\dot{Q}_R = e\sigma T_m^4 A_m [W] \quad (\text{J26})$$

La radiación total entregada depende de la temperatura, la emisividad y el área efectiva de la llama en contacto con el tanque, A_m . El valor de la radiación pérdida que se emite al ambiente solo difiere de la anterior por el área. El área que se toma ahora se refiere a la envolvente de la llama, A_{desp} , que es perpendicular a la base del tanque. Por tanto el flujo neto se expresa como la diferencia de áreas tal como se muestra en (J27). Estas áreas se determinan con (J28) y (J29).

$$Q_{EN} = t_O \dot{Q}_{RN} = t_O e\sigma T_m^4 (A_m - A_{desp}) \quad (\text{J27})$$

$$A_m = \pi R_{LL}^2 [m^2] \quad (\text{J28})$$

$$A_{desp} = 2\pi R_{LL} h_{LL} [m^2] \quad (\text{J29})$$

La exergía suministrada al tanque debido a la radiación se basa en la siguiente relación:

$$B_R = t \dot{B}_R = te\sigma T_m^4 \Delta A \left(1 + \frac{1}{3} \left(\frac{T_0}{T_m} \right)^4 - \frac{4}{3} \frac{T_0}{T_m} \right) \quad (\text{J30})$$

Así, en (J31) se tiene la expresión para calcular la exergía de radiación neta, B_{RN} .

$$B_{RN} = te\sigma T_m^4 \left(1 + \frac{1}{3} \left(\frac{T_0}{T_m} \right)^4 - \frac{4}{3} \frac{T_0}{T_m} \right) (A_m - A_{desp}) \quad (\text{J31})$$

Unificando en una sola expresión la energía total suministrada al tanque se describe en (J32) y la exergía total en (J33), que corresponden a los valores de energía y exergía del flujo 5.

$$E_5 = E_{MP} + \frac{m_a c (T_2 - T_1) t_O}{N_p} \frac{t_U}{t_U} + \frac{t_U t_O}{N_p t_D} \left(\frac{kA_m (T_2 - T_1)}{\Delta x} + e\sigma T_m^4 (A_m - A_{desp}) \right) \quad (\text{J32})$$

**METODOLOGÍA PARA EL USO RACIONAL Y EFICIENTE DE LA ENERGÍA DESDE EL ENFOQUE EXERGÉTICO
EN INDUSTRIA CAUCHOS RECORD LTDA.**

ANEXO J. Modelos Exergéticos.

$$B_5 = B_{MP} + \frac{m_a c (T_2 - T_1)(T_2 - T_0)t_O}{N_P T_2 t_U} + \frac{t_U t_O}{N_P t_D} \left(\frac{k A_m (T_2 - T_1)^2 T_0}{\Delta x T_2 T_1} + \left(1 + \frac{1}{3} \left(\frac{T_0}{T_m} \right)^4 - \frac{4}{3} \frac{T_0}{T_m} \right) (A_m - A_{desp}) \right) \quad \text{(J33)}$$

A de tenerse en cuenta que los datos para la operación de desengrase y fosforado difieren puesto que se realizan en tanques y fogones distintos.

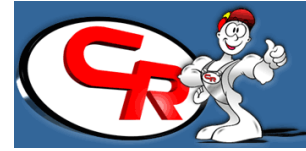
En la tabla J29 se indican las variables según la naturaleza de obtención de sus valores.

Tabla J29. Clasificación de variables del modelo exergético de los tanques de tratamiento químico según la obtención de su valor.

Medidas		Consultadas	Calculadas	
A_m	A_{desp}	c	B_C	B_{Ca}
m_1	m_4	k	B_i	B_{MP}
m_5	m_a	P_C	B_{RN}	
m_{MP}	N_P	T_0	E_i	
T_1	T_2		E_{MP}	
t_D	t_O		Q_C	
t_U	T_M		Q_{Ca}	
V_C			Q_{RN}	

ANEXO K. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LAS PRENSAS DE VULCANIZADO

INDUSTRIA CAUCHOS RECORD LTDA.



VULCANIZADORA - Tipo 1

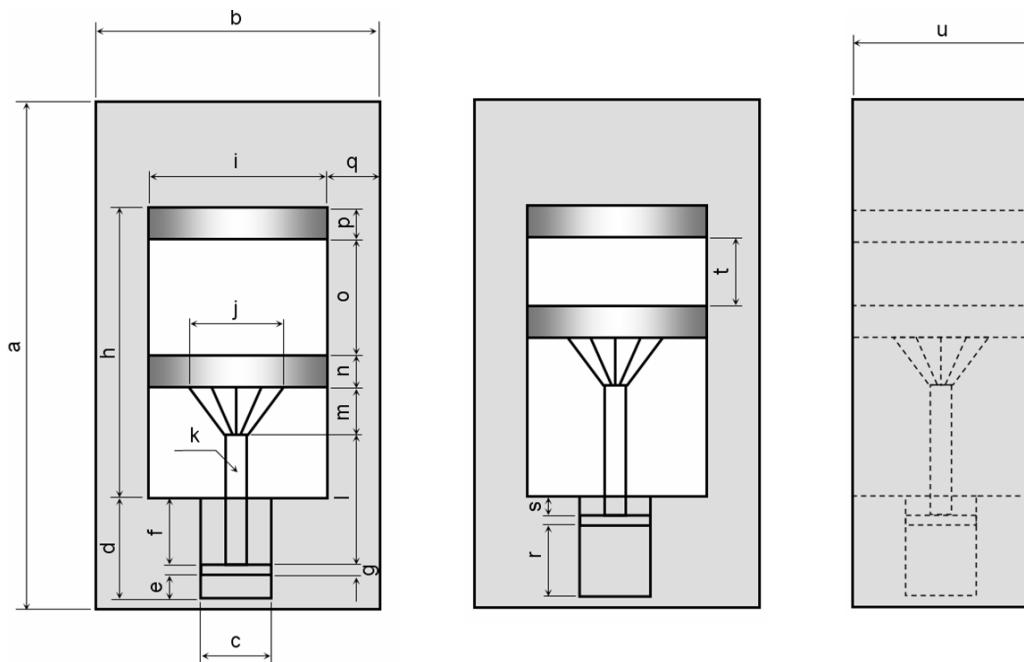
Operaciones frecuentes:

Vulcanizado

Unidad de Longitud: (cm) Centímetros

Fecha:

04 de Abril de 2006



	V1_P	V2_P	V3_P	V2_S	V3_S	V4_S	V5_S		V1_P	V2_P	V3_P	V2_S	V3_S	V4_S	V5_S
a	155	200	160	185	156	148	194	l	40	58	50	55	50	50	70
b	67,5	67	69	59	56	49	54	m	14	13	17	18	15	18	10
c	21	25	20	17	17	12	17	n	7	7	6	6	6	6	6
d	40	55	47	60	60	45	55	o	26,5	22,5	21	29	25	20	21
e	17	15	22	10	25	20	25	p	7	6	8	6	6	6	6
f	21	40	23	48	33	25	30	q	8	9	14	10	8	9,5	7
g	2	2	2	2	2	2	2	r	27	25	35	35	40	30	35
h	64	77	72	89,5	62	70	95	s	11	30	15	25	20	15	20
i	49	50	40	40	40	33	40	t	16,5	12,5	11	14	10	10	11
j	11	20	40	38	38	30	27	u	38	48	40	37	39	32	37
k	8	9	13,5	6,5	9	8	9								

INDUSTRIA CAUCHOS RECORD LTDA.



VULCANIZADORA - Tipo 2

Operaciones frecuentes:

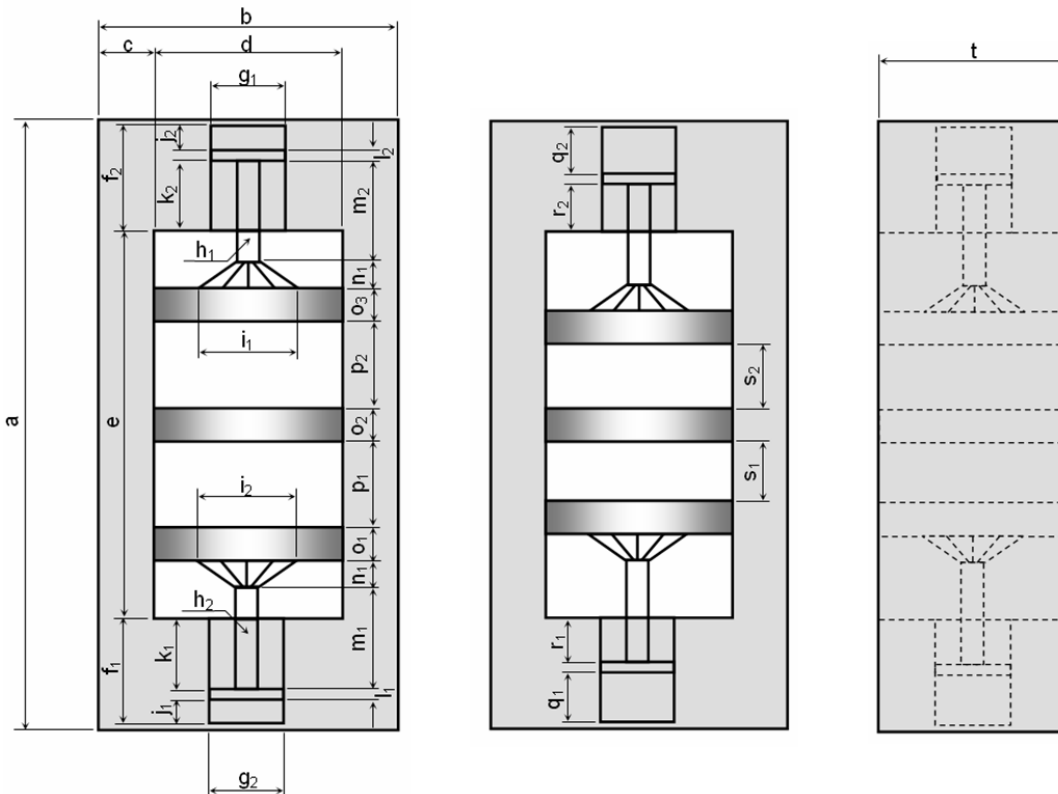
Vulcanizado

Unidad de Longitud:

(cm) Centímetros

Fecha:

04 de Abril de 2006



VULCANIZADORA	a	b	c	d	e	f ₁	f ₂	g ₁	g ₂	h ₁	h ₂	i ₁
V4_P	220	74	12	50	115	54	54	25	25	8	8	48
	i ₂	j ₁	j ₂	k ₁	k ₂	l ₁	l ₂	m ₁	m ₂	n ₁	n ₂	o ₁
	48	20	20	32	32	2	2	56	56	13	13	5,5
	o ₂	o ₃	p ₁	p ₂	q ₁	q ₂	r ₁	r ₂	s ₁	s ₂	t	
	6,5	6,0	18	18	25	25	28	28	14	12	48	

INDUSTRIA CAUCHOS RECORD LTDA.



VULCANIZADORA - Tipo 3

Operaciones frecuentes:

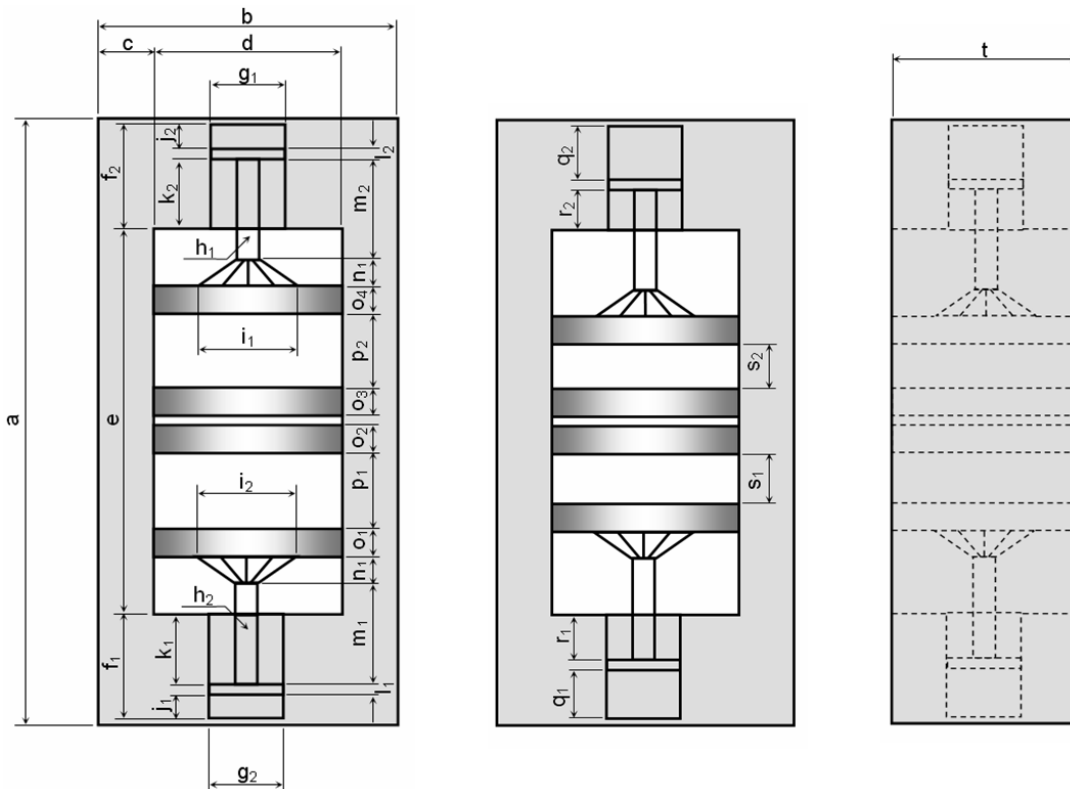
Vulcanizado

Unidad de Longitud:

(cm) Centímetros

Fecha:

04 de Abril de 2006



VULCANIZADORA	a	b	c	d	e	f ₁	f ₂	g ₁	g ₂	h ₁	h ₂	i ₁
V1_S	200	60	10	40	112	48	48	16	16	6,5	6,5	38
	i ₂	j ₁	j ₂	k ₁	k ₂	l ₁	l ₂	m ₁	m ₂	n ₁	n ₂	o ₁
	38	20	20	26	26	2	2	60	60	12	12	4,5
	o ₂	o ₃	o ₄	p ₁	p ₂	q ₁	q ₂	r ₁	r ₂	s ₁	s ₂	t
	4,5	4,5	4,5	18	18	30	30	16	16	14	14	40

INDUSTRIA CAUCHOS RECORD LTDA.



VULCANIZADORA - Tipo 4

Operaciones frecuentes:

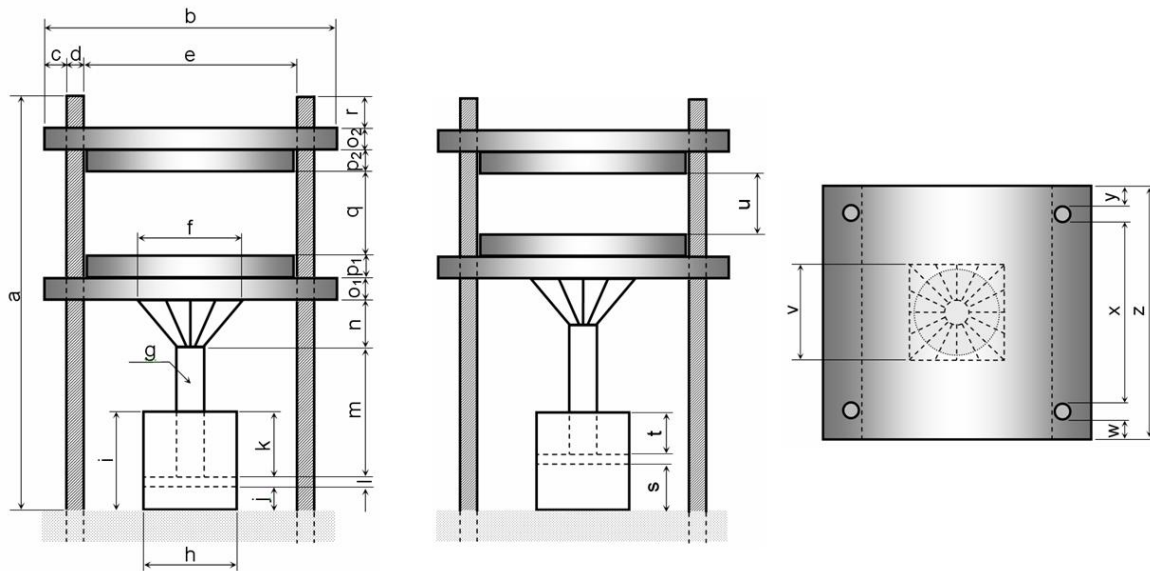
Vulcanizado

Unidad de Longitud:

(cm) Centímetros

Fecha:

04 de Abril de 2006



VULCANIZADORA	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n
V5_P	140	99	4	6,5	72	72	10	18	62	16	44	2	64	15
	o_1	o_2	p_1	p_2	q	r	s	t	u	v	w	x	y	z
	6,5	6,5	5	5	42	5	26	34	30	72	5	72	5	99

INDUSTRIA CAUCHOS RECORD LTDA.



VULCANIZADORA – Tipo 5

Operaciones frecuentes:

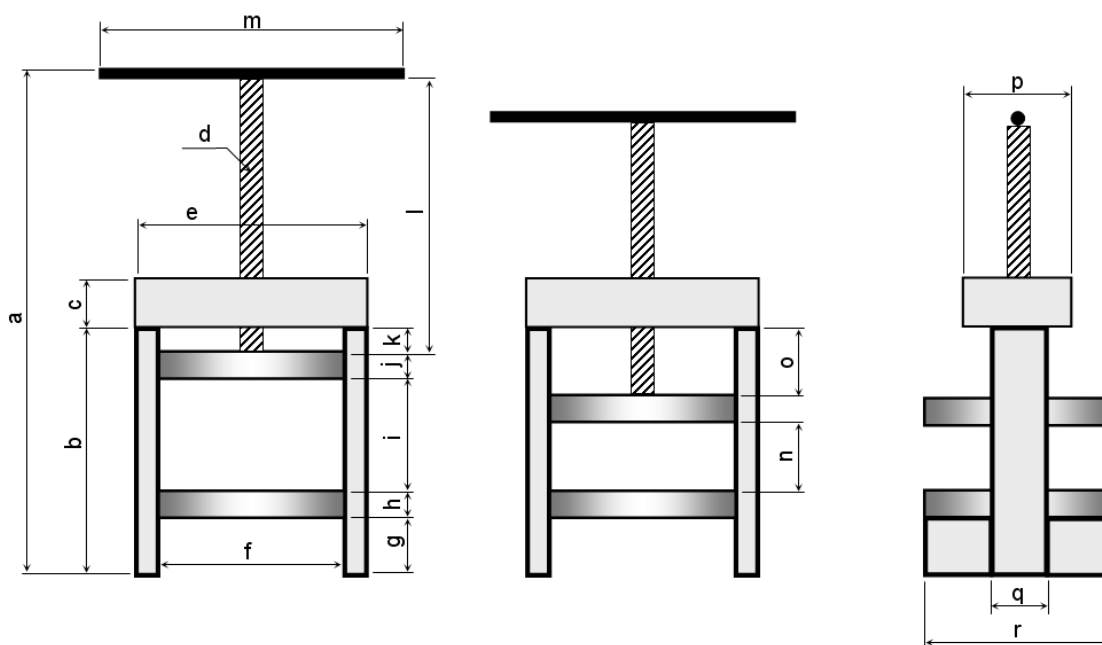
Vulcanizado

Unidad de Longitud:

(cm) Centímetros

Fecha:

04 de Abril de 2006



VULCANIZADORA	a	b	c	d	e	f	g	h	i
V6_P	103	46	9	5,5	43	35	10	5	20
	j	k	l	m	n	o	p	q	r
	5	6	60	90	13	13	20	10	35

ANEXO L. MODELOS EXERGÉTICOS DEL SISTEMA DE VULCANIZADO

En el presente anexo se presentan los modelos exergéticos de los siguientes equipos:

- Generador de aceite caliente
- Sistema hidráulico de vulcanizado
- Prensas de vulcanizado

SISTEMA DE VULCANIZADO

La operación de vulcanizado se realiza para todos los repuestos de la empresa. Por encontrarse al final del proceso determina el nivel de producción de la planta. En general, esta operación consiste en añadir caucho a las piezas de acero ya conformadas. También se fabrican repuestos de solo caucho, pero en un número menor.

El caucho al vulcanizarse toma una forma determinada, según el molde o matriz, uniendo en un solo producto las partes o piezas de acero manufacturadas en los puestos de trabajo anteriores, además proporciona características específicas al repuesto producido.

El caucho vulcanizado proporciona fuerza, elasticidad, mayor resistencia térmica, impermeabilidad a los gases y resistencia a la abrasión. También posee un alto coeficiente rozamiento en superficies secas y un bajo coeficiente de rozamiento en superficies mojadas por agua. Las anteriores se tienen como características necesarias para el funcionamiento adecuado de una autoparte.

El vulcanizado se realiza bajo presión y alta temperatura, por lo que se requiere un sistema hidráulico y un sistema térmico. El caucho y las partes metálicas se acomodan en un molde metálico, por su resistencia mecánica a la presión, que se encuentra alrededor de los 2 500 PSI. El molde metálico por su alta conductividad térmica permite un trabajo a temperaturas cercanas a los 150°C.

**METODOLOGÍA PARA EL USO RACIONAL Y EFICIENTE DE LA ENERGÍA DESDE EL ENFOQUE EXERGÉTICO
EN INDUSTRIA CAUCHOS RECORD LTDA.**

Anexo L. Modelos exergéticos del sistema de vulcanizado.

En la empresa se tiene un sistema térmico en el primer nivel y otro en el segundo nivel, y un sistema hidráulico general (ver figura L1 y tabla L1).

En el presente trabajo se eligió el sistema térmico del primer nivel, debido a que todos los repuestos seleccionados se vulcanizan allí.

(a) Sistema térmico del vulcanizado. Primer nivel

(b) Sistema hidráulico del vulcanizado

Figura L1. Sistemas del vulcanizado

Tabla L1. Información general.

	SISTEMA TÉRMICO (1er Nivel)	SISTEMA HIDRÁULICO
Recursos energéticos:	(2) Electricidad y gas natural	(1) Electricidad
Operaciones realizadas:	(1) Transferencia de calor	(1) Trabajo mecánico (Presión)
Componentes del sistema:	(4) Generador de aceite caliente, motobombas, una red de interconexión y vulcanizadoras.	(3) Motobomba, válvulas y una red de interconexión.

El aceite se emplea como fluido en el sistema hidráulico, se inyecta a la red por medio de una motobomba y se direcciona con un juego de válvulas. Las válvulas empleadas son de 3 o 4 vías. El aceite impulsado entra al tanque de la prensa, previa maniobra de los controles por parte del operario, accionando y desplazando verticalmente la plancha, de esta manera se coloca el molde o matriz en contacto con la plancha opuesta para después llevarla a la presión de trabajo.

En el primer nivel existen cuatro prensas hidráulicas, una de ellas doble, y dos prensas manuales que funcionan con el mismo principio del sistema hidráulico antes descrito.

El sistema térmico cuenta con el aceite térmico como fluido, el cual se calienta en un generador o caldera. El fluido se inyecta mediante dos motobombas a un circuito de mangueras y tubos aislados térmicamente en su mayoría. El aceite circula al interior de las planchas de las prensas, que se encuentran perforadas y conectadas a las mangueras, aumentando su temperatura por principio de transferencia de calor por conducción. Estos componentes se aprecian en la figura L2.

METODOLOGÍA PARA EL USO RACIONAL Y EFICIENTE DE LA ENERGÍA DESDE EL ENFOQUE EXERGÉTICO EN INDUSTRIA CAUCHOS RECORD LTDA.

Anexo L. Modelos exergéticos del sistema de vulcanizado.

En la figura L3 se muestra la interconexión del sistema térmico para el primer nivel y el número apreciable de flujos que lo caracterizan. Energía eléctrica y gas natural, se identifican como flujos de suministro energético. Los flujos térmicos $Q_{VL,P}$ se establecen como el producto del sistema. Los demás flujos hacen referencia al fluido de aceite. El sistema hidráulico se aprecia en la figura L4. Como fuente de energía se tiene a la energía eléctrica y los flujos $W_{VL,j}$ representan el trabajo mecánico realizado en cada prensa.

El modelado exergético de la operación de vulcanizado se realiza con tres (3) modelos: el generador de aceite caliente, el sistema hidráulico y las planchas de la prensa de las prensas vulcanizado (ver figura L5). Se plantea de esta manera, debido a la complejidad de la interconexión total de los componentes relacionados en el vulcanizado y a que los sistemas térmico e hidráulico funcionan de forma independiente.

a. Generador de aceite caliente

b. Mangueras de interconexión

c. Motobomba 1

d. Motobomba 2



e. Vulcanizadoras

f. Zona de trabajo manual

Figura L2. Sistema térmico del vulcanizado. Primer nivel.

METODOLOGÍA PARA EL USO RACIONAL Y EFICIENTE DE LA ENERGÍA DESDE EL ENFOQUE EXERGÉTICO EN INDUSTRIA CAUCHOS RECORD LTDA.

Anexo L. Modelos exergéticos del sistema de vulcanizado.

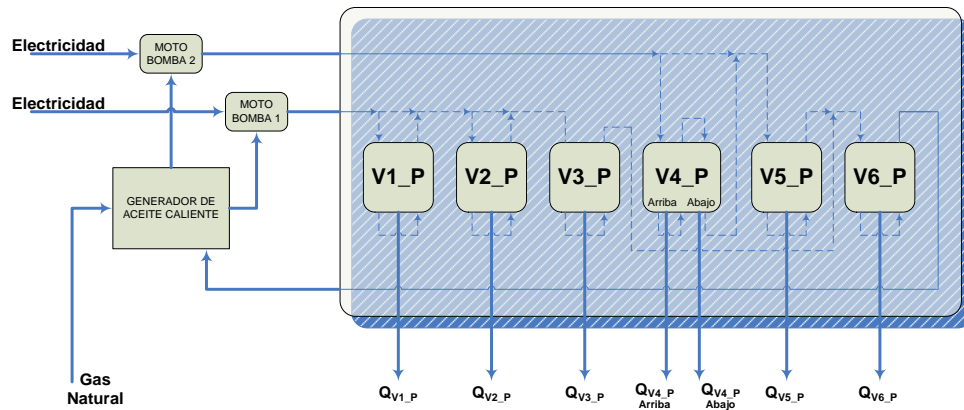


Figura L3. Interconexión del sistema térmico de vulcanizado.

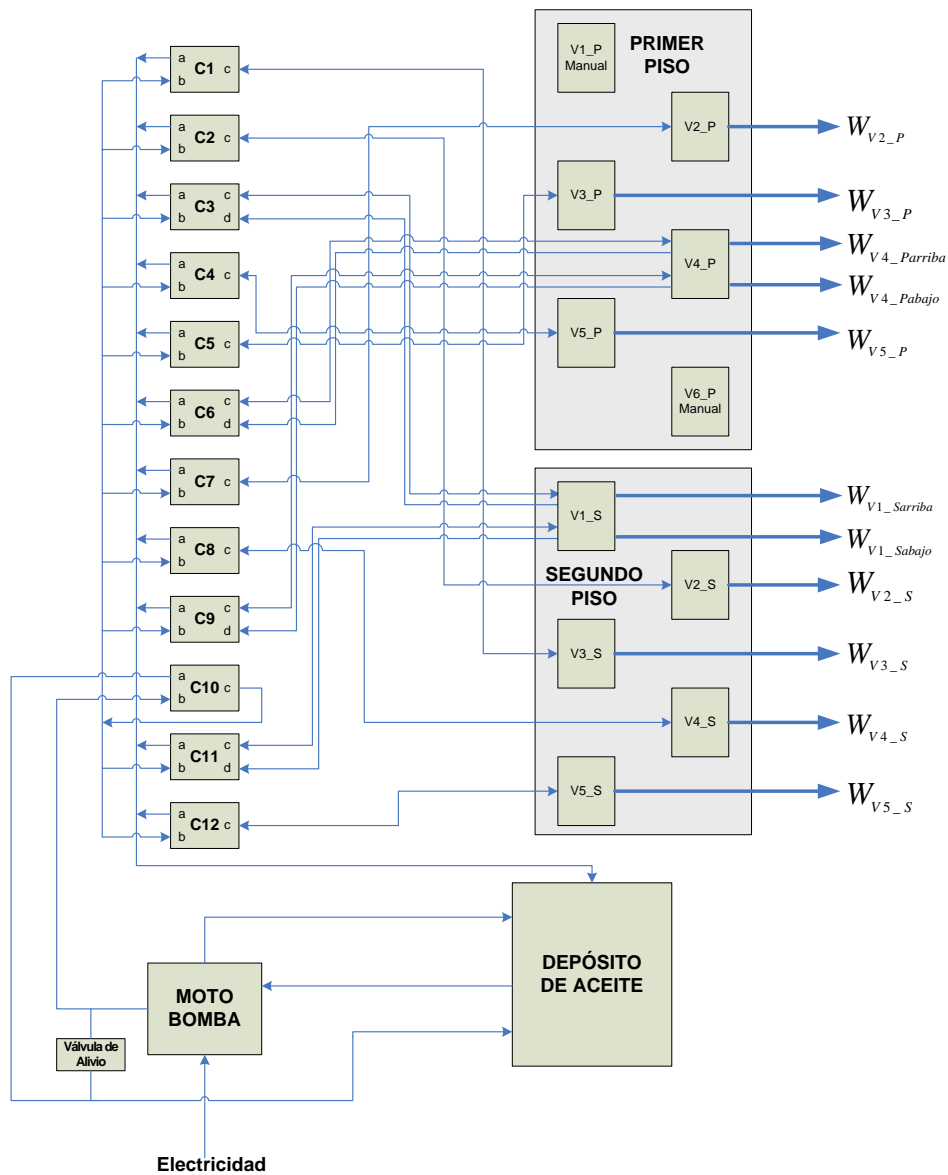


Figura L4. Interconexión del sistema hidráulico de vulcanizado

**METODOLOGÍA PARA EL USO RACIONAL Y EFICIENTE DE LA ENERGÍA DESDE EL ENFOQUE EXERGÉTICO
EN INDUSTRIA CAUCHOS RECORD LTDA.**

Anexo L. Modelos exergéticos del sistema de vulcanizado.



Figura L5. Modelos exergéticos determinados en la operación de vulcanizado.

MODELO EXERGÉTICO DEL GENERADOR DE ACEITE CALIENTE

El modelo se constituye de ocho (8) bloques: conductores de alimentación del motor 1, conductores de alimentación del motor 2, motor 1, motor 2, bomba 1, bomba 2, generador de aceite caliente y red de interconexión aislada; además, se identificaron doce (12) flujos que se describen en el tabla L2.

Tabla L2. Flujos identificados del generador de aceite caliente.

FLUJO	TIPO	DESCRIPCIÓN
1	Electricidad	Flujo eléctrico a través de los conductores de alimentación
2	Electricidad	Alimentación del motor 1
3	Trabajo	Trabajo desarrollado por el eje del motor 1
4	Electricidad	Flujo eléctrico a través de los conductores de alimentación
5	Electricidad	Alimentación del motor 2
6	Trabajo	Trabajo desarrollado por el eje del motor 2
7	Gas natural	Utilizado para suministrar el calor necesario por combustión.
8	Calor	Fluido calentado
9	Calor	Fluido calentado
10	Calor y energía cinética	Fluido impulsado
11	Calor y energía cinética	Fluido impulsado
12	Calor	Calor bruto suministrado por la red

En la tabla L3 se aprecian las características de cada flujo identificado.

Tabla L3. Características de los flujos identificados del generador de aceite caliente.

FLUJO	MASA	Energía	Exergía
1. Electricidad	-	✓	✓
2. Electricidad	-	✓	✓
3. Trabajo	-	✓	✓
4. Electricidad	-	✓	✓
5. Electricidad	-	✓	✓
6. Trabajo	-	✓	✓
7. Gas natural	✓	✓	✓
8. Calor	✓	✓	✓

**METODOLOGÍA PARA EL USO RACIONAL Y EFICIENTE DE LA ENERGÍA DESDE EL ENFOQUE EXERGÉTICO
EN INDUSTRIA CAUCHOS RECORD LTDA.**

Anexo L. Modelos exergéticos del sistema de vulcanizado.

9. Calor	✓	✓	✓
10. Calor y energía cinética	✓	✓	✓
11. Calor y energía cinética	✓	✓	✓
12. Calor	-	✓	✓

El modelo establecido del generador de aceite se muestra en la figura L6; adicionalmente, en la tabla L4 se presentan la determinación de la cuantificación de los flujos.

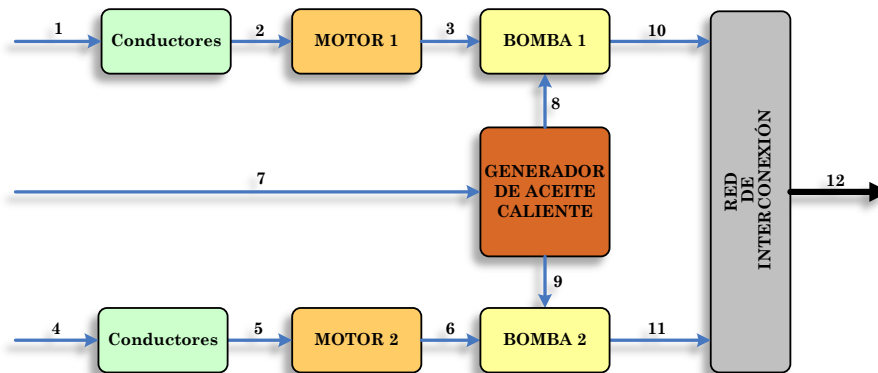


Figura L6. Esquema modelado del generador de aceite caliente.

Tabla L4. Formulación matemática de los flujos del generador de aceite caliente.

FLUJO	MASA	Energía	Exergía
1. Electricidad	-	$E_1 = B_1 = \int P_1 dt = \sqrt{3} \int V_1 I_1 \cos \phi_1 dt$	
2. Electricidad	-	$E_2 = B_2 = \sqrt{3} \int V_1 I_1 \cos \phi_1 dt - 3 \int I_1^2 R_L dt$	
3. Trabajo	-	$E_3 = B_3 = \eta_{MP} B_2$	
4. Electricidad	-	$E_4 = B_4 = \int P_4 dt = \sqrt{3} \int V_4 I_4 \cos \phi_4 dt$	
5. Electricidad	-	$E_5 = B_5 = \sqrt{3} \int V_5 I_5 \cos \phi_5 dt - 3 \int I_5^2 R_L dt$	
6. Trabajo	-	$E_6 = B_6 = \eta_{MP} B_5$	
7. Gas natural	$m_7 = \rho_{GN} V_C$	$E_7 = Q_7 = m_7 P_C / \rho_{GN}$	$B_7 = Q_7 (T_M - T_0) / T_M$
8. Calor	$m_8 = \dot{m}_8 t$	$E_8 = Q_7 \dot{m}_8 / (\dot{m}_8 + \dot{m}_9)$	$B_8 = B_7 \dot{m}_8 / (\dot{m}_8 + \dot{m}_9)$
9. Calor	$m_9 = \dot{m}_9 t$	$E_9 = Q_7 \dot{m}_9 / (\dot{m}_8 + \dot{m}_9)$	$B_9 = B_7 \dot{m}_9 / (\dot{m}_8 + \dot{m}_9)$
10. Calor	$m_{10} = m_8$	$E_{10} = E_3 + E_8$	$B_{10} = B_3 + B_8$
11. Calor	$m_{11} = m_9$	$E_{11} = E_6 + E_9$	$B_{11} = B_6 + B_9$
12. Calor	-	$E_{12} = \sum Q_{Vi}$	$B_{12} = \sum B_{Vi}$

Los símbolos empleados en la tabla L4 para determinar la cuantificación de los flujos se indican a continuación:

B_i	Exergía del flujo i, J	$R_{L,M2}$	Resistencia eléctrica del conductor alimentador del motor 1, Ω
B_{Vi}	Exergía de las planchas de la vulcanizadora i, J	T_0	Temperatura del ambiente de referencia, K

**METODOLOGÍA PARA EL USO RACIONAL Y EFICIENTE DE LA ENERGÍA DESDE EL ENFOQUE EXERGÉTICO
EN INDUSTRIA CAUCHOS RECORD LTDA.**

Anexo L. Modelos exergéticos del sistema de vulcanizado.

E_i	Energía del flujo i, J	T_M	Temperatura del mechero, K
I_i	Corriente del flujo i, A	t	Tiempo de funcionamiento del generador, h
m_i	Masa del flujo i, kg	V_C	Volumen del gas natural consumido, m ³
\dot{m}_i	Flujo de masa del flujo i, kg/s	V_i	Tensión del flujo i, V
P_C	Potencial energético del gas natural, kJ/m ³	$\cos\varphi_i$	Factor de potencia del flujo i
P_i	Potencia activa del flujo i, W	η_{M1}	Rendimiento del motor 1
Q_i	Calor del flujo i, J	η_{M2}	Rendimiento del motor 2
Q_{Vi}	Calor de las planchas de la vulcanizadora i, J	ρ_{GN}	Densidad del gas natural, kg/m ³
$R_{L,M1}$	Resistencia eléctrica del conductor alimentador del motor 1, Ω		

Los términos E_{Vi} y B_{Vi} se relacionan con el flujo 1 del modelo exergético de las planchas de vulcanizado.

En la tabla L5 se indican las variables según la naturaleza de obtención de sus valores.

Tabla L5. Clasificación de variables del modelo exergético del generador de aceite caliente según la obtención de su valor.

Medidas		Consultadas		Calculadas	
I_i	\dot{m}_i	P_C	$R_{L,M1}$		B_i
P_i	T_0		$R_{L,M2}$		B_{Vi}
T_M	t		η_{M1}		E_i
V_C	V_i		η_{M2}		Q_i
	$\cos\varphi_i$		ρ_{GN}		Q_{Vi}

MODELO EXERGÉTICO DEL SISTEMA HIDRÁULICO DE VULCANIZADO

El modelo se constituye de tres (3) bloques: conductores de alimentación del motor, motor y bomba; además, se identificaron catorce (14) flujos que se describen en el tabla L6.

Tabla L6. Flujos identificados del sistema hidráulico de vulcanizado.

FLUJO	TIPO	DESCRIPCIÓN
1	Electricidad	Flujo eléctrico a través de los conductores de alimentación
2	Electricidad	Alimentación del motor
3	Trabajo	Trabajo desarrollado por el eje del motor
4	Trabajo	Trabajo útil suministrado para V2P
5	Trabajo	Trabajo útil suministrado para V3P
6	Trabajo	Trabajo útil suministrado para V4PAR
7	Trabajo	Trabajo útil suministrado para V4PAB
8	Trabajo	Trabajo útil suministrado para V5P
9	Trabajo	Trabajo útil suministrado para V1SAR
10	Trabajo	Trabajo útil suministrado para V1SAB
11	Trabajo	Trabajo útil suministrado para V2S
12	Trabajo	Trabajo útil suministrado para V3S

**METODOLOGÍA PARA EL USO RACIONAL Y EFICIENTE DE LA ENERGÍA DESDE EL ENFOQUE EXERGÉTICO
EN INDUSTRIA CAUCHOS RECORD LTDA.**

Anexo L. Modelos exergéticos del sistema de vulcanizado.

13	Trabajo	Trabajo útil suministrado para V4S
14	Trabajo	Trabajo útil suministrado para V5S

En la tabla L7 se aprecian las características de cada flujo identificado.

Tabla L7. Características de los flujos identificados del sistema hidráulico de vulcanizado.

FLUJO	MASA	Energía	Exergía
1.Electricidad	-	✓	✓
2.Electricidad	-	✓	✓
3.Trabajo	-	✓	✓
4.Trabajo	✓	✓	✓
5.Trabajo	✓	✓	✓
6.Trabajo	✓	✓	✓
7.Trabajo	✓	✓	✓
8.Trabajo	✓	✓	✓
9.Trabajo	✓	✓	✓
10.Trabajo	✓	✓	✓
11.Trabajo	✓	✓	✓
12.Trabajo	✓	✓	✓
13.Trabajo	✓	✓	✓
14.Trabajo	✓	✓	✓

El modelo establecido del sistema hidráulico establecido se aprecia en la figura L7; adicionalmente, en la tabla L8 se presentan la determinación de la cuantificación de los flujos.

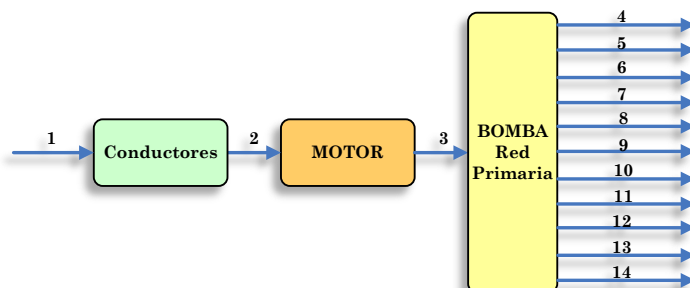


Figura L7. Esquema modelado del sistema hidráulico.

Tabla L8. Formulación matemática de los flujos del sistema hidráulico de vulcanizado.

FLUJO	MASA	Energía	Exergía
1. Electricidad	-	$E_1 = B_1 = \int P_1 dt = \sqrt{3} \int V_1 I_1 \cos \varphi_1 dt$	
2. Electricidad	-	$E_2 = B_2 = \sqrt{3} \int V_1 I_1 \cos \varphi_1 dt - 3 \int I_1^2 R_L dt$	
3. Trabajo	-	$E_3 = B_3 = \eta_{MP} B_2$	
4. Trabajo	-	$E_4 = B_4 = n_{V2P} \eta_M \left(\sqrt{3} \int V_1 I_{1,V2P} \cos \varphi_{1,V2P} dt - 3 \int I_{1,V2P}^2 R_L dt \right) - n_{V2P} \eta_M (P_{1V} - P_{PV}) t_{V2P}$	
5. Trabajo	-	$E_5 = B_5 = n_{V3P} \eta_M \left(\sqrt{3} \int V_1 I_{1,V3P} \cos \varphi_{1,V3P} dt - 3 \int I_{1,V3P}^2 R_L dt \right) - n_{V3P} \eta_M (P_{1V} - P_{PV}) t_{V3P}$	

**METODOLOGÍA PARA EL USO RACIONAL Y EFICIENTE DE LA ENERGÍA DESDE EL ENFOQUE EXERGÉTICO
EN INDUSTRIA CAUCHOS RECORD LTDA.**

Anexo L. Modelos exergéticos del sistema de vulcanizado.

6. Trabajo	-	$E_6 = B_6 = n_{V4PAR}\eta_M \left(\sqrt{3} \int V_1 I_{1,V4PAR} \cos\varphi_{1,V4PAR} dt - 3 \int I_{1,V4PAR}^2 R_L dt \right) - n_{V4PAR}\eta_M (P_{1V} - P_{PV}) t_{V4PAR}$
7. Trabajo	-	$E_7 = B_7 = n_{V4PAB}\eta_M \left(\sqrt{3} \int V_1 I_{1,V4PAB} \cos\varphi_{1,V4PAB} dt - 3 \int I_{1,V4PAB}^2 R_L dt \right) - n_{V4PAB}\eta_M (P_{1V} - P_{PV}) t_{V4PAB}$
8. Trabajo	-	$E_8 = B_8 = n_{V5P}\eta_M \left(\sqrt{3} \int V_1 I_{1,V5P} \cos\varphi_{1,V5P} dt - 3 \int I_{1,V5P}^2 R_L dt \right) - n_{V5P}\eta_M (P_{1V} - P_{PV}) t_{V5P}$
9. Trabajo	-	$E_9 = B_9 = n_{V1SAR}\eta_M \left(\sqrt{3} \int V_1 I_{1,V1SAR} \cos\varphi_{1,V1SAR} dt - 3 \int I_{1,V1SAR}^2 R_L dt \right) - n_{V1SAR}\eta_M (P_{1V} - P_{PV}) t_{V1SAR}$
10. Trabajo	-	$E_{10} = B_{10} = n_{V1SAB}\eta_M \left(\sqrt{3} \int V_1 I_{1,V1SAB} \cos\varphi_{1,V1SAB} dt - 3 \int I_{1,V1SAB}^2 R_L dt \right) - n_{V1SAB}\eta_M (P_{1V} - P_{PV}) t_{V1SAB}$
11. Trabajo	-	$E_{11} = B_{11} = n_{V2S}\eta_M \left(\sqrt{3} \int V_1 I_{1,V2S} \cos\varphi_{1,V2S} dt - 3 \int I_{1,V2S}^2 R_L dt \right) - n_{V2S}\eta_M (P_{1V} - P_{PV}) t_{V2S}$
12. Trabajo	-	$E_{12} = B_{12} = n_{V3S}\eta_M \left(\sqrt{3} \int V_1 I_{1,V3S} \cos\varphi_{1,V3S} dt - 3 \int I_{1,V3S}^2 R_L dt \right) - n_{V3S}\eta_M (P_{1V} - P_{PV}) t_{V3S}$
13. Trabajo	-	$E_{13} = B_{13} = n_{V4S}\eta_M \left(\sqrt{3} \int V_1 I_{1,V4S} \cos\varphi_{1,V4S} dt - 3 \int I_{1,V4S}^2 R_L dt \right) - n_{V4S}\eta_M (P_{1V} - P_{PV}) t_{V4S}$
14. Trabajo	-	$E_{14} = B_{14} = n_{V5S}\eta_M \left(\sqrt{3} \int V_1 I_{1,V5S} \cos\varphi_{1,V5S} dt - 3 \int I_{1,V5S}^2 R_L dt \right) - n_{V5S}\eta_M (P_{1V} - P_{PV}) t_{V5S}$

Los símbolos empleados en la tabla L8 para determinar la cuantificación de los flujos se indican a continuación:

B_i	Exergía del flujo i, J	R_L	Resistencia eléctrica de los conductores, Ω
E_i	Energía del flujo i, J	t	Tiempo de operación, s
I_1	Corriente eléctrica del flujo 1, A	t_i	Tiempo de operación de maniobra de la vulcanizadora i, s
$I_{1,i}$	Corriente eléctrica del flujo 1 cuando se maniobra la vulcanizadora i, A	V_1	Tensión del flujo 1, V
P_1	Potencia eléctrica del flujo 1, W	$\cos\varphi_1$	Factor de potencia del flujo 1
P_{1V}	Potencia eléctrica del flujo 1 cuando la bomba se encuentra en vacío, W	$\cos\varphi_{1,i}$	Factor de potencia del flujo 1 cuando se maniobra la vulcanizadora i
P_{PV}	Potencia eléctrica pérdida en los conductores cuando la bomba se encuentra en vacío, W	η_M	Rendimiento del motor

Los flujos 4 a 14 corresponden a las once (11) planchas de vulcanizado conectadas al sistema hidráulico, que a continuación se mencionan:

V2P: *Vulcanizadora número 2 ubicada en el 1^{er} piso*

V3P: *Vulcanizadora número 3 ubicada en el 1^{er} piso*

V4PAR: *Vulcanizadora número 4 ubicada en el 1^{er} piso (Parte de arriba)*

V4PAB: *Vulcanizadora número 4 ubicada en el 1^{er} piso (Parte de abajo)*

V5P: *Vulcanizadora número 5 ubicada en el 1^{er} piso*

V1SAR: *Vulcanizadora número 1 ubicada en el 2^{do} piso (Parte de arriba)*

V1SAB: *Vulcanizadora número 1 ubicada en el 2^{do} piso (Parte de abajo)*

V2S: *Vulcanizadora número 2 ubicada en el 2^{do} piso*

**METODOLOGÍA PARA EL USO RACIONAL Y EFICIENTE DE LA ENERGÍA DESDE EL ENFOQUE EXERGÉTICO
EN INDUSTRIA CAUCHOS RECORD LTDA.**

Anexo L. Modelos exergéticos del sistema de vulcanizado.

V3S: Vulcanizadora número 3 ubicada en el 2^{do} piso

V4S: Vulcanizadora número 4 ubicada en el 2^{do} piso

V5S: Vulcanizadora número 5 ubicada en el 2^{do} piso

El cálculo para la condición de vacío parte de las siguientes expresiones,

$$P_{1V} = \sqrt{3}V_{1V}I_{1V}\cos\varphi_{1V} \tag{L1}$$

$$P_{PV} = 3I_{1V}^2R_L \tag{L2}$$

En la tabla L9 se indican las variables según la naturaleza de obtención de sus valores.

Tabla L9. Clasificación de variables del sistema hidráulico de vulcanizado según la obtención de su valor.

Medidas		Consultadas	Calculadas
I_1	$I_{1,i}$	R_L	B_i
I_{1V}	P_1	η_M	E_i
P_{1V}	t		P_{PV}
t_i	V_1		
$\cos\varphi_1$	$\cos\varphi_{1,i}$		
$\cos\varphi_{1V}$			

MODELO EXERGÉTICO DE LAS PRENSAS DE VULCANIZADO

El modelo se constituye de tres (3) bloques: planchas, tanque y matriz; además, se identificaron nueve (9) flujos que se describen en la tabla L10.

Tabla L10. Flujos identificados de las planchas de las prensas de vulcanizado.

FLUJO	TIPO	DESCRIPCIÓN
1	Calor	Flujo térmico para calentar las planchas de vulcanizado
2	Calor	Flujo térmico suministrado a la matriz de vulcanizado
3	Trabajo	Impulso de un fluido
4	Trabajo	Movimiento vertical de una plancha
5	Materia prima	Caucho
6	Materia prima	Acero
7	Materia prima	Acero
8	Desperdicio	Caucho sobrante
9	Producto	Repuesto vulcanizado

En la tabla L11 se aprecian las características de cada flujo identificado.

Tabla L11. Características de los flujos identificados de las planchas de las prensas de vulcanizado.

FLUJO	MASA	Energía	Exergía
1. Calor	-	✓	✓
2. Calor	-	✓	✓

**METODOLOGÍA PARA EL USO RACIONAL Y EFICIENTE DE LA ENERGÍA DESDE EL ENFOQUE EXERGÉTICO
EN INDUSTRIA CAUCHOS RECORD LTDA.**

Anexo L. Modelos exergéticos del sistema de vulcanizado.

3. Trabajo	✓	✓	✓
4. Trabajo	-	✓	✓
5. Materia prima	✓	✓	✓
6. Materia prima	✓	✓	✓
7. Materia prima	✓	✓	✓
8. Desperdicio	✓	✓	✓
9. Producto	✓	✓	✓

El modelo establecido de las planchas de vulcanizado se ve en la figura L8; adicionalmente, en la tabla L12 se presentan la determinación de la cuantificación de los flujos.

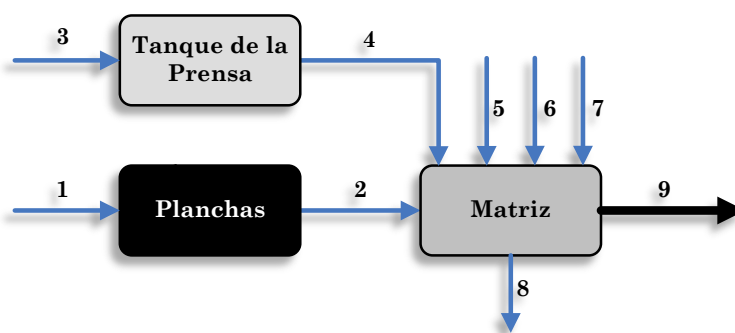


Figura L8. Esquema modelado de la prensa de vulcanizado.

Tabla L12. Formulación matemática de los flujos de las planchas de las prensas de vulcanizado.

FLUJO	MASA	Energía	Exergía
1. Calor	-	$E_1 = E_{TP} / n_V n_M$	$B_1 = B_{TP} / n_V n_M$
2. Calor	-	$E_2 = Q_{Mconv} + Q_{MO} + Q_C$ $+ Q_A + Q_{MC} / n_V n_M$	$B_2 = B_{Mconv} + B_{MO} + B_C$ $+ B_A + B_{MC} / n_V n_M$
3. Trabajo	-	$E_3 = B_3 = E_{SH}$	
4. Trabajo	-	$E_4 = B_4 = P_f A \Delta x$	
5. Materia prima	$m_5 = m_{MP,C}$	$E_5 = E_{MP,C}$	$B_5 = B_{MP,C}$
6. Materia prima	$m_6 = m_{MP,A1}$	$E_6 = E_{MP,A1}$	$B_6 = B_{MP,A1}$
7. Materia prima	$m_7 = m_{MP,A2}$	$E_7 = E_{MP,A2}$	$B_7 = B_{MP,A2}$
8. Desperdicio	$m_8 = m_{MP,DC}$	$E_8 = \frac{m_8}{m_5} (E_5 + Q_C)$	$B_8 = \frac{m_8}{m_5} (B_5 + B_C)$
9. Producto	$m_9 = m_5 + m_6$ $+ m_7 - m_8$	$E_9 = E_4 + Q_A + E_6 + E_7$ $+ (E_5 + Q_C)(m_5 - m_8) /$	$B_9 = B_4 + B_A + B_6 + B_7$ $+ (B_5 + B_C)(m_5 - m_8) /$

Los símbolos empleados para determinar la cuantificación de los flujos en la Tabla 3 se indican a continuación:

A	Área del tanque de la prensa, m ²	E_{TP}	Energía total (calor) entregada a la plancha, J
B_i	Exergía del flujo i, J	m_i	Masa del flujo i, J
B_A	Exergía almacenada en la masa de acero de la pieza, J	$m_{MP,A}$	Masa del acero de materia prima, J
B_C	Exergía almacenada en la masa inicial de caucho, J	$m_{MP,C}$	Masa del caucho de materia prima, J
B_{MC}	Exergía almacenada en la matriz en el calentamiento, J	$B_{MP,CD}$	Masa del caucho desperdiciado, J
B_{Mconv}	Exergía transferida por la matriz al ambiente por convección, J	n_M	Número de matrices

**METODOLOGÍA PARA EL USO RACIONAL Y EFICIENTE DE LA ENERGÍA DESDE EL ENFOQUE EXERGÉTICO
EN INDUSTRIA CAUCHOS RECORD LTDA.**

Anexo L. Modelos exergéticos del sistema de vulcanizado.

B_{MO}	Exergía almacenada en la matriz en un vulcanizado, J	n_V	Número de vulcanizaciones al día
B_{MP_A}	Exergía del acero de materia prima, J	P_f	Presión de trabajo de la prensa de vulcanizado, Pa
B_{MP_C}	Exergía del caucho de materia prima, J	Q_A	Calor almacenado en la masa de acero de la pieza, J
B_{TP}	Exergía entregada a la plancha, J	Q_C	Calor almacenado en la masa inicial de caucho, J
E_i	Energía del flujo i, J	Q_{MC}	Calor almacenado en la matriz en el calentamiento, J
E_{MP_A}	Energía del acero de materia prima, J	Q_{Mconv}	Calor transferido por la matriz al ambiente por convección, J
E_{MP_C}	Energía del caucho de materia prima, J	Q_{MO}	Calor almacenado en la matriz en un vulcanizado, J
E_{SH}	Energía (Exergía) entregada por el sist. Hidráulico, J	Δx	Compresión del molde bajo presión de trabajo, m

En principio se intentó determinar la cuantificación de este flujo planteándolo como un problema de transferencia de calor de flujo interno, pero debido a la imposibilidad de acceder a información física referente a condiciones físicas del fluido y de los equipos y además por la alta complejidad de las medidas requeridas, se optó por deducir los valores de energía y exergía por medio de un balance energético basado en el almacenamiento de calor y la transferencia de calor al ambiente (convección).

Para ello se determinó el calor transferido a la matriz, a cada una de las partes de la pieza vulcanizada, el calor emitido al ambiente por las planchas y la matriz, el calor contenido en la estructura metálica de la prensa de vulcanizado. Los valores E_{TP} y B_{TP} representan la suma de cantidades de energía y exergía respectivamente para distintas partes de la prensa vulcanizadora en diferentes condiciones de operación.

$$E_{TOTAL\ PLANCHA} = E_{TP} = Q_{PC} + Q_{PO} + Q_{PCconv} + Q_{MC} + n_V n_M (Q_{Mconv} + Q_{MO} + Q_C + Q_A) \quad (L3)$$

$$B_{TOTAL\ PLANCHA} = B_{TP} = B_{PC} + B_{PO} + B_{PCconv} + B_{MC} + n_V n_M (B_{Mconv} + B_{MO} + B_C + B_A) \quad (L4)$$

Donde $n_V n_M = n_P$ indica el número de repuestos vulcanizados al día. Los componentes de E_{TP} , al igual que los B_{TP} , pueden presentarse en dos tipos de naturalezas, almacenamiento o convección, tal como se aprecia en la tabla L13. La importancia de esta característica radica en la metodología de cálculo requerida para determinar una cantidad específica.

Tabla L13. Componentes de la energía total entregada a las planchas de las prensas de vulcanizado.

Componente	Cuerpo de referencia	Naturaleza	Tiempo de ocurrencia
Q_{PC}	Planchas	Calor almacenado en el cuerpo.	Durante el período de calentamiento (3:00am a 7:00am)
Q_{PO}			En el período de operación (7:00am a 5:00pm)
Q_{MC}	Matriz		Al inicio de la jornada
Q_{MO}			Durante el vulcanizado de la pieza

**METODOLOGÍA PARA EL USO RACIONAL Y EFICIENTE DE LA ENERGÍA DESDE EL ENFOQUE EXERGÉTICO
EN INDUSTRIA CAUCHOS RECORD LTDA.**

Anexo L. Modelos exergéticos del sistema de vulcanizado.

Q_A	Caucho (MP)	Durante el vulcanizado de la pieza
Q_C	Acero (MP)	
Q_{PConv}	Planchas	Durante el período de calentamiento (3:00am a 7:00am)
		En el período de operación (7:00am a 5:00pm)
Q_{MConv}	Matriz	Durante el vulcanizado de la pieza

Para ambos casos se encuentra que dependen de una diferencia de temperaturas. En el caso del almacenamiento de calor en un cuerpo importa la temperatura que se registre en el instante inicial y en el instante final, pero no el tiempo en si. Para el calor transferido por convección se hace relevante el período de tiempo de la transferencia y también como se comportan las temperaturas con respecto al tiempo.

A continuación se comentan sobre las consideraciones para determinar los componentes, según su naturaleza, en función de las variables físicas asociadas.

Calor y exergía almacenados en un cuerpo.

Para determinar el calor y la exergía almacenados en un cuerpo se emplean las expresiones (L5) y (L6) respectivamente, para el caso en que el calor específico no dependa de la temperatura.

$$Q = mc(T_H - T_L) \tag{L5}$$

$$B = Q(1 - T_0/T) \tag{L6}$$

Si el calor específico, $c(T)$, dependa de la temperatura se debe recurrir a las expresiones (L7) y (L8)

$$E = Q = m \int_{T_L}^{T_H} c(T)dT \tag{L7}$$

$$B = m \int_{T_L}^{T_H} c(T)(1 - T_0/T)dT \tag{L8}$$

En caso de que se presente una dependencia lineal de calor específico con respecto a la temperatura, o en un intervalo, las expresiones (L9) y (L10) permiten realizar los cálculos. Lo que ocurre en el caso del caucho y del acero para determinado intervalo.

$$E = Q = m \int_{T_L}^{T_H} c(T)dT = m \left(\frac{a(T_H^2 - T_L^2)}{2} + b(T_H - T_L) \right) \tag{L9}$$

**METODOLOGÍA PARA EL USO RACIONAL Y EFICIENTE DE LA ENERGÍA DESDE EL ENFOQUE EXERGÉTICO
EN INDUSTRIA CAUCHOS RECORD LTDA.**

Anexo L. Modelos exergéticos del sistema de vulcanizado.

$$B = m \int_{T_L}^{T_H} c(T)(1 - T_0/T)dT = m \left(\frac{\alpha(T_H^2 - T_L^2)}{2} + (b - \alpha T_0)(T_H - T_L) - bT_0 \ln \frac{T_H}{T_L} \right) \quad (L10)$$

Y si las temperaturas varían en el tiempo y existe flujo de masa se emplean las expresiones (L11) y (L12).

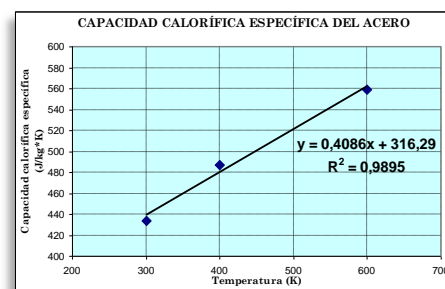
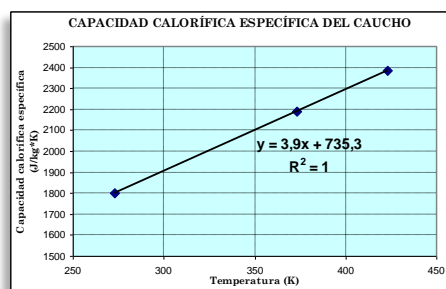
$$E = Q = \int_{t_i}^{t_f} \int_{T_L}^{T_H} \dot{m}c(T)dTdt \quad (L11)$$

$$B = \int_{t_i}^{t_f} \int_{T_L}^{T_H} \dot{m}c(T) \left(1 - \frac{T_0}{T}\right) dTdt \quad (L12)$$

El calor específico del caucho para el intervalo $273K | 0^\circ C | < T < 423K | 150^\circ C |$ presenta un comportamiento lineal expresado de la forma $c | T | = aT + b$. En el caso del acero se presenta un comportamiento lineal en el intervalo $300K | 27^\circ C | < T < 600K | 323^\circ C |$. En la tabla L14 se muestran los valores del calor específico para el caucho y el acero a diferentes temperaturas. En la figura L9 se muestra la dependencia lineal con respecto a la temperatura en un intervalo definido.

Tabla L14. Calor específico del caucho y el acero.

CAUCHO		ACERO	
Temperatura K	Calor específico J/kgK	Temperatura K	Calor específico J/kgK
173	1 000	300	434
273	1 800	400	487
373	2 190	600	559
423	2 385	800	685
473	2 580	1 000	1 168



Comportamiento lineal válido para el intervalo
 $273K < T < 423K$ o $0^\circ C < T < 150^\circ C$

$$c_{CAUCHO} | T | = 3,9T + 735,3 \quad [J/kgK]$$

a) Caucho

Comportamiento lineal válido para el intervalo
 $300K < T < 600K$ o $27^\circ C < T < 327^\circ C$

$$c_{ACERO} | T | = 0,4089T + 316,29 \quad [J/kgK]$$

b) Acero

Figura L9. Calor específico

Por tanto, la energía y exergía de una pieza de caucho se determinan por las expresiones (L13) y (14), respectivamente. Para una pieza de acero se tienen las expresiones (L15) y (L16).

**METODOLOGÍA PARA EL USO RACIONAL Y EFICIENTE DE LA ENERGÍA DESDE EL ENFOQUE EXERGÉTICO
EN INDUSTRIA CAUCHOS RECORD LTDA.**

Anexo L. Modelos exergéticos del sistema de vulcanizado.

$$E = Q = m \left(1,95(T_H^2 - T_L^2) + 735,3(T_H - T_L) \right) \quad (\text{L13})$$

$$B = m \left(1,95(T_H^2 - T_L^2) - 416,7(T_H - T_L) - 225\,900 \ln \frac{T_H}{T_L} \right) \quad (\text{L14})$$

$$E = Q = m \left(0,2043(T_H^2 - T_L^2) + 316,29(T_H - T_L) \right) \quad (\text{L15})$$

$$B = m \left(0,2043(T_H^2 - T_L^2) + 193,17(T_H - T_L) - 94\,887 \ln \frac{T_H}{T_L} \right) \quad (\text{L16})$$

Componentes de E_{TP} por almacenamiento. El valor del componente Q_C se basa en la expresión (L11), Q_{PC} , Q_{PO} , Q_{MC} , Q_{MO} y Q_A se basan (L13).

$$Q_C = m_C \left(1,95(T_{HC}^2 - T_{LC}^2) + 735,3(T_{HC} - T_{LC}) \right) \quad (\text{L17})$$

$$Q_{PC} = m_P \left(0,2043(T_{HPC}^2 - T_{LPC}^2) + 316,29(T_{HPC} - T_{LPC}) \right) \quad (\text{L18})$$

$$Q_{PO} = m_P \left(0,2043(T_{HPO}^2 - T_{LPO}^2) + 316,29(T_{HPO} - T_{LPO}) \right) \quad (\text{L19})$$

$$Q_{MO} = m_M \left(0,2043(T_{HMO}^2 - T_{LMO}^2) + 316,29(T_{HMO} - T_{LMO}) \right) \quad (\text{L20})$$

$$Q_{MC} = m_M \left(0,2043(T_{HMC}^2 - T_{LMC}^2) + 316,29(T_{HMC} - T_{LMC}) \right) \quad (\text{L21})$$

$$Q_A = m_A \left(0,2043(T_{HA}^2 - T_{LA}^2) + 316,29(T_{HA} - T_{LA}) \right) \quad (\text{L22})$$

Componentes de B_{TP} por almacenamiento. El valor del componente B_C se basa en la expresión (L14), B_{PC} , B_{PO} , B_{MC} y B_A se basan (L16).

$$B_C = m_C \left(1,95(T_{HC}^2 - T_{LC}^2) - 416,7(T_{HC} - T_{LC}) - 225\,900 \ln \frac{T_{HC}}{T_{LC}} \right) \quad (\text{L23})$$

$$B_{PC} = m_P \left(0,2043(T_{HPC}^2 - T_{LPC}^2) + 193,17(T_{HPC} - T_{LPC}) - 94\,887 \ln \frac{T_{HPC}}{T_{LPC}} \right) \quad (\text{L24})$$

$$B_{PO} = m_P \left(0,2043(T_{HPO}^2 - T_{LPO}^2) + 193,17(T_{HPO} - T_{LPO}) - 94\,887 \ln \frac{T_{HPO}}{T_{LPO}} \right) \quad (\text{L25})$$

$$B_{MC} = m_M \left(0,2043(T_{HMC}^2 - T_{LMC}^2) + 193,17(T_{HMC} - T_{LMC}) - 94\,887 \ln \frac{T_{HMC}}{T_{LMC}} \right) \quad (\text{L26})$$

$$B_{MO} = m_M \left(0,2043(T_{HMO}^2 - T_{LMO}^2) + 193,17(T_{HMO} - T_{LMO}) - 94\,887 \ln \frac{T_{HMO}}{T_{LMO}} \right) \quad (\text{L27})$$

$$B_A = m_A \left(0,2043(T_{HA}^2 - T_{LA}^2) + 193,17(T_{HMO} - T_{LMO}) - 94\,887 \ln \frac{T_{HA}}{T_{LA}} \right) \quad (\text{L28})$$

Calor y exergía debidos a la transferencia por convección

Se consideran en este caso la energía y la exergía emitidas por un cuerpo al ambiente dada la diferencia de temperaturas. Las expresiones base para realizar los cálculos se indican las siguientes:

$$q = hA(T_H - T_L) [W] \quad (L29)$$

$$Q = \int_{t_1}^{t_2} q dt = hA \int_{t_1}^{t_2} (T_H - T_L) dt [J] \quad (L30)$$

$$B = \int_{t_1}^{t_2} q \left(\frac{T_H - T_0}{T_H} - \frac{T_L - T_0}{T_L} \right) dt = hAT_0 \int_{t_1}^{t_2} \frac{(T_H - T_L)^2}{T_H T_L} dt [J] \quad (L31)$$

Componentes de E_{Tp} por convección. Para calcular los componentes Q_{PC} , Q_{PO} y Q_{MV} se emplea la expresión (L28). A continuación se tienen de forma general la relación de las temperaturas con respecto al tiempo. Las variables sin un valor numérico asociado indican su dependencia de las condiciones propias de cada prensa de vulcanizado y del repuesto.

Temperatura de las planchas durante el calentamiento en horas,

$$T_{PC}(t) = a_{PC}t + b_{PC} \quad (L32)$$

Temperatura de las planchas durante el período de operación en horas,

$$T_{PO}(t) = a_{PO}t + b_{PO} \quad (L33)$$

Temperatura de la matriz durante cada vulcanizado en minutos,

$$T_{MV}(t) = a_{MV}t^2 + b_{MV}t + c_{MV} \quad (L34)$$

Solo se tienen como valores generalizados las constantes de la temperatura del aire, que se establece como la misma para todos los casos de estudios, al igual que el coeficiente de transferencia de calor, la temperatura promedio del aire entre las 7:00 am y las 5:00 pm, los tiempos de inicio y terminación del período de calentamiento y de operación que se indican continuación:

**METODOLOGÍA PARA EL USO RACIONAL Y EFICIENTE DE LA ENERGÍA DESDE EL ENFOQUE EXERGÉTICO
EN INDUSTRIA CAUCHOS RECORD LTDA.**

Anexo L. Modelos exergéticos del sistema de vulcanizado.

$$h = 40 [W/m^2K]$$

$$\overline{T_{a0}} = 37,05 \text{ } ^\circ\text{C} = 310,05$$

$$t_{ic} = 3 = 3 \text{ am}, t_{fc} = 7 = 7 \text{ am}$$

$$t_{io} = 7 = 7 \text{ am}, t_{fo} = 17 = 5 \text{ pm}$$

Temperatura del aire en horas. Válido para todos los repuestos.

$$T_a(t) = a_{av}t^2 + b_a t + c_a = -0,1361t^2 + 3,786t + 11,875 [^\circ\text{C}] \quad (\text{L35})$$

Para el calor transferido por las planchas al ambiente se tienen dos cantidades, una durante el calentamiento y la otra durante el período de operación.

$$Q_{PConv} = Q_{PCC} + Q_{PCO} \quad (\text{L36})$$

Reemplazando las expresiones (L32), (L33), (L34) y (L35), junto a los valores asociados se tiene que

$$Q_{PCC} = hA_{TP} \int_{t_{ic}}^{t_{fc}} (T_{PC}(t) - T_a(t)) dt \quad (\text{L37})$$

$$Q_{PCC} = hA_{TP} \left(-\frac{a_a}{3} (t_{fc}^3 - t_{ic}^3) + \frac{(a_{PC} - b_a)}{2} (t_{fc}^2 - t_{ic}^2) + (b_{PC} - c_a)(t_{fc} - t_{ic}) \right) \quad (\text{L38})$$

$$Q_{PCC} = 40A_{TP}(20a_{PC} + 4b_{PC} - 1209) \quad (\text{L39})$$

$$Q_{PCO} = h \frac{A_{TP}(t_{fo} - t_{io}) - A_{PCM}t_{OU}}{t_{fo} - t_{io}} \int_{t_{io}}^{t_{fo}} (T_{PO}(t) - T_a(t)) dt \quad (\text{L40})$$

$$Q_{PCO} = h \frac{A_{TP}(t_{fo} - t_{io}) - A_{PCM}t_{OU}}{t_{fo} - t_{io}} \left(-\frac{a_a}{3} (t_{fo}^3 - t_{io}^3) + \frac{(a_{PO} - b_a)}{2} (t_{fo}^2 - t_{io}^2) + (b_{PO} - c_a)(t_{fo} - t_{io}) \right) \quad (\text{L41})$$

$$Q_{PCO} = 4A_{PCM}(10 - t_{OU}) + 4A_{PCM}t_{OU}(20a_{PC} + 4b_{PC} - 1209) \quad (\text{L42})$$

$$Q_{MConv} = hA_{MCA} \int_{t_{ic}}^{t_{fc}} (T_{MV}(t) - \overline{T_{a0}}) dt \quad (\text{L43})$$

$$Q_{MConv} = hA_{MCA} \left(\frac{a_{MV}}{3} (t_{fV}^3 - t_{iV}^3) + \frac{b_{MV}}{2} (t_{fV}^2 - t_{iV}^2) + (c_{MV} - \overline{T_{a0}})(t_{fV} - t_{iV}) \right) \quad (\text{L44})$$

$$Q_{MConv} = 40A_{MCA} \left(\frac{a_{MV}}{3} (t_{fV}^3 - t_{iV}^3) + \frac{b_{MV}}{2} (t_{fV}^2 - t_{iV}^2) + (c_{MV} - 310,05)(t_{fV} - t_{iV}) \right) \quad (\text{L45})$$

Componentes de B_{TP} por convección. Para calcular los componentes B_{PCC} , B_{PCO} y B_{MConv} se emplea la expresión (L31).

**METODOLOGÍA PARA EL USO RACIONAL Y EFICIENTE DE LA ENERGÍA DESDE EL ENFOQUE EXERGÉTICO
EN INDUSTRIA CAUCHOS RECORD LTDA.**

Anexo L. Modelos exergéticos del sistema de vulcanizado.

$$B_{PC_{conv}} = B_{PC} + B_{PCO} \quad (L46)$$

Las expresiones matemáticas que se establecen de los componentes exergéticos se presentan más complejas que las apreciadas para los componentes energéticos, tal como se aprecia en las expresiones siguientes.

Reemplazando las expresiones (L32), (L33), (L34) y (L35), junto a los valores asociados se tiene que

$$B_{PC} = hA_{TP}T_0 \int_{t_{iC}}^{t_{fC}} \frac{(T_{PC}(t) - T_a(t))^2}{T_{PC}(t)T_a(t)} dt \quad [J] \quad (L47)$$

$$B_{PCO} = h \frac{A_{TP}(t_{fO} - t_{iO}) - A_{PCM}t_{OU}}{t_{fO} - t_{iO}} T_0 \int_{t_{iC}}^{t_{fC}} \frac{(T_{PO}(t) - T_a(t))^2}{T_{PO}(t)T_a(t)} dt \quad (L48)$$

$$B_{M_{Conv}} = \frac{hA_{MCA}T_0}{\overline{T_{aO}}} \int_{t_{iC}}^{t_{fC}} \frac{(T_{MV}(t) - \overline{T_{aO}})^2}{T_{MV}(t)} dt \quad [J] \quad (L49)$$

A_{MCA}	Área de la matriz en contacto con el aire, m ²	Q_{MO}	Calor almacenado en la matriz en un vulcanizado, J
A_{PCM}	Área de la plancha en contacto con la matriz, m ²	Q_{PC}	Calor almacenado en la plancha en el calentamiento, J
A_{TP}	Área de total de la plancha en contacto con el aire, m ²	$Q_{PC_{conv}}$	Calor transferido por la plancha al ambiente por convección, J
a_a, b_a, c_a	Coefficientes de la expresión $T_o(t)$	Q_{PC}	Calor transferido por la plancha al ambiente por convección en el calentamiento, J
a_{MV}, b_{MV}, c_{MV}	Coefficientes de la expresión $T_{mv}(t)$	Q_{PCO}	Calor transferido por la plancha al ambiente por convección en la operación, J
a_{PC}, b_{PC}	Coefficientes de la expresión $T_{pc}(t)$	Q_{PO}	Calor almacenado en la plancha en la operación, J
a_{PO}, b_{PO}	Coefficientes de la expresión $T_{po}(t)$	$T_a(t)$	Temperatura del aire de la zona de vulcanizado durante el día, K
B_A	Exergía almacenada en la masa de acero de la pieza, J	$\overline{T_{aO}}$	Temperatura promedio del aire en el periodo de operación (7:00am a 5:00pm)
B_C	Exergía almacenada en la masa inicial de caucho, J	T_{HA}	Temperatura del acero de la pieza después del vulcanizado, K
B_{MC}	Exergía almacenada en la matriz en el calentamiento, J	T_{HC}	Temperatura del caucho de la pieza después del vulcanizado, K
$B_{M_{Conv}}$	Exergía transferida por la matriz al ambiente por convección, J	T_{HMC}	Temperatura de la matriz después del calentamiento, K
B_{MO}	Exergía almacenada en la matriz en un vulcanizado, J	T_{HMO}	Temperatura de la matriz después del vulcanizado, K
B_{PC}	Exergía almacenada en la plancha en el calentamiento, J	T_{HPC}	Temperatura de las planchas después del calentamiento, K
$B_{PC_{conv}}$	Exergía transferida por la plancha al ambiente por convección, J	T_{HPO}	Temperatura de las planchas al final de la jornada, K
B_{PCC}	Exergía transferida por la plancha al ambiente por convección en el calentamiento, J	T_{LA}	Temperatura del acero de la pieza antes del vulcanizado, K
B_{PCO}	Exergía transferida por la plancha al ambiente por convección en la operación, J	T_{LC}	Temperatura del caucho de la pieza antes del vulcanizado, K
B_{PO}	Exergía almacenada en la plancha en la operación, J	T_{LMC}	Temperatura de la matriz antes del calentamiento, K
E_{TP}	Energía total (calor) entregada a la plancha, J	T_{LMO}	Temperatura de la matriz antes del vulcanizado, K

**METODOLOGÍA PARA EL USO RACIONAL Y EFICIENTE DE LA ENERGÍA DESDE EL ENFOQUE EXERGÉTICO
EN INDUSTRIA CAUCHOS RECORD LTDA.**

Anexo L. Modelos exergéticos del sistema de vulcanizado.

h	Coefficiente de transferencia de calor por convección, W/m^2K	T_{LPC}	Temperatura de las planchas antes del calentamiento, K
m_A	Masa de acero para una pieza, kg	T_{LPO}	Temperatura de las planchas al inicio de la jornada, K
m_C	Masa de caucho inicial para una pieza, kg	$T_{MV}(t)$	Temperatura de la matriz durante el vulcanizado, K
m_M	Masa de la matriz, kg	$T_{PC}(t)$	Temperatura de las planchas durante el calentamiento, K
m_P	Masa de las planchas, kg	$T_{PO}(t)$	Temperatura de las planchas durante el tiempo de operación total del día, K
n_M	Número de matrices	t_{iC}	Hora de inicio del calentamiento, h
n_V	Número de vulcanizaciones al día	t_{iO}	Hora de inicio de la jornada de trabajo, h
Q_A	Calor almacenado en la masa de acero de la pieza, J	t_{iV}	Tiempo de inicio del vulcanizado, h
Q_C	Calor almacenado en la masa inicial de caucho, J	t_{fC}	Hora de terminación del calentamiento, h
Q_{MC}	Calor almacenado en la matriz en el calentamiento, J	t_{fO}	Hora de terminación de la jornada de trabajo, h
Q_{MConv}	Calor transferido por la matriz al ambiente por convección, J	t_{fV}	Tiempo de terminación del vulcanizado, h

En la tabla L15 se indican las variables según la naturaleza de obtención de sus valores.

Tabla L15. Clasificación de variables de las planchas de las prensas de vulcanizado según la obtención de su valor.

Medidas		Consultadas	Calculadas	
A_{MCA}	A_{PCM}	h	a_a, b_a, c_a	a_{MV}, b_{MV}, c_{MV}
A_{TP}	m_A		a_{PC}, b_{PC}	a_{PO}, b_{PO}
m_C	m_M		B_A	B_C
n_M	n_V		B_{MC}	B_{MConv}
$T_a(t)$	T_{HA}		B_{MO}	B_{PC}
T_{HC}	T_{HMC}		B_{PConv}	B_{PcC}
T_{HMO}	T_{HPC}		B_{PcO}	B_{PO}
T_{HPO}	T_{LA}		E_{TP}	m_P
T_{LC}	T_{LMC}		Q_A	Q_C
T_{LMO}	T_{LPC}		Q_{MC}	Q_{MConv}
T_{LPO}	$T_{MV}(t)$		Q_{MO}	Q_{PC}
$T_{PC}(t)$	$T_{PO}(t)$		Q_{PConv}	Q_{PcC}
t_{iC}	t_{iO}		Q_{pCO}	
t_{iV}	t_{fC}		Q_{PO}	
t_{fO}	t_{fV}		$\overline{T_{aO}}$	

ANEXO M. ESTUDIO DE PRESIONES

**INDUSTRIA CAUCHOS RECORD
LTDA.**



ESTUDIO DE PRESIÓN

OBSERVADO POR: GERMÁN ALFONSO OSMA PINTO

Unidad de Presión: PSI
Fecha: 16 de Mayo de 2006

Equipo: V2_P

Muestras										Datos estadísticos									
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	\bar{X}	σ	n	D ₀	Norm.					
01	Fecha:		Pieza: BUJE MUELLE MEDIANO							Referencia: 18025									
	2 700	2 800	2 600	2 650	2 620	2 650	2 700	2 800	2 900	2 700	2 712	94,29	10	0,2718	SI				
02	Fecha:		Pieza: BUJE MUELLE TRASERO							Referencia: 363905									
	2 500	2 600	2 450	2 450	2 450	2 500	2 600	2 400	2 500	2 450	2 490	65,83	10	0,2645	SI				
03	Fecha:		Pieza: CAUCHO BARRA ESTABILIZADORA ISUZU							Referencia: 2488236									
	1 900	2 000	2 050	2 100	1 950	2 000	2 000	2 150	2 100	1 950	2 020	78,88	10	0,2806	SI				
04	Fecha:		Pieza: SOPORTE DELANTERO CABINA							Referencia: 666191									
	2 000	2 000	2 000	2 100	2 050	2 100	1 900	2 150	1 950	2 050	2 030	75,28	10	0,2801	SI				
05	Fecha:		Pieza: BUJE MUELLE VAN							Referencia: F2UZ-5781-C									
	2 500	2 450	2 350	2 600	2 500	2 600	2 550	2 500	2 450	2 600	2 510	80,97	10	0,2734	SI				
06	Fecha:		Pieza: SOPORTE IZQUIERDO MOTOR							Referencia: 77000527555									
	2 300	2 300	2 350	2 400	2 500	2 200	2 150	2 300	2 300	2 350	2 315	97,33	10	0,2681	SI				
07	Fecha:		Pieza: SOPORTE MEDIANO TANDEM							Referencia: 10 – QK – 368									
	2 800	2 900	3 000	2 800	2 850	2 900	2 700	2 750	2 800	2 900	2 840	87,56	10	0,2769	SI				
08	Fecha:		Pieza: SOPORTE TRASERO MOTOR							Referencia: 2422749									
	2 200	2 300	2 350	2 400	2 500	2 150	2 350	2 400	2 300	2 200	2315	108,1	10	0,2802	SI				
09	Fecha:		Pieza: CAUCHO BUJE TRASERO BARRA TORCIÓN							Referencia: 93387									
	1 950	2 000	1 850	1 650	1 800	1 950	1 900	2 000	1 700	1 750	1 855	125,7	10	0,2830	SI				
10	Fecha:		Pieza: SOPORTE EXHOSTO MONZA (TODOS)							Referencia: 90136549									
	2 350	2 350	2 350	2 400	2 400	2 400	2 450	2 450	2 500	2 550	2 420	67,49	10	0,2733	SI				
Intervalo de los valores críticos D N = 10 α = 5%										[0,2513 0,2849]					2350,7	312,7	10	0,2821	SI

\bar{X} Presión media muestral
 σ Desviación estándar
n Número de vulcanizaciones en el día

D₀ Valor del estadístico de prueba
Norm. Aceptación de la normalidad de los datos de la muestra

INDUSTRIA CAUCHOS RECORD LTDA.



ESTUDIO DE PRESIÓN

OBSERVADO POR:	GERMÁN ALFONSO OSMA PINTO			
Unidad de Presión:	PSI			
Fecha:	16 de Mayo de 2006		Equipo:	V3_P

Muestras										Datos estadísticos						
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	\bar{X}	σ	n	D ₀	Norm.		
01	Fecha: 02/06/06		Pieza: BUJE TRASERO SUPERIOR MUELLE							Referencia: UB39-28333						
2 500	2 450	2 300	2 500	2 500	2 450	2 350	2 600	2 500	2 450	2 460	84,33	10	0,2625	SI		
02	Fecha:		Pieza: CAUCHO TAPA ACEITE LUV / CHEVETTE							Referencia: 8966781						
2 350	2 300	2 450	2 200	2 150	2 250	2 250	2 300	2 200	2 350	2 280	88,82	10	0,2789	SI		
03	Fecha:		Pieza: CAUCHO EJE CARDÁN							Referencia: 230126-1						
2 450	2 600	2 500	2 450	2 600	2 650	2 550	2 500	2 600	2 600	2 550	70,71	10	0,2758	SI		
04	Fecha:		Pieza: SOPORTE TRASERO INFERIOR							Referencia: 167707						
2 500	2 450	2 450	2 400	2 500	2 550	2 500	2 450	2 500	2 550	2 485	47,43	10	0,2722	SI		
05	Fecha:		Pieza: CAUCHO BARRA ESTABILIZADORA VAN							Referencia: E9TZ-5493-C						
2 150	2 200	2 000	1 950	2 100	2 100	2 150	2 100	2 100	2 150	2 100	74,54	10	0,2616	SI		
06	Fecha:		Pieza: SOPORTE DELANTERO MOTOR							Referencia: K066-229						
2 450	2 550	2 550	2 600	2 500	2 500	2 550	2 450	2 550	2 600	2 530	53,75	10	0,2746	SI		
07	Fecha:		Pieza: CAUCHO BARRA TENSORA							Referencia: C5TZ-3B203-A						
2 200	2 250	2 100	2 150	2 150	2 150	2 200	2 200	2 200	2 200	2 175	42,49	10	0,2667	SI		
08	Fecha:		Pieza: SOPORTE TRAILER DITE							Referencia:						
2 450	2 400	2 450	2 500	2 500	2 450	2 550	2 450	2 500	2 450	2 470	42,16	10	0,2625	SI		
09	Fecha:		Pieza: BUJE MUELLE DELANTERO							Referencia: 11845						
2 700	2 850	2 850	2 900	2 750	2 800	2 750	2 800	2 850	2 800	2 805	59,86	10	0,2773	SI		
10	Fecha:		Pieza: BUJE MUELLE PEQUEÑO							Referencia: 15016						
2 700	2 650	2 600	2 750	2 800	2 950	2 750	2 800	2 650	2 800	2 745	101,2	10	0,2733	SI		
Intervalo de los valores críticos D N = 10 α = 5%										[0,2513 0,2849]		2 460	225,4	10	0,2785	SI

\bar{X}	Presión media muestral	D ₀	Valor del estadístico de prueba
σ	Desviación estándar	Norm.	Aceptación de la normalidad de los datos de la muestra
n	Número de vulcanizaciones en el día		

INDUSTRIA CAUCHOS RECORD LTDA.



ESTUDIO DE PRESIÓN

OBSERVADO POR:	GERMÁN ALFONSO OSMA PINTO			
Unidad de Presión:	PSI			
Fecha:	16 de Mayo de 2006	Equipo:	V4_P (Arriba)	

Muestras										Datos estadísticos					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	\bar{X}	σ	n	D_0	Norm.	
01	Fecha: 02/06/06		Pieza: SOPORTE EXHOSTO							Referencia: 7700511170					
	2 850	2 850	2 950	2 950	3 000	3 000	3 050	3 050	3 100	3 150	2 995	98,46	10	0,2810	SI
02	Fecha:		Pieza: SOPORTE EXHOSTO							Referencia: 7700523095					
	2 950	3 000	3 050	3 050	3 000	2 950	3 050	3 000	2 950	2 900	2 990	51,64	10	0,2756	SI
03	Fecha:		Pieza: SOPORTE TRASERO AMORTIGUADOR							Referencia: 8092-28390A					
	3 050	3 000	2 950	3 100	3 050	3 100	2 850	3 050	3 000	2 950	3 010	77,46	10	0,2722	SI
04	Fecha:		Pieza: SOPORTE TRASERO MOTOR C- 60/ C- 70							Referencia: 3723646					
	3 050	3 100	2 950	3 000	3 000	3 050	2 950	3 000	3 000	2 950	3 005	49,72	10	0,2703	SI
05	Fecha:		Pieza: SOPORTE CAJA CHEVETTE (TODOS)							Referencia: 8977805					
	2 950	3 000	2 950	3 000	3 000	3 000	3 050	2 950	3 000	3 050	2 995	36,89	10	0,2643	SI
06	Fecha:		Pieza: CORBATIN BARRA TENSORA							Referencia: 44695					
	3 150	3 200	3 250	3 150	3 200	3 050	3 150	3 200	3 250	3 150	3 175	58,93	10	0,2639	SI
07	Fecha:		Pieza: SOPORTE TRASERO MOTOR							Referencia: DOHZ - 6068 - B					
	3 000	3 150	3 050	2 950	3 000	2 950	3 000	3 050	2 950	3 000	3 010	61,46	10	0,2572	SI
08	Fecha:		Pieza: CAUCHO CABINA VAN							Referencia: EUBA-1000154-B					
	2 450	2 550	2 600	2 450	2 400	2 550	2 850	2 650	2 550	2 650	2 570	129,5	10	0,2686	SI
09	Fecha:		Pieza: MEDIA LUNA TRAILER - NYLON							Referencia: NC-241					
	2 650	2 600	2 750	2 700	2 650	2 750	2 700	2 650	2 700	2 650	2 680	48,30	10	0,2728	SI
10	Fecha:		Pieza: BUJE MUELLE DODGE							Referencia: RB - 135					
	2 550	2 650	2 600	2 550	2 500	2 450	2 550	2 600	2 650	2 450	2 555	72,46	10	0,2800	SI
Intervalo de los valores críticos D N = 10 α =5%															
													[0,2513 0,2849]		
										2 888	202,9	10	0,2547	SI	

\bar{X} Presión media muestral
 σ Desviación estándar
n Número de vulcanizaciones en el día

D_0 Valor del estadístico de prueba
Norm. Aceptación de la normalidad de los datos de la muestra

INDUSTRIA CAUCHOS RECORD LTDA.



ESTUDIO DE PRESIÓN

OBSERVADO POR:	GERMÁN ALFONSO OSMA PINTO			
Unidad de Presión:	PSI			
Fecha:	16 de Mayo de 2006		Equipo:	V4_P (Abajo)

Muestras										Datos estadísticos									
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	\bar{X}	σ	n	D_0	Norm.					
01	Fecha: 02/06/06		Pieza: BUJE MUELLE							Referencia: 18009									
	3 150	3 100	3 150	3 050	3 100	3 150	3 150	3 050	3 100	3 100	3 110	39,44	10	0,2673	SI				
02	Fecha:		Pieza: BUJE MUELLE TRASERO							Referencia: 11841									
	3 050	3 100	3 100	3 100	3 050	3 150	3 050	3 000	3 150	3 100	3 085	47,43	10	0,2722	SI				
03	Fecha:		Pieza: SOPORTE TRASERO MOTOR ISUZU – 580							Referencia: 2488234									
	3 000	3 050	3 050	2 950	3 000	3 150	3 050	2 950	2 900	3 050	3 015	70,91	10	0,2713	SI				
04	Fecha:		Pieza: SOPORTE DELANTERO MOTOR Aeromax							Referencia: E8HZ-6038-B									
	3 050	2 950	3 000	3 000	3 050	2 950	3 050	3 000	3 050	3 050	3 015	41,16	10	0,2625	SI				
05	Fecha:		Pieza: SOPORTE TANDEM RIN 24							Referencia: 10-QK-372									
	3 100	3 050	3 100	3 050	3 100	3 100	3 050	3 100	3 050	3 000	3 070	34,96	10	0,2563	SI				
06	Fecha:		Pieza: BUJE MUELLE CHEVROLET B60							Referencia: RB-94									
	2 950	3 050	3 000	2 950	2 850	2 950	3 000	3 050	2 950	2 900	2 965	62,85	10	0,2737	SI				
07	Fecha:		Pieza: SOPORTE TRASERO SUPERIOR							Referencia: 167708									
	2 950	2 850	2 750	2 850	2 650	2 950	2 850	3 050	3 000	2 900	2 880	118,3	10	0,2762	SI				
08	Fecha:		Pieza: BUJE PUNTAS TANDEM							Referencia: 29878									
	2 550	2 650	2 550	2 650	2 700	2 550	2 750	2 650	2 600	2 650	2 630	67,49	10	0,2733	SI				
09	Fecha:		Pieza: KODIAK							Referencia:									
	2 850	2 950	3 050	3 050	3 000	2 950	3 050	2 850	2 950	3 050	2 975	79,06	10	0,2700	SI				
10	Fecha:		Pieza: SOPORTE EXHOSTO CHEVETTE (TODOS)							Referencia: 9275484									
	2 750	2 950	3 050	2 950	3 000	3 050	3 050	3 000	2 850	2 950	2 960	96,61	10	0,2619	SI				
Intervalo de los valores críticos D										N = 10	$\alpha = 5\%$	[0,2513 0,2849]			2 948	154,3	10	0,2675	SI

\bar{X} Presión media muestral
 σ Desviación estándar
n Número de vulcanizaciones en el día

D_0 Valor del estadístico de prueba
Norm. Aceptación de la normalidad de los datos de la muestra

INDUSTRIA CAUCHOS RECORD LTDA.



ESTUDIO DE PRESIÓN

OBSERVADO POR: GERMÁN ALFONSO OSMA PINTO

Unidad de Presión: PSI
Fecha: 16 de Mayo de 2006

Equipo: V5_P

Muestras										Datos estadísticos				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	\bar{X}	σ	n	D ₀	Norm.
01	Fecha: 02/06/06		Pieza: SOPORTE CAJA							Referencia: 7700546313				
1 750	1 740	1 730	1 800	1 850	1 900	1 700	1 750	1 730	1 700	1 765	65,53	10	0,2630	SI
02	Fecha:		Pieza: SOPORTE CAJA							Referencia: 7704000622				
1 830	1 850	1 920	1 800	1 950	1 840	1 740	1 920	1 810	1 760	1 842	69,89	10	0,2820	SI
03	Fecha:		Pieza: BUJE INFERIOR TIJERA							Referencia: B210-34470				
1 940	1 860	1 930	1 910	1 840	1 870	1 810	1 930	1 940	1 890	1 892	45,66	10	0,2794	SI
04	Fecha:		Pieza: BUJE TRASERO INFERIOR MUELLE							Referencia: UB40-28333				
1 750	1 840	1 690	1 730	1 910	1 760	1 790	1 710	1 720	1 680	1 758	71,62	10	0,2694	SI
05	Fecha:		Pieza: SOPORTE MOTOR C- 70 PINCHER							Referencia: 2056228				
1 710	1 850	1 910	1 840	1 860	1 830	1 950	1 890	1 880	1 870	1 859	63,15	10	0,2562	SI
06	Fecha:		Pieza: CAUCHO PURIFICADOR LUV							Referencia: 7334003				
1 680	1 710	1 730	1 810	1 760	1 790	1 780	1 710	1 760	1 830	1 756	48,12	10	0,2848	SI
07	Fecha:		Pieza: CAUCHO BARRA TENSORA LUV 4X4							Referencia: 9516316191				
1 700	1 680	1 810	1 640	1 830	1 760	1 720	1 700	1 710	1 770	1 732	59,40	10	0,2804	SI
08	Fecha:		Pieza: SOPORTE MOTOR							Referencia: 15624948				
1 680	1 720	1 640	1 660	1 690	1 760	1 750	1 640	1 820	1 710	1 707	57,55	10	0,2793	SI
09	Fecha:		Pieza: SOPORTE TRASERO CABINA							Referencia: 2074780				
1 850	1 810	1 760	1 920	1 880	1 930	1 840	1 860	1 810	1 790	1 845	54,82	10	0,2836	SI
10	Fecha:		Pieza: BUJE MUELLE DELANTERO							Referencia: RB-413				
1 760	1 680	1 810	1 830	1 760	1 890	1 840	1 780	1 760	1 840	1 795	59,30	10	0,2746	SI
Intervalo de los valores críticos D N = 10 α = 5%										[0,2513 0,2849]				
										1795,1	61,21	10	0,2825	SI

\bar{X} Presión media muestral
 σ Desviación estándar
 n Número de vulcanizaciones en el día

D₀ Valor del estadístico de prueba
 Norm. Aceptación de la normalidad de los datos de la muestra

INDUSTRIA CAUCHOS RECORD LTDA.



ESTUDIO DE PRESIÓN

OBSERVADO POR:	GERMÁN ALFONSO OSMA PINTO		
Unidad de Presión:	PSI		
Fecha:	16 de Mayo de 2006	Equipo:	V1_S (Arriba)

Muestras										Datos estadísticos				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	\bar{X}	σ	n	D_0	Norm.
01	Fecha: 02/06/06		Pieza: BUJE BARRA ESTABILIZADORA							Referencia: 7700515432				
2 850	2 900	2 950	2 950	2 900	3 000	3 150	3 100	2 900	3 050	2 975	97,89	10	0,2825	SI
02	Fecha:		Pieza: CAUCHO BARRA ESTABILIZADORA							Referencia: -				
2 850	2 900	2 900	2 800	2 950	3 050	2 950	2 850	2 700	2 900	2 885	94,43	10	0,2707	SI
03	Fecha:		Pieza: BUJE MUELLE MEDIANO							Referencia: 18025				
3 000	2 900	3 050	2 700	2 850	2 900	3 000	3 050	2 800	2 950	2 920	113,5	10	0,2785	SI
04	Fecha:		Pieza: SOPORTE DERECHO MOTOR							Referencia: 7702051830				
2 850	3 000	2 900	2 850	2 750	2 700	2 850	2 750	2 900	3 000	2 855	101,2	10	0,2785	SI
05	Fecha:		Pieza: CAUCHO EJE CARDÁN							Referencia: 230126-1				
2 850	2 750	2 650	2 600	2 550	2 750	2 600	2 700	2 450	2 650	2 655	114,1	10	0,2794	SI
06	Fecha:		Pieza: SOPORTE DERECHO MOTOR							Referencia: 7704000319				
3 050	2 950	3 100	2 950	2 850	3 050	3 150	3 000	2 950	3 050	3 010	87,56	10	0,2769	SI
07	Fecha:		Pieza: BUJE TENSOR							Referencia: 7700547187				
2 900	2 650	2 750	2 850	3 050	2 650	2 800	2 950	2 800	2 750	2 815	127,0	10	0,2800	SI
08	Fecha:		Pieza: CORBATÍN BARRA TENSORA							Referencia: 1093766				
2 650	2 850	2 900	2 700	2 950	2 850	2 800	2 700	2 650	2 850	2 790	107,5	10	0,2795	SI
09	Fecha:		Pieza: SOPORTE MOTOR							Referencia: 7700565509				
2 850	2 950	2 800	3 050	2 800	2 750	2 800	2 950	3 000	2 850	2 880	100,6	10	0,2778	SI
10	Fecha:		Pieza: SOPORTE EXHOSTO							Referencia: 7700523095				
2 950	3 050	2 950	2 800	2 750	2 950	3 050	3 000	2 800	2 950	2 925	106,1	10	0,2708	SI
Intervalo de los valores críticos D N = 10 α = 5%										[0,2513 0,2849]				
										2 871	101,3	10	0,2727	SI

\bar{X} Presión media muestral
 σ Desviación estándar
n Número de vulcanizaciones en el día

D_0 Valor del estadístico de prueba
Norm. Aceptación de la normalidad de los datos de la muestra

INDUSTRIA CAUCHOS RECORD LTDA.



ESTUDIO DE PRESIÓN

OBSERVADO POR:	GERMÁN ALFONSO OSMA PINTO		
Unidad de Presión:	PSI		
Fecha:	16 de Mayo de 2006	Equipo:	V1_S (Abajo)

Muestras										Datos estadísticos						
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	\bar{X}	σ	n	D_0	Norm.		
01	Fecha: 02/06/06		Pieza: SOPORTE DELANTERO MOTOR							Referencia: 1932266						
3 050	3 100	2 950	2 900	3 150	3 000	2 900	3 050	2 950	3 100	3 015	88,35	10	0,2834	SI		
02	Fecha:		Pieza: SOPORTE CAJA							Referencia: 7704000622						
2 950	3 000	3 050	3 100	2 900	3 050	2 850	2 950	2 800	2 950	2 960	93,69	10	0,2813	SI		
03	Fecha:		Pieza: SOPORTE MOTOR							Referencia: 7704000469						
3 050	3 000	2 900	2 850	2 800	2 950	3 000	3 050	2 950	2 900	2 945	83,17	10	0,2820	SI		
04	Fecha:		Pieza: SOPORTE EXHOSTO MONZA (TODOS)							Referencia: 90136549						
3 050	3 100	3 000	2 950	3 050	2 900	3 150	3 050	2 700	3 000	2 995	125,7	10	0,2578	SI		
05	Fecha:		Pieza: BUJE MUÑECO							Referencia: 7700660860						
3 050	3 100	2 950	3 150	3 200	3 250	3 150	2 950	3 050	2 800	3 065	135,5	10	0,2781	SI		
06	Fecha:		Pieza: BUJE INFERIOR TIJERA							Referencia: B210-34470						
2 950	3 050	2 800	2 950	2 900	3 050	3 000	3 200	2 950	2 900	2 975	108,7	10	0,2692	SI		
07	Fecha:		Pieza: SOPORTE DELANTERO CABINA							Referencia: 666191						
3 050	3 150	2 950	2 800	3 050	2 950	3 200	3 100	3 000	3 100	3 035	115,6	10	0,2759	SI		
08	Fecha:		Pieza: BUJE INFERIOR DELANTERO TIJERA							Referencia: B001-34470N						
2 850	2 950	3 100	2 950	3 050	3 150	2 950	2 850	3 000	3 200	3 005	118,9	10	0,2815	SI		
09	Fecha:		Pieza: CAUCHO BARRA TENSORA							Referencia: CSTZ-3B203-A						
3 050	3 100	2 900	3 050	2 850	3 200	3 150	3 050	2 950	3 100	3 040	110,1	10	0,2778	SI		
10	Fecha:		Pieza: SOPORTE DELANTERO MOTOR							Referencia: B092-39050						
2 850	2 950	2 800	3 050	3 000	2 850	2 950	2 900	2 800	2 850	2 900	84,93	10	0,2791	SI		
Intervalo de los valores críticos D N = 10 α = 5%										[0,2513 0,2849]		2 993,5	49,61	10	0,2820	SI

\bar{X} Presión media muestral
 σ Desviación estándar
 n Número de vulcanizaciones en el día

D_0 Valor del estadístico de prueba
 Norm. Aceptación de la normalidad de los datos de la muestra

INDUSTRIA CAUCHOS RECORD LTDA.



ESTUDIO DE PRESIÓN

OBSERVADO POR: GERMÁN ALFONSO OSMA PINTO

Unidad de Presión: PSI

Fecha: 16 de Mayo de 2006

Equipo:

V2_S

Muestras										Datos estadísticos						
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	\bar{X}	σ	n	D ₀	Norm.		
01	Fecha: 02/06/06		Pieza: SOPORTE MOTOR							Referencia: UB39-39040N						
1 850	2 100	2 050	2 000	1 950	1 950	2 050	1 850	1 800	1 950	1 955	98,46	10	0,2810	SI		
02	Fecha:		Pieza: BUJE MUELLE PEQUEÑO							Referencia: 15016						
1 950	1 900	1 850	2 000	1 850	1 900	1 850	1 950	1 900	1 900	1 905	49,72	10	0,2703	SI		
03	Fecha:		Pieza: CAUCHO BARRA TENSORA							Referencia: UB39-34136						
2 100	2 050	2 220	2 300	2 150	2 250	2 350	2 150	2 050	2 150	2 175	100,7	10	0,2800	SI		
04	Fecha:		Pieza: SOPORTE TRASERO MOTOR							Referencia: 168707						
2 150	2 200	2 000	2 100	2 200	2 050	2 150	2 100	2 100	2 150	2 120	63,25	10	0,2750	SI		
05	Fecha:		Pieza: BUJE TRASERO SUPERIOR MUELLE							Referencia: UB39-28333						
2 200	2 150	2 100	2 350	2 150	2 200	2 050	2 150	2 100	2 150	2 160	80,97	10	0,2539	SI		
06	Fecha:		Pieza: SOPORTE TRASERO MOTOR C- 60/ C- 70							Referencia: 3723646						
2 200	2 100	2 350	2 150	2 250	2 150	2 200	2 000	2 150	2 100	2 165	94,43	10	0,2707	SI		
07	Fecha:		Pieza: BUJE TRASERO INFERIOR MUELLE							Referencia: UB40-28333						
1 950	2 150	2 000	2 050	2 150	2 100	1 950	2 100	1 950	2 200	2 060	93,69	10	0,2813	SI		
08	Fecha:		Pieza: MANGUERA TURBO							Referencia: DOHZ-9B613-F						
1 950	1 850	1 800	1 900	2 050	1 950	1 850	1 900	2 000	1 850	1 910	77,46	10	0,2790	SI		
09	Fecha:		Pieza: SOPORTE EXHOSTO MONZA							Referencia: 90136549						
2 050	1 950	2 150	2 100	2 050	2 150	2 000	2 150	2 100	2 150	2 085	70,91	10	0,2713	SI		
10	Fecha:		Pieza: SOPORTE MOTOR C- 70 PINCHER							Referencia: 2056228						
2 100	2 050	2 000	2 150	2 150	2 000	2 050	1 950	2 150	2 100	2 070	71,49	10	0,2801	SI		
Intervalo de los valores críticos D N = 10 α = 5%										[0,2513 0,2849]		2 061	103,4	10	0,2772	SI

\bar{X} Presión media muestral

σ Desviación estándar

n Número de vulcanizaciones en el día

D₀ Valor del estadístico de prueba

Norm. Aceptación de la normalidad de los datos de la muestra

INDUSTRIA CAUCHOS RECORD LTDA.



ESTUDIO DE PRESIÓN

OBSERVADO POR: GERMÁN ALFONSO OSMA PINTO

Unidad de Presión: PSI

Fecha: 16 de Mayo de 2006

Equipo:

V3_S

NO HAY MEDIDOR

Muestras										Datos estadísticos				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	\bar{X}	σ	n	D ₀	Norm.
01	Fecha:	02/06/06	Pieza: SOPORTE TRASERO MOTOR							Referencia: 2422749				
02	Fecha:		Pieza: SOPORTE DELANTERO MOTOR							Referencia: 660551				
03	Fecha:		Pieza: TERMINAL							Referencia: 44697				
04	Fecha:		Pieza: BUJE PUNTAS TANDEM							Referencia: 29878				
05	Fecha:		Pieza: SOPORTE DELANTERO MOTOR							Referencia: 12005-0001				
06	Fecha:		Pieza: CORBATÍN BARRA TENSORA							Referencia: 1093766				
07	Fecha:		Pieza: SOPORTE TRASERO MOTOR							Referencia: 1932267				
08	Fecha:		Pieza: SOPORTE TRASERO INFERIOR							Referencia: 167707				
09	Fecha:		Pieza: SOPORTE TRASERO MOTOR							Referencia: 168707				
10	Fecha:		Pieza: SOPORTE MOTOR							Referencia: 3632998				
Intervalo de los valores críticos D										N = 10 α = 5% []				

\bar{X} Presión media muestral
 σ Desviación estándar
 n Número de vulcanizaciones en el día

D₀ Valor del estadístico de prueba
 Norm. Aceptación de la normalidad de los datos de la muestra

INDUSTRIA CAUCHOS RECORD LTDA.



ESTUDIO DE PRESIÓN

OBSERVADO POR:	GERMÁN ALFONSO OSMA PINTO		
Unidad de Presión:	PSI		
Fecha:	16 de Mayo de 2006	Equipo:	V4_S

Muestras										Datos estadísticos									
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	\bar{X}	σ	n	D ₀	Norm.					
01	Fecha: 02/06/06		Pieza: CAUCHO PURIFICADOR CHEVETTE							Referencia: 7334001									
2	250	2350	2200	2150	2250	2200	2200	2300	2250	2150	2230	63,25	10	0,2750	SI				
02	Fecha:		Pieza: SOPORTE MOTOR CHEVETTE							Referencia: 7334859									
2	150	2200	2250	2150	2300	2250	2200	2150	2300	2100	2205	68,52	10	0,2808	SI				
03	Fecha:		Pieza: SOPORTE CAJA							Referencia: 7700546313									
2	150	2150	2300	2200	2250	2100	2150	2200	2300	2150	2195	68,52	10	0,2731	SI				
04	Fecha:		Pieza: SOPORTE MOTOR							Referencia: 15624948									
2	250	2050	2150	2200	1950	2150	2250	2200	2100	2250	2145	98,46	10	0,2703	SI				
05	Fecha:		Pieza: CAUCHO PURIFICADOR LUV							Referencia: 7334003									
2	150	2100	2050	2150	2250	2300	2100	2150	2050	2250	2155	86,44	10	0,2774	SI				
06	Fecha:		Pieza: SOPORTE MOTOR Bison							Referencia: 702727									
2	150	2200	2300	2150	2200	2150	2350	2250	2200	2150	2210	69,92	10	0,2638	SI				
07	Fecha:		Pieza: SOPORTE MOTOR							Referencia: 15624948									
1	950	2250	2150	2100	2050	2100	2150	2250	2050	2000	2105	98,46	10	0,2810	SI				
08	Fecha:		Pieza: MANGUERA TURBO 5 1/2 X6"							Referencia: 713069									
2	050	2250	2100	2250	1950	2150	2100	2150	2050	2150	2150	91,89	10	0,2753	SI				
09	Fecha:		Pieza: BUJE MUELLE FORD							Referencia: RB-100									
2	150	2100	2000	1950	2050	1850	2050	2150	2200	2000	2050	105,4	10	0,2800	SI				
10	Fecha:		Pieza: SOPORTE CAJA							Referencia: 686924									
2	250	2150	2200	2100	2150	2200	2150	2250	2050	1950	2145	92,65	10	0,2702	SI				
Intervalo de los valores críticos D										N = 10	$\alpha = 5\%$	[0,2513 0,2849]			2159	54,10	10	0,2738	SI

\bar{X} Presión media muestral
 σ Desviación estándar
n Número de vulcanizaciones en el día

D₀ Valor del estadístico de prueba
Norm. Aceptación de la normalidad de los datos de la muestra

INDUSTRIA CAUCHOS RECORD LTDA.



ESTUDIO DE PRESIÓN

OBSERVADO POR: GERMÁN ALFONSO OSMA PINTO

Unidad de Presión: PSI

Fecha: 16 de Mayo de 2006

Equipo:

V5_S

NO HAY MEDIDOR

Muestras										Datos estadísticos				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	\bar{X}	σ	n	D ₀	Norm.
01	Fecha:	02/06/06	Pieza: SOPORTE TRASERO MOTOR							Referencia: 2422749				
02	Fecha:		Pieza: SOPORTE DELANTERO MOTOR							Referencia: 660551				
03	Fecha:		Pieza: TERMINAL							Referencia: 44697				
04	Fecha:		Pieza: BUJE PUNTAS TANDEM							Referencia: 29878				
05	Fecha:		Pieza: SOPORTE DELANTERO MOTOR							Referencia: 12005-0001				
06	Fecha:		Pieza: CORBATÍN BARRA TENSORA							Referencia: 1093766				
07	Fecha:		Pieza: SOPORTE TRASERO MOTOR							Referencia: 1932267				
08	Fecha:		Pieza: SOPORTE TRASERO INFERIOR							Referencia: 167707				
09	Fecha:		Pieza: SOPORTE TRASERO MOTOR							Referencia: 168707				
10	Fecha:		Pieza: SOPORTE MOTOR							Referencia: 3632998				
Intervalo de los valores críticos D										N = 10 α = 5% [0,2513 0,2849]				

\bar{X} Presión media muestral

σ Desviación estándar

n Número de vulcanizaciones en el día

D₀ Valor del estadístico de prueba

Norm. Aceptación de la normalidad de los datos de la muestra

ANEXO N. ESTUDIO DE TEMPERATURAS

INDUSTRIA CAUCHOS RECORD LTDA.



ESTUDIO DE TEMPERATURAS

OBSERVADO POR: GERMÁN ALFONSO OSMA PINTO

Unidad de Temperatura: (°C) Grados Celsius
Fecha: 14 de Mayo de 2006
Equipo: V2_P

Pieza: SOPORTE MEDIANO TANDEM
Referencia: 10 - QK - 368
Operación:

Nº	T inicio			Caldera		Planchas					Matriz			Caucho		Acero		T final		
	hh	mm	ss	A1	A2	B1	B2	B3	B4	B5	C1	C2	C3	D1	D2	E1	E2	hh	mm	ss
1	07	02	35	154	156	132	131	130	131	132	118	121	122	27	105	25	105	07	56	43
2	07	56	44	156	158	132	131	130	131	132	118	121	122	27	105	25	105	08	43	46
3	08	43	47	157	159	133	132	131	132	133	119	121	123	27	105	25	105	09	39	30
4	09	39	31	160	161	134	133	132	133	134	120	123	124	27	105	25	105	10	37	18
5	10	37	19	161	162	134	133	132	133	134	120	123	124	27	107	25	107	11	33	07
6	11	33	08	163	163	135	134	133	134	135	121	124	125	27	107	25	107	12	30	10
7	12	30	11	164	164	135	134	133	134	135	121	124	125	27	108	25	108	01	26	64
8	01	26	55	164	165	135	134	133	134	135	121	124	125	27	108	25	108	02	23	46
9	02	23	47	165	166	136	135	134	135	136	122	125	126	27	108	25	108	03	19	18
10	03	19	19	166	166	136	135	134	135	136	123	125	126	27	110	25	110	04	14	40

Intervalo de los valores críticos D N = α = 5% []

	\bar{X}	σ	D ₀	Norm.
B1	134,2	1,48	0,2786	SI
B2	133,2	1,48	0,2786	SI
B3	132,2	1,48	0,2786	SI
B4	133,2	1,48	0,2786	SI
B5	134,2	1,48	0,2786	SI
C1	120,3	1,64	0,2802	SI

	\bar{X}	σ	D ₀	Norm.
C2	123,1	1,60	0,2742	SI
C3	124,2	1,48	0,2786	SI
D1	27,0	-	-	SI
D2	106,8	1,75	0,2709	SI
E1	25,0	-	-	SI
E2	106,8	1,75	0,2709	SI

Nº	Vulcanizaciones/día	C1	Temperatura al inicio del vulcanizado
A1	Temperatura al inicio del vulcanizado	C2	Temperatura al 50% del tiempo de vulcanizado
A2	Temperatura al final del vulcanizado	C3	Temperatura al final del vulcanizado
B1	Temperatura al inicio del vulcanizado	D1	Temperatura al inicio del vulcanizado
B2	Temperatura al 25% del tiempo de vulcanizado	D2	Temperatura al final del vulcanizado
B3	Temperatura al 50% del tiempo de vulcanizado	E1	Temperatura al inicio del vulcanizado
B4	Temperatura al 75% del tiempo de vulcanizado	E2	Temperatura al final del vulcanizado
B5	Temperatura al final del vulcanizado		

NOTA: Se aclara que los tiempos T inicio y T final hacen relación a la operación total de vulcanización, y no pueden ser tomados como referencia para contrastarse con las temperaturas registradas, para ello debe estudiarse los tiempos de vulcanizado exclusivamente.

\bar{X} Temperatura media muestral
D₀ Valor del estadístico de prueba

σ Desviación estándar
Norm. Aceptación de la normalidad de los datos de la muestra

**METODOLOGÍA PARA EL USO RACIONAL Y EFICIENTE DE LA ENERGÍA DESDE EL ENFOQUE EXERGÉTICO
EN INDUSTRIA CAUCHOS RECORD LTDA.**

ANEXO N. Estudio de Temperaturas.

INDUSTRIA CAUCHOS RECORD LTDA.



ESTUDIO DE TEMPERATURAS

OBSERVADO POR: GERMÁN ALFONSO OSMA PINTO	
Unidad de Temperatura: (°C) Grados Celsius	Pieza: COMP. SOPORTE DELANTERO MOTOR
Fecha: de Mayo de 2006	Referencia: 12005 - 0002
Equipo: V1_P	Operación:

Nº	T inicio			Caldera		Planchas					Matriz			Caucho		Acero		T final		
	hh	mm	ss	A1	A2	B1	B2	B3	B4	B5	C1	C2	C3	D1	D2	E1	E2	hh	mm	ss
1	07	10	04	154	156	135	135	135	136	136	121	123	125	27	105	26	107	07	27	15
2	07	44	21	156	158	136	136	136	137	137	123	124	125	27	105	26	106	08	01	19
3	08	52	17	158	160	139	139	139	139	139	123	125	126	27	105	26	107	09	09	56
4	09	44	41	160	161	140	140	141	141	141	123	125	127	27	105	26	108	10	05	57
5	10	40	45	163	163	143	143	143	143	143	124	126	127	27	106	26	108	10	58	24
6	12	36	39	164	164	143	143	143	143	144	125	127	128	27	106	26	108	12	53	10
7	01	27	59	164	165	144	144	144	144	144	125	127	128	27	108	26	109	01	44	36
8	02	01	40	165	166	145	145	145	145	145	127	128	129	27	111	26	113	02	18	43
9	02	52	51	166	166	147	148	148	148	148	132	134	134	27	112	26	115	03	09	18
10	04	01	47	166	166	148	148	149	149	149	133	135	135	27	113	26	116	04	18	47

Intervalo de los valores críticos D N = α = 5% []

	\bar{X}	σ	D ₀	Norm.
B1	142,0	4,40	0,2829	SI
B2	142,1	4,53	0,2826	SI
B3	142,3	4,64	0,2826	SI
B4	142,5	4,33	0,2838	SI
B5	142,6	4,35	0,2834	SI
C1	125,6	3,98	0,2623	SI

	\bar{X}	σ	D ₀	Norm.
C2	127,4	4,03	0,2614	SI
C3	128,4	3,47	0,2612	SI
D1	27,0	-	-	SI
D2	107,6	3,20	0,2632	SI
E1	26,0	-	-	SI
E2	109,7	3,59	0,2597	SI

Nº	Vulcanizaciones/día	C1	Temperatura al inicio del vulcanizado
A1	Temperatura al inicio del vulcanizado	C2	Temperatura al 50% del tiempo de vulcanizado
A2	Temperatura al final del vulcanizado	C3	Temperatura al final del vulcanizado
B1	Temperatura al inicio del vulcanizado	D1	Temperatura al inicio del vulcanizado
B2	Temperatura al 25% del tiempo de vulcanizado	D2	Temperatura al final del vulcanizado
B3	Temperatura al 50% del tiempo de vulcanizado	E1	Temperatura al inicio del vulcanizado
B4	Temperatura al 75% del tiempo de vulcanizado	E2	Temperatura al final del vulcanizado
B5	Temperatura al final del vulcanizado		

NOTA: Se aclara que los tiempos T inicio y T final hacen relación a la operación total de vulcanización, y no pueden ser tomados como referencia para contrastarse con las temperaturas registradas, para ello debe estudiarse los tiempos de vulcanizado exclusivamente.

\bar{X} Temperatura media muestral
D₀ Valor del estadístico de prueba

σ Desviación estándar
Norm. Aceptación de la normalidad de los datos de la muestra

**METODOLOGÍA PARA EL USO RACIONAL Y EFICIENTE DE LA ENERGÍA DESDE EL ENFOQUE EXERGÉTICO
EN INDUSTRIA CAUCHOS RECORD LTDA.**

ANEXO N. Estudio de Temperaturas.

INDUSTRIA CAUCHOS RECORD LTDA.



ESTUDIO DE TEMPERATURAS

OBSERVADO POR: GERMÁN ALFONSO OSMA PINTO	
Unidad de Temperatura: (°C) Grados Celsius	Pieza: SOPORTE MOTOR – Bisón
Fecha: de Mayo de 2006	Referencia: 702727
Equipo: V4_P (Abajo)	Operación:

Nº	T inicio			Caldera		Planchas					Matriz			Caucho		Acero		T final		
	hh	mm	ss	A1	A2	B1	B2	B3	B4	B5	C1	C2	C3	D1	D2	E1	E2	hh	mm	ss
1	07	23	17	157	157	137	137	137	137	137	116	119	120	27	105	26	109	07	46	10
2	08	31	52	158	159	138	138	138	138	139	116	119	120	27	105	26	109	08	54	46
3	09	16	40	161	162	140	140	140	141	141	117	119	121	27	105	26	109	09	39	04
4	10	24	01	164	166	141	141	141	141	141	117	120	121	27	106	26	109	10	46	58
5	10	46	59	168	169	141	141	141	141	141	117	121	122	27	106	26	110	11	10	07
6	11	33	19	171	171	142	143	143	143	143	118	122	122	27	107	26	111	11	54	44
7	12	34	06	173	174	143	143	144	144	144	119	122	123	27	107	26	112	12	57	35
8	02	05	28	174	174	144	144	144	144	144	120	123	124	27	108	26	113	02	30	32
9	03	15	34	175	176	145	145	145	145	145	121	124	125	27	108	26	114	03	37	03
10	04	00	21	176	176	145	145	146	146	146	121	124	125	27	109	26	115	04	23	26

Intervalo de los valores críticos D N = α = 5% []

	\bar{X}	σ	D ₀	Norm.
B1	141,6	2,76	0,2829	SI
B2	141,7	2,79	0,2814	SI
B3	141,9	3,00	0,2830	SI
B4	142,0	2,94	0,2793	SI
B5	142,1	2,81	0,2798	SI
C1	118,2	1,93	0,2782	SI

	\bar{X}	σ	D ₀	Norm.
C2	121,3	2,00	0,2816	SI
C3	122,3	1,89	0,2819	SI
D1	27,0	0,00	-	SI
D2	106,6	1,43	0,2801	SI
E1	26,0	0,00	-	SI
E2	111,1	2,28	0,2747	SI

Nº	Vulcanizaciones/día	C1	Temperatura al inicio del vulcanizado
A1	Temperatura al inicio del vulcanizado	C2	Temperatura al 50% del tiempo de vulcanizado
A2	Temperatura al final del vulcanizado	C3	Temperatura al final del vulcanizado
B1	Temperatura al inicio del vulcanizado	D1	Temperatura al inicio del vulcanizado
B2	Temperatura al 25% del tiempo de vulcanizado	D2	Temperatura al final del vulcanizado
B3	Temperatura al 50% del tiempo de vulcanizado	E1	Temperatura al inicio del vulcanizado
B4	Temperatura al 75% del tiempo de vulcanizado	E2	Temperatura al final del vulcanizado
B5	Temperatura al final del vulcanizado		

NOTA: Se aclara que los tiempos T inicio y T final hacen relación a la operación total de vulcanización, y no pueden ser tomados como referencia para contrastarse con las temperaturas registradas, para ello debe estudiarse los tiempos de vulcanizado exclusivamente.

\bar{X} Temperatura media muestral
D₀ Valor del estadístico de prueba

σ Desviación estándar
Norm. Aceptación de la normalidad de los datos de la muestra

**METODOLOGÍA PARA EL USO RACIONAL Y EFICIENTE DE LA ENERGÍA DESDE EL ENFOQUE EXERGÉTICO
EN INDUSTRIA CAUCHOS RECORD LTDA.**

ANEXO N. Estudio de Temperaturas.

INDUSTRIA CAUCHOS RECORD LTDA.



ESTUDIO DE TEMPERATURAS

OBSERVADO POR: GERMÁN ALFONSO OSMA PINTO	
Unidad de Temperatura: (°C) Grados Celsius	Pieza: CAUCHO EJE CARDÁN
Fecha:	Referencia: 230749 - 1
Equipo: V3_P	Operación:

Nº	T inicio			Caldera		Planchas					Matriz			Caucho		Acero		T final		
	hh	mm	ss	A1	A2	B1	B2	B3	B4	B5	C1	C2	C3	D1	D2	E1	E2	hh	mm	ss
1	08	04	48	151	152	130	130	131	131	131	113	115	116	27	105	-	-	08	26	25
2	09	10	07	153	153	132	132	132	132	132	113	116	117	27	106	-	-	09	32	59
3	09	33	00	155	156	134	134	134	135	135	115	118	118	27	107	-	-	09	55	08
4	10	17	11	159	161	137	137	138	138	138	116	120	120	27	107	-	-	10	39	19
5	11	23	35	162	162	139	140	140	140	140	118	119	121	27	108	-	-	11	46	14
6	12	30	20	164	165	140	140	141	141	141	118	119	121	27	109	-	-	12	52	55
7	01	36	54	166	167	141	141	141	141	141	118	121	122	27	109	-	-	02	00	35
8	02	00	36	168	168	142	142	142	142	142	119	122	123	27	110	-	-	02	23	30
9	03	07	38	169	170	142	142	143	143	143	119	123	123	27	110	-	-	03	30	50
10	04	14	29	171	171	143	144	144	144	144	121	123	124	27	111	-	-	04	37	33

Intervalo de los valores críticos D N = α = 5% []

	\bar{X}	σ	D ₀	Norm.
B1	138,0	4,57	0,2768	SI
B2	138,2	4,73	0,2762	SI
B3	138,6	4,67	0,2753	SI
B4	138,7	4,57	0,2755	SI
B5	138,7	4,57	0,2755	SI
C1	117,0	2,67	0,2767	SI

	\bar{X}	σ	D ₀	Norm.
C2	119,6	2,76	0,2753	SI
C3	120,5	2,72	0,2811	SI
D1	27,0	0,00	-	SI
D2	108,2	1,93	0,2837	SI
E1	-	-	-	-
E2	-	-	-	-

Nº	Vulcanizaciones/día	C1	Temperatura al inicio del vulcanizado
A1	Temperatura al inicio del vulcanizado	C2	Temperatura al 50% del tiempo de vulcanizado
A2	Temperatura al final del vulcanizado	C3	Temperatura al final del vulcanizado
B1	Temperatura al inicio del vulcanizado	D1	Temperatura al inicio del vulcanizado
B2	Temperatura al 25% del tiempo de vulcanizado	D2	Temperatura al final del vulcanizado
B3	Temperatura al 50% del tiempo de vulcanizado	E1	Temperatura al inicio del vulcanizado
B4	Temperatura al 75% del tiempo de vulcanizado	E2	Temperatura al final del vulcanizado
B5	Temperatura al final del vulcanizado		

NOTA: Se aclara que los tiempos T inicio y T final hacen relación a la operación total de vulcanización, y no pueden ser tomados como referencia para contrastarse con las temperaturas registradas, para ello debe estudiarse los tiempos de vulcanizado exclusivamente.

\bar{X} Temperatura media muestral
D₀ Valor del estadístico de prueba

σ Desviación estándar
Norm. Aceptación de la normalidad de los datos de la muestra

**METODOLOGÍA PARA EL USO RACIONAL Y EFICIENTE DE LA ENERGÍA DESDE EL ENFOQUE EXERGÉTICO
EN INDUSTRIA CAUCHOS RECORD LTDA.**

ANEXO N. Estudio de Temperaturas.

INDUSTRIA CAUCHOS RECORD LTDA.



ESTUDIO DE TEMPERATURAS

OBSERVADO POR: GERMÁN ALFONSO OSMA PINTO	
Unidad de Temperatura: (°C) Grados Celsius	Pieza: SOPORTE TRAILER DITE
Fecha:	Referencia: 40325
Equipo: V3_P	Operación:

Nº	T inicio			Caldera		Planchas					Matriz			Caucho		Acero		T final		
	hh	mm	ss	A1	A2	B1	B2	B3	B4	B5	C1	C2	C3	D1	D2	E1	E2	hh	mm	ss
1	07	25	37	150	151	130	130	131	131	131	113	116	117	27	99	-	-	07	48	45
2	08	12	34	153	154	132	132	133	133	133	113	117	117	27	99	-	-	08	33	11
3	08	53	22	155	155	134	134	135	135	135	114	117	118	27	100	-	-	09	17	37
4	10	20	52	157	160	135	135	136	136	136	115	117	118	27	102	-	-	10	40	18
5	11	01	22	160	161	136	136	136	137	137	115	118	119	27	102	-	-	11	21	25
6	11	41	52	162	162	138	138	139	139	139	116	118	119	27	103	-	-	12	02	43
7	01	36	55	162	163	139	139	139	140	140	116	119	120	27	103	-	-	01	56	21
8	02	37	49	164	165	140	140	140	140	140	117	120	121	27	105	-	-	02	59	39
9	03	41	07	165	166	141	141	141	141	141	119	122	122	27	106	-	-	04	02	34
10	04	24	32	166	167	141	141	142	142	142	119	122	123	27	106	-	-	04	45	12

Intervalo de los valores críticos D N = 10 α = 5% []

	\bar{X}	σ	D ₀	Norm.
B1	136,6	3,84	0,2831	SI
B2	136,6	3,84	0,2831	SI
B3	137,2	3,58	0,2824	SI
B4	137,4	3,63	0,2819	SI
B5	137,4	3,63	0,2819	SI
C1	115,7	2,16	0,2802	SI

	\bar{X}	σ	D ₀	Norm.
C2	118,6	2,12	0,2736	SI
C3	119,4	2,07	0,2807	SI
D1	27,0	0,00	-	SI
D2	102,5	2,64	0,2820	SI
E1	-	-	-	-
E2	-	-	-	-

Nº	Vulcanizaciones/día	C1	Temperatura al inicio del vulcanizado
A1	Temperatura al inicio del vulcanizado	C2	Temperatura al 50% del tiempo de vulcanizado
A2	Temperatura al final del vulcanizado	C3	Temperatura al final del vulcanizado
B1	Temperatura al inicio del vulcanizado	D1	Temperatura al inicio del vulcanizado
B2	Temperatura al 25% del tiempo de vulcanizado	D2	Temperatura al final del vulcanizado
B3	Temperatura al 50% del tiempo de vulcanizado	E1	Temperatura al inicio del vulcanizado
B4	Temperatura al 75% del tiempo de vulcanizado	E2	Temperatura al final del vulcanizado
B5	Temperatura al final del vulcanizado		

NOTA: Se aclara que los tiempos T inicio y T final hacen relación a la operación total de vulcanización, y no pueden ser tomados como referencia para contrastarse con las temperaturas registradas, para ello debe estudiarse los tiempos de vulcanizado exclusivamente.

\bar{X} Temperatura media muestral
D₀ Valor del estadístico de prueba

σ Desviación estándar
Norm. Aceptación de la normalidad de los datos de la muestra

**METODOLOGÍA PARA EL USO RACIONAL Y EFICIENTE DE LA ENERGÍA DESDE EL ENFOQUE EXERGÉTICO
EN INDUSTRIA CAUCHOS RECORD LTDA.**

ANEXO N. Estudio de Temperaturas.

INDUSTRIA CAUCHOS RECORD LTDA.



ESTUDIO DE TEMPERATURAS

OBSERVADO POR: GERMÁN ALFONSO OSMA PINTO	
Unidad de Temperatura: (°C) Grados Celsius	Pieza: BUJE MUELLE DELANTERO - NPR
Fecha:	Referencia: RB - 413
Equipo: V5_P	Operación:

Nº	T inicio			Caldera		Planchas					Matriz			Caucho		Acero		T final		
	hh	mm	ss	A1	A2	B1	B2	B3	B4	B5	C1	C2	C3	D1	D2	E1	E2	hh	mm	ss
1	07	15	03	149	150	131	131	131	132	132	108	111	112	27	93	25	110	07	28	55
2	08	00	06	150	151	133	133	134	134	134	109	112	113	27	94	25	110	08	15	00
3	09	45	32	152	154	134	134	134	135	135	110	113	113	27	94	25	110	10	00	37
4	10	01	11	154	155	136	136	136	136	136	110	113	114	27	96	25	111	10	15	12
5	10	45	12	157	157	136	136	137	137	137	112	114	115	27	97	25	112	11	00	30
6	12	31	40	158	159	137	137	138	138	138	112	115	116	27	97	25	112	12	45	39
7	02	02	28	159	160	140	140	141	141	141	113	115	116	27	98	25	112	02	18	42
8	02	31	42	162	163	141	141	141	141	142	114	117	118	27	101	25	113	02	46	54
9	03	46	14	165	166	142	142	143	143	143	115	118	119	27	102	25	113	04	00	37
10	04	00	38	167	167	145	145	146	146	146	117	119	120	27	103	25	114	04	15	39

Intervalo de los valores críticos D N = α = 5% []

	\bar{X}	σ	D ₀	Norm.
B1	137,5	4,40	0,2837	SI
B2	137,5	4,40	0,2837	SI
B3	138,1	4,63	0,2835	SI
B4	138,3	4,37	0,2832	SI
B5	138,4	4,45	0,2841	SI
C1	112,0	2,83	0,2832	SI

	\bar{X}	σ	D ₀	Norm.
C2	114,7	2,63	0,2829	SI
C3	115,6	2,72	0,2833	SI
D1	27,0	0,00	-	SI
D2	97,5	3,50	0,2813	SI
E1	25,0	0,00	-	SI
E2	111,7	1,42	0,2787	SI

Nº	Vulcanizaciones/día	C1	Temperatura al inicio del vulcanizado
A1	Temperatura al inicio del vulcanizado	C2	Temperatura al 50% del tiempo de vulcanizado
A2	Temperatura al final del vulcanizado	C3	Temperatura al final del vulcanizado
B1	Temperatura al inicio del vulcanizado	D1	Temperatura al inicio del vulcanizado
B2	Temperatura al 25% del tiempo de vulcanizado	D2	Temperatura al final del vulcanizado
B3	Temperatura al 50% del tiempo de vulcanizado	E1	Temperatura al inicio del vulcanizado
B4	Temperatura al 75% del tiempo de vulcanizado	E2	Temperatura al final del vulcanizado
B5	Temperatura al final del vulcanizado		

NOTA: Se aclara que los tiempos T inicio y T final hacen relación a la operación total de vulcanización, y no pueden ser tomados como referencia para contrastarse con las temperaturas registradas, para ello debe estudiarse los tiempos de vulcanizado exclusivamente.

\bar{X} Temperatura media muestral
D₀ Valor del estadístico de prueba

σ Desviación estándar
Norm. Aceptación de la normalidad de los datos de la muestra

**METODOLOGÍA PARA EL USO RACIONAL Y EFICIENTE DE LA ENERGÍA DESDE EL ENFOQUE EXERGÉTICO
EN INDUSTRIA CAUCHOS RECORD LTDA.**

ANEXO N. Estudio de Temperaturas.

INDUSTRIA CAUCHOS RECORD LTDA.



ESTUDIO DE TEMPERATURAS

OBSERVADO POR: GERMÁN ALFONSO OSMA PINTO	
Unidad de Temperatura: (°C) Grados Celsius	Pieza: SOPORTE TRASERO MOTOR
Fecha:	Referencia: DOHZ - 6068 - B
Equipo: V4_P (Arriba)	Operación:

Nº	T inicio			Caldera		Planchas					Matriz			Caucho		Acero		T final		
	hh	mm	ss	A1	A2	B1	B2	B3	B4	B5	C1	C2	C3	D1	D2	E1	E2	hh	mm	ss
1	07	01	39	153	153	128	130	130	131	131	107	111	112	27	95	26	109	07	25	00
2	07	48	09	154	155	132	132	132	132	133	109	111	112	27	96	26	109	08	02	05
3	09	11	18	155	156	134	134	134	134	135	110	113	113	27	96	26	110	09	34	58
4	09	34	59	157	158	135	136	136	136	136	112	115	116	27	96	26	112	09	57	37
5	10	20	31	159	161	137	137	137	137	137	112	115	116	27	97	26	112	10	43	28
6	11	07	03	162	162	138	138	138	139	139	113	115	116	27	97	26	113	11	32	13
7	01	07	18	164	165	140	140	140	140	140	114	116	117	27	98	26	114	01	29	40
8	03	04	56	168	169	141	141	141	141	142	116	116	119	27	101	26	114	03	28	48
9	03	28	49	171	172	143	143	143	143	144	116	119	120	27	102	26	115	03	53	23
10	04	16	30	174	175	147	148	148	148	148	118	120	120	27	104	26	116	04	39	05

Intervalo de los valores críticos D N = 10 α = 5% []

	\bar{X}	σ	D ₀	Norm.
B1	137,5	5,56	0,2833	SI
B2	137,9	5,36	0,2820	SI
B3	137,9	5,36	0,2820	SI
B4	138,1	5,22	0,2819	SI
B5	138,5	5,19	0,2833	SI
C1	112,7	3,43	0,2840	SI

	\bar{X}	σ	D ₀	Norm.
C2	115,1	2,96	0,2759	SI
C3	116,1	3,03	0,2796	SI
D1	27,0	0,00	-	SI
D2	98,2	3,05	0,2663	SI
E1	26,0	0,00	-	SI
E2	112,4	2,46	0,2830	SI

Nº	Vulcanizaciones/día	C1	Temperatura al inicio del vulcanizado
A1	Temperatura al inicio del vulcanizado	C2	Temperatura al 50% del tiempo de vulcanizado
A2	Temperatura al final del vulcanizado	C3	Temperatura al final del vulcanizado
B1	Temperatura al inicio del vulcanizado	D1	Temperatura al inicio del vulcanizado
B2	Temperatura al 25% del tiempo de vulcanizado	D2	Temperatura al final del vulcanizado
B3	Temperatura al 50% del tiempo de vulcanizado	E1	Temperatura al inicio del vulcanizado
B4	Temperatura al 75% del tiempo de vulcanizado	E2	Temperatura al final del vulcanizado
B5	Temperatura al final del vulcanizado		

NOTA: Se aclara que los tiempos T inicio y T final hacen relación a la operación total de vulcanización, y no pueden ser tomados como referencia para contrastarse con las temperaturas registradas, para ello debe estudiarse los tiempos de vulcanizado exclusivamente.

\bar{X} Temperatura media muestral
D₀ Valor del estadístico de prueba

σ Desviación estándar
Norm. Aceptación de la normalidad de los datos de la muestra

**METODOLOGÍA PARA EL USO RACIONAL Y EFICIENTE DE LA ENERGÍA DESDE EL ENFOQUE EXERGÉTICO
EN INDUSTRIA CAUCHOS RECORD LTDA.**

ANEXO N. Estudio de Temperaturas.

INDUSTRIA CAUCHOS RECORD LTDA.



ESTUDIO DE TEMPERATURAS

OBSERVADO POR: GERMÁN ALFONSO OSMA PINTO	
Unidad de Temperatura: (°C) Grados Celsius	Pieza: SOPORTE IZQUIERDO MOTOR R4/R6
Fecha:	Referencia: 7700527555
Equipo: V2_P	Operación:

Nº	T inicio			Caldera		Planchas					Matriz			Caucho		Acero		T final		
	hh	mm	ss	A1	A2	B1	B2	B3	B4	B5	C1	C2	C3	D1	D2	E1	E2	hh	mm	ss
1	07	27	34	150	151	132	133	133	133	134	110	112	113	27	98	25	108	07	51	41
2	08	16	59	153	153	135	136	136	136	136	110	113	113	27	98	25	108	08	43	00
3	09	06	48	155	156	136	137	137	137	137	110	114	114	27	98	25	109	09	30	15
4	10	21	25	159	160	138	138	139	139	139	111	114	115	27	99	25	110	10	47	37
5	12	31	43	162	163	139	140	140	140	140	112	115	116	27	101	25	112	12	56	22
6	01	21	23	164	165	140	140	141	141	141	113	116	117	27	101	25	113	01	45	09
7	02	36	51	166	167	141	141	142	142	142	115	117	118	27	102	25	113	03	03	02
8	03	03	03	173	174	142	143	143	143	143	115	119	119	27	103	25	114	03	26	39
9	03	26	40	177	178	144	144	144	145	145	117	120	121	27	104	25	114	03	52	35
10	03	52	36	181	181	147	147	148	148	148	120	122	123	27	105	25	115	04	16	27

Intervalo de los valores críticos D N = α = 5% []

	\bar{X}	σ	D ₀	Norm.
B1	139,4	4,43	0,2833	SI
B2	139,9	4,12	0,2826	SI
B3	140,3	4,32	0,2817	SI
B4	140,4	4,43	0,2833	SI
B5	140,5	4,25	0,2840	SI
C1	113,3	3,40	0,2743	SI

	\bar{X}	σ	D ₀	Norm.
C2	116,2	3,26	0,2814	SI
C3	116,9	3,38	0,2821	SI
D1	27,0	0,00	-	SI
D2	100,9	2,60	0,2816	SI
E1	25,0	0,00	-	SI
E2	111,6	2,63	0,2802	SI

Nº	Vulcanizaciones/día	C1	Temperatura al inicio del vulcanizado
A1	Temperatura al inicio del vulcanizado	C2	Temperatura al 50% del tiempo de vulcanizado
A2	Temperatura al final del vulcanizado	C3	Temperatura al final del vulcanizado
B1	Temperatura al inicio del vulcanizado	D1	Temperatura al inicio del vulcanizado
B2	Temperatura al 25% del tiempo de vulcanizado	D2	Temperatura al final del vulcanizado
B3	Temperatura al 50% del tiempo de vulcanizado	E1	Temperatura al inicio del vulcanizado
B4	Temperatura al 75% del tiempo de vulcanizado	E2	Temperatura al final del vulcanizado
B5	Temperatura al final del vulcanizado		

NOTA: Se aclara que los tiempos T inicio y T final hacen relación a la operación total de vulcanización, y no pueden ser tomados como referencia para contrastarse con las temperaturas registradas, para ello debe estudiarse los tiempos de vulcanizado exclusivamente.

\bar{X} Temperatura media muestral
D₀ Valor del estadístico de prueba

σ Desviación estándar
Norm. Aceptación de la normalidad de los datos de la muestra

**METODOLOGÍA PARA EL USO RACIONAL Y EFICIENTE DE LA ENERGÍA DESDE EL ENFOQUE EXERGÉTICO
EN INDUSTRIA CAUCHOS RECORD LTDA.**

ANEXO N. Estudio de Temperaturas.

INDUSTRIA CAUCHOS RECORD LTDA.



ESTUDIO DE TEMPERATURAS

OBSERVADO POR: GERMÁN ALFONSO OSMA PINTO	
Unidad de Temperatura: (°C) Grados Celsius	Pieza: KODIAK
Fecha:	Referencia:
Equipo: V4_P (Abajo)	Operación:

Nº	T inicio			Caldera		Planchas					Matriz			Caucho		Acero		T final		
	hh	mm	ss	A1	A2	B1	B2	B3	B4	B5	C1	C2	C3	D1	D2	E1	E2	hh	mm	ss
1	08	08	38	148	149	134	135	135	135	135	108	111	112	27	96	25	103	08	29	58
2	08	52	28	151	152	135	135	135	135	135	108	112	112	27	96	25	103	09	13	15
3	09	13	16	153	153	135	136	136	136	136	109	112	113	27	97	25	105	09	35	40
4	10	19	48	155	156	136	136	136	136	136	110	112	113	27	98	25	106	10	40	13
5	11	25	17	158	159	137	137	137	137	137	110	113	114	27	99	25	106	11	45	54
6	12	31	35	160	161	137	137	137	138	138	111	114	115	27	99	25	106	12	51	57
7	01	35	29	162	163	138	138	138	138	138	112	115	115	27	99	25	106	01	57	42
8	01	57	43	165	166	138	138	138	139	139	112	115	115	27	100	25	107	02	18	25
9	03	02	06	168	169	140	140	140	140	140	112	115	116	27	100	25	107	03	21	51
10	04	27	26	171	172	141	141	142	142	142	113	116	117	27	101	25	108	04	49	50

Intervalo de los valores críticos D N = α = 5% []

	\bar{X}	σ	D ₀	Norm.
B1	137,1	2,23	0,2808	SI
B2	137,3	2,00	0,2763	SI
B3	137,4	2,22	0,2705	SI
B4	137,6	2,27	0,2785	SI
B5	137,6	2,27	0,2785	SI
C1	110,5	1,78	0,2814	SI

	\bar{X}	σ	D ₀	Norm.
C2	113,5	1,72	0,2795	SI
C3	114,2	1,69	0,2812	SI
D1	27,0	0,00	-	SI
D2	98,5	1,72	0,2795	SI
E1	25,0	0,00	-	SI
E2	105,7	1,64	0,2673	SI

Nº	Vulcanizaciones/día	C1	Temperatura al inicio del vulcanizado
A1	Temperatura al inicio del vulcanizado	C2	Temperatura al 50% del tiempo de vulcanizado
A2	Temperatura al final del vulcanizado	C3	Temperatura al final del vulcanizado
B1	Temperatura al inicio del vulcanizado	D1	Temperatura al inicio del vulcanizado
B2	Temperatura al 25% del tiempo de vulcanizado	D2	Temperatura al final del vulcanizado
B3	Temperatura al 50% del tiempo de vulcanizado	E1	Temperatura al inicio del vulcanizado
B4	Temperatura al 75% del tiempo de vulcanizado	E2	Temperatura al final del vulcanizado
B5	Temperatura al final del vulcanizado		

NOTA: Se aclara que los tiempos T inicio y T final hacen relación a la operación total de vulcanización, y no pueden ser tomados como referencia para contrastarse con las temperaturas registradas, para ello debe estudiarse los tiempos de vulcanizado exclusivamente.

\bar{X} Temperatura media muestral
D₀ Valor del estadístico de prueba

σ Desviación estándar
Norm. Aceptación de la normalidad de los datos de la muestra

**METODOLOGÍA PARA EL USO RACIONAL Y EFICIENTE DE LA ENERGÍA DESDE EL ENFOQUE EXERGÉTICO
EN INDUSTRIA CAUCHOS RECORD LTDA.**

ANEXO N. Estudio de Temperaturas.

INDUSTRIA CAUCHOS RECORD LTDA.



ESTUDIO DE TEMPERATURAS

OBSERVADO POR: GERMÁN ALFONSO OSMA PINTO	
Unidad de Temperatura: (°C) Grados Celsius	Pieza:
Fecha:	Referencia:
Equipo:	Operación:

Nº	T inicio			Caldera		Planchas					Matriz			Caucho		Acero		T final		
	hh	mm	ss	A1	A2	B1	B2	B3	B4	B5	C1	C2	C3	D1	D2	E1	E2	hh	mm	ss
1	07	59	07	147	148	129	129	130	130	130	107	109	111	27	97	27	104	08	18	45
2	09	20	34	150	151	130	130	130	130	130	108	111	112	27	97	27	104	09	41	31
3	09	41	32	152	152	130	131	131	131	131	109	111	112	27	97	27	105	10	02	31
4	10	22	04	153	154	131	131	131	131	131	109	111	112	27	98	27	105	10	41	37
5	11	22	53	155	156	131	132	132	132	132	110	113	113	27	98	27	105	11	42	09
6	12	03	41	157	157	132	132	132	132	132	110	113	114	27	98	27	105	12	25	21
7	01	10	48	158	159	133	133	133	133	133	111	114	115	27	98	27	106	01	31	22
8	02	32	17	160	161	133	133	133	133	133	112	114	115	27	99	27	106	02	52	39
9	03	19	46	161	161	134	134	134	134	134	112	114	115	27	101	27	107	03	40	51
10	04	20	27	162	163	135	135	136	136	136	113	115	116	27	101	27	107	04	40	14

Intervalo de los valores críticos D N = α = 5% []

	\bar{X}	σ	D ₀	Norm.
B1	131,8	1,93	0,2837	SI
B2	132,0	1,83	0,2829	SI
B3	132,2	1,87	0,2756	SI
B4	132,2	1,87	0,2756	SI
B5	132,2	1,87	0,2756	SI
C1	110,1	1,91	0,2839	SI

	\bar{X}	σ	D ₀	Norm.
C2	112,5	1,90	0,2746	SI
C3	113,5	1,72	0,2795	SI
D1	27,0	0,00	-	SI
D2	98,4	1,51	0,2591	SI
E1	27,0	0,00	-	SI
E2	105,4	1,07	0,2746	SI

Nº	Vulcanizaciones/día	C1	Temperatura al inicio del vulcanizado
A1	Temperatura al inicio del vulcanizado	C2	Temperatura al 50% del tiempo de vulcanizado
A2	Temperatura al final del vulcanizado	C3	Temperatura al final del vulcanizado
B1	Temperatura al inicio del vulcanizado	D1	Temperatura al inicio del vulcanizado
B2	Temperatura al 25% del tiempo de vulcanizado	D2	Temperatura al final del vulcanizado
B3	Temperatura al 50% del tiempo de vulcanizado	E1	Temperatura al inicio del vulcanizado
B4	Temperatura al 75% del tiempo de vulcanizado	E2	Temperatura al final del vulcanizado
B5	Temperatura al final del vulcanizado		

NOTA: Se aclara que los tiempos T inicio y T final hacen relación a la operación total de vulcanización, y no pueden ser tomados como referencia para contrastarse con las temperaturas registradas, para ello debe estudiarse los tiempos de vulcanizado exclusivamente.

\bar{X} Temperatura media muestral
D₀ Valor del estadístico de prueba

σ Desviación estándar
Norm. Aceptación de la normalidad de los datos de la muestra

INDUSTRIA CAUCHOS RECORD LTDA.



ESTUDIO DE TEMPERATURAS

OBSERVADO POR: GERMÁN ALFONSO OSMA PINTO

Unidad de Temperatura: (°C) Grados Celsius

Fecha:

Equipo:

**Generador de aceite
caliente 1_P**

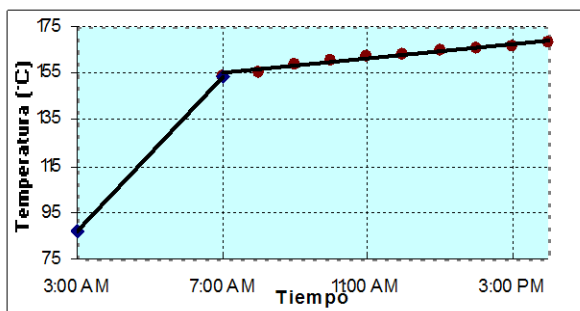
Temperatura del aceite saliente

Hora	Días – Muestras												Datos estadísticos				
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	\bar{X}	σ	n	D ₀	Norm.
03:00 am	75	82	76	83	72	78	74	71	74	82	81	80	87,33	4,21	12	0,2845	SI
07:00 am	154	155	154	156	151	154	153	150	152	156	155	155	153,8	1,91	12	0,2749	SI
08:00 am	156	157	156	158	153	156	155	152	154	157	157	156	155,6	1,78	12	0,2707	SI
09:00 am	158	162	159	164	153	159	155	153	154	163	161	160	158,4	3,87	12	0,2838	SI
10:00 am	160	163	161	165	156	161	159	155	157	163	162	161	160,3	3,02	12	0,2799	SI
11:00 am	162	164	162	166	158	162	161	157	160	164	163	162	161,8	2,53	12	0,2741	SI
12:00 pm	163	166	163	167	160	163	162	159	162	165	164	164	163,2	2,29	12	0,2756	SI
01:00 pm	164	167	164	168	161	165	163	161	162	167	166	165	164,4	2,35	12	0,2851	SI
02:00 pm	165	168	165	169	162	166	164	161	163	169	167	166	165,4	2,61	12	0,2849	SI
03:00 pm	166	169	166	172	163	166	165	162	164	170	169	167	166,6	2,97	12	0,2822	SI
04:00 pm	167	172	167	176	164	167	166	164	165	174	171	168	168,4	3,94	12	0,2751	SI
05:00 pm	164	167	164	170	162	164	164	160	163	168	166	164	164,7	2,71	12	0,2705	SI
06:00 pm	157	158	157	161	154	157	156	152	154	159	158	157	156,7	2,42	12	0,2722	SI
10:00 pm	132	137	133	142	129	134	130	128	130	139	135	134	133,6	4,21	12	0,2800	SI
12:00 am	102	104	102	107	99	103	102	99	101	106	103	103	102,6	2,39	12	0,2745	SI

Intervalo de los valores críticos D N = 12 $\alpha = 5\%$ [0,2544 0,2854]

NOTA: Dado que la temperatura registrada presenta una fuerte dependencia con respecto al tiempo (Ver gráfica), ésta se presentará como una función dependiente. Los datos tomados son los valores promedios según la hora.

Gráfica de Temperatura VS Tiempo



Horario

03:00am a 07:00 am	07:00am a 04:00am
--------------------	-------------------

Tendencia

Lineal	Lineal
--------	--------

Coefficiente de correlación – R²

1,0	0,9793
-----	--------

Ecuación de la línea de tendencia

$T(^{\circ}\text{C}) = 16,62 * t + 310,48$	$T(^{\circ}\text{C}) = 1,558 * t + 143,87$
--	--

\bar{X} Temperatura media muestral
 σ Desviación estándar
 n Número de muestras

D₀ Valor del estadístico de prueba
 Norm. Aceptación de la normalidad de los datos de la muestra

INDUSTRIA CAUCHOS RECORD LTDA.



ESTUDIO DE TEMPERATURAS

OBSERVADO POR: GERMÁN ALFONSO OSMA PINTO

Unidad de Temperatura: (°C) Grados Celsius

Fecha:

Equipo:

Planchas V1_P

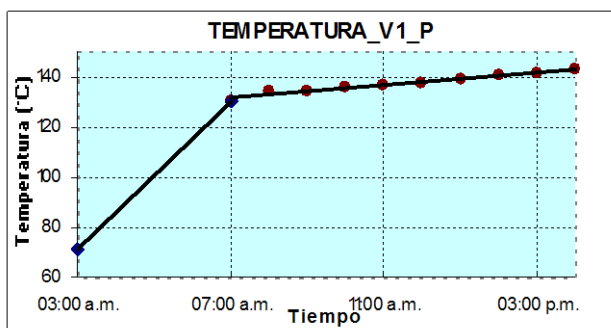
Pieza:

Hora	Días – Muestras												Datos estadísticos				
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	\bar{X}	σ	n	D ₀	Norm.
03:00 am	74	73	71	71	69	73	70	71	71	71	72	71	71	1,17	12	0,2656	SI
07:00 am	134	133	130	129	128	133	129	131	130	129	132	131	130	1,69	12	0,2825	SI
08:00 am	136	136	134	132	131	135	132	135	133	133	135	135	134	1,62	12	0,2791	SI
09:00 am	136	136	135	133	133	136	133	135	134	134	135	135	134	1,13	12	0,2772	SI
10:00 am	137	137	135	134	134	137	134	136	135	135	136	136	135	1,12	12	0,2795	SI
11:00 am	138	138	136	135	135	137	135	137	136	135	137	136	136	1,04	12	0,2772	SI
12:00 pm	139	139	137	136	136	139	136	138	137	136	138	137	137	1,17	12	0,2770	SI
01:00 pm	141	141	138	138	137	141	137	140	138	138	141	139	139	1,58	12	0,2751	SI
02:00 pm	143	143	140	139	138	143	138	141	139	139	142	141	140	1,85	12	0,2818	SI
03:00 pm	144	143	141	140	139	143	140	141	140	140	142	141	141	1,30	12	0,2754	SI
04:00 pm	145	145	143	142	141	144	141	143	142	142	144	143	143	1,27	12	0,2814	SI
05:00 pm	145	145	142	141	141	145	141	143	142	142	144	142	143	1,51	12	0,2738	SI
06:00 pm	143	142	139	138	136	141	137	141	138	138	141	140	139	1,94	12	0,2830	SI
10:00 pm	127	127	124	123	122	127	123	125	123	123	126	125	124	1,75	12	0,2791	SI
12:00 am	90	90	87	85	85	90	85	89	86	86	90	88	87	2,11	12	0,2781	SI

Intervalo de los valores críticos D N = 12 α = 5% [0,2544 0,2854]

NOTA: Dado que la temperatura registrada presenta una fuerte dependencia con respecto al tiempo (Ver gráfica), ésta se presentará como una función dependiente. Los datos tomados son los valores promedios según la hora.

Gráfica de Temperatura VS Tiempo



Horario

03:00am a 07:00 am	07:00am a 04:00am
--------------------	-------------------

Tendencia

Lineal	Lineal
--------	--------

Coefficiente de correlación – R²

1,0	0,9769
-----	--------

Ecuación de la línea de tendencia

$T(^{\circ}C) = 355,6 * t + 26,73$	$T(^{\circ}C) = 29,32 * t + 123$
------------------------------------	----------------------------------

\bar{X} Temperatura media muestral
 σ Desviación estándar
 n Número de muestras

D₀ Valor del estadístico de prueba
 Norm. Aceptación de la normalidad de los datos de la muestra

INDUSTRIA CAUCHOS RECORD LTDA.



ESTUDIO DE TEMPERATURAS

OBSERVADO POR: GERMÁN ALFONSO OSMA PINTO

Unidad de Temperatura: (°C) Grados Celsius

Fecha:

Equipo:

Planchas V2_P

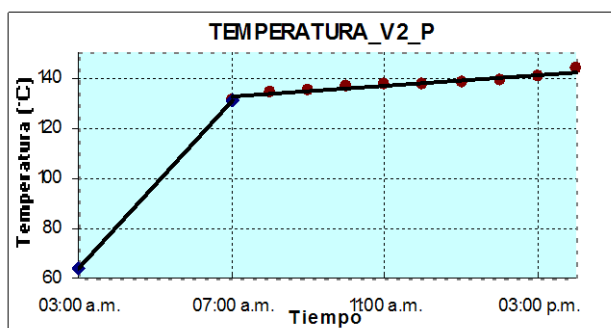
Pieza:

Hora	Días – Muestras												Datos estadísticos				
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	\bar{X}	σ	n	D ₀	Norm.
03:00 am	63	60	62	65	64	70	60	65	64	66	68	61	64,00	3,07	12	0,2807	SI
07:00 am	131	126	131	132	132	135	127	133	132	133	134	127	131,08	2,91	12	0,2633	SI
08:00 am	135	130	134	135	135	137	131	136	135	136	137	132	134,42	2,27	12	0,2694	SI
09:00 am	136	131	136	136	135	138	132	137	135	137	137	132	135,17	2,29	12	0,2629	SI
10:00 am	137	132	137	137	137	139	133	138	137	139	139	133	136,50	2,47	12	0,2616	SI
11:00 am	138	133	137	139	138	140	133	139	139	140	140	133	137,42	2,81	12	0,2567	SI
12:00 pm	138	133	138	139	138	141	133	139	139	140	140	133	137,58	2,91	12	0,2558	SI
01:00 pm	139	133	138	140	139	142	133	140	139	141	141	134	138,25	3,17	12	0,2646	SI
02:00 pm	139	134	139	140	140	143	134	141	140	141	142	135	139,00	3,05	12	0,2620	SI
03:00 pm	140	134	140	142	141	146	134	143	142	144	145	135	140,50	4,15	12	0,2677	SI
04:00 pm	144	135	144	146	144	149	135	147	145	148	148	136	143,42	5,16	12	0,2607	SI
05:00 pm	141	132	140	144	142	146	132	144	142	145	146	135	140,75	5,08	12	0,2633	SI
06:00 pm	136	128	131	137	136	139	128	137	136	138	139	128	134,42	4,38	12	0,2659	SI
12:00 pm	114	108	113	115	114	117	108	115	115	116	116	110	113,42	3,09	12	0,2619	SI
12:00 am	86	80	84	85	85	90	80	86	85	87	88	82	84,83	3,01	12	0,2771	SI

Intervalo de los valores críticos D N = 12 α = 5% [0,2544 0,2854]

NOTA: Dado que la temperatura registrada presenta una fuerte dependencia con respecto al tiempo (Ver gráfica), ésta se presentará como una función dependiente. Los datos tomados son los valores promedios según la hora.

Gráfica de Temperatura VS Tiempo



Horario

03:00am a 07:00 am	07:00am a 04:00am
--------------------	-------------------

Tendencia

Lineal	Lineal
--------	--------

Coefficiente de correlación – R²

1,0	0,9278
-----	--------

Ecuación de la línea de tendencia

$T(^{\circ}C) = 402,5 * t + 13,70$	$T(^{\circ}C) = 25,92 * t + 124,9$
------------------------------------	------------------------------------

\bar{X} Temperatura media muestral
 σ Desviación estándar
 n Número de muestras

D₀ Valor del estadístico de prueba
 Norm. Aceptación de la normalidad de los datos de la muestra

INDUSTRIA CAUCHOS RECORD LTDA.



ESTUDIO DE TEMPERATURAS

OBSERVADO POR: GERMÁN ALFONSO OSMA PINTO

Unidad de Temperatura: (°C) Grados Celsius

Fecha:

Equipo:

Planchas V3_P

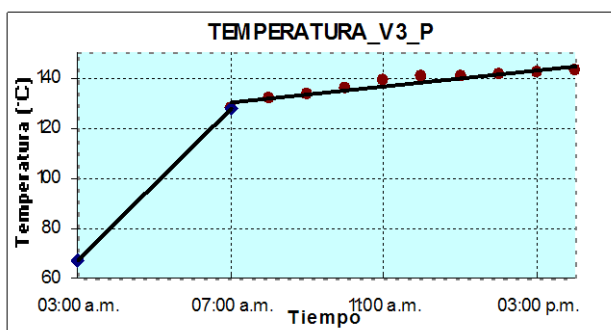
Pieza:

Hora	Días – Muestras												Datos estadísticos				
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	\bar{X}	σ	n	D ₀	Norm.
03:00 am	65	66	64	67	67	64	70	68	69	70	67	66	67	2,07	12	0,2722	SI
07:00 am	125	126	124	128	127	124	132	129	130	131	127	127	128	2,61	12	0,2806	SI
08:00 am	129	129	128	131	130	128	138	134	135	137	130	130	132	3,50	12	0,2682	SI
09:00 am	131	131	130	133	132	130	138	134	136	137	132	132	133	2,70	12	0,2716	SI
10:00 am	134	134	134	137	136	133	140	137	138	139	135	135	136	2,22	12	0,2717	SI
11:00 am	135	136	135	140	139	134	144	141	142	143	138	137	139	3,37	12	0,2736	SI
12:00 pm	138	139	137	141	140	136	144	142	143	144	140	139	140	2,63	12	0,2741	SI
01:00 pm	138	138	137	142	141	137	145	142	143	144	140	139	141	2,75	12	0,2693	SI
02:00 pm	139	139	138	141	141	138	146	142	144	145	140	140	141	2,68	12	0,2722	SI
03:00 pm	139	139	139	142	142	138	147	143	145	146	141	140	142	2,99	12	0,2682	SI
04:00 pm	140	141	140	143	143	138	148	144	146	147	142	141	143	3,05	12	0,2700	SI
05:00 pm	141	142	140	144	144	139	149	145	146	147	143	142	144	2,94	12	0,2715	SI
06:00 pm	133	134	133	137	136	131	140	137	138	139	136	135	136	2,67	12	0,2733	SI
10:00 pm	116	117	115	122	121	114	125	123	124	125	119	118	120	3,94	12	0,2714	SI
12:00 am	82	83	81	86	85	80	90	87	88	89	85	84	85	3,16	12	0,2775	SI

Intervalo de los valores críticos D N = 12 $\alpha = 5\%$ [0,2544 0,2854]

NOTA: Dado que la temperatura registrada presenta una fuerte dependencia con respecto al tiempo (Ver gráfica), ésta se presentará como una función dependiente. Los datos tomados son los valores promedios según la hora.

Gráfica de Temperatura VS Tiempo



Horario

03:00am a 07:00 am	07:00am a 04:00am
--------------------	-------------------

Tendencia

Lineal	Lineal
--------	--------

Coefficiente de correlación – R²

1,0	0,9038
-----	--------

Ecuación de la línea de tendencia

$T(^{\circ}\text{C}) = 363,5 * t + 21,48$	$T(^{\circ}\text{C}) = 38,39 * t + 118,9$
---	---

\bar{X} Temperatura media muestral
 σ Desviación estándar
n Número de muestras

D₀ Valor del estadístico de prueba
Norm. Aceptación de la normalidad de los datos de la muestra

INDUSTRIA CAUCHOS RECORD LTDA.



ESTUDIO DE TEMPERATURAS

OBSERVADO POR: GERMÁN ALFONSO OSMA PINTO

Unidad de Temperatura: (°C) Grados Celsius

Fecha:

Equipo:

Planchas V4_P (Arriba)

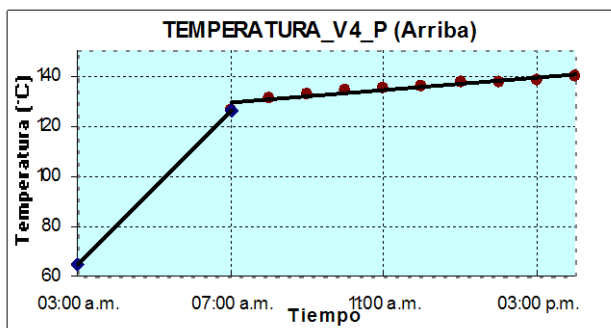
Pieza:

Hora	Días – Muestras												Datos estadísticos				
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	\bar{X}	σ	n	D ₀	Norm.
03:00 am	65	66	68	61	64	65	62	67	69	68	63	62	65	2,66	12	0,2751	SI
07:00 am	126	127	128	123	125	126	124	128	129	128	125	124	126	1,93	12	0,2689	SI
08:00 am	131	132	133	128	131	132	129	133	134	133	130	129	131	1,91	12	0,2749	SI
09:00 am	132	133	134	128	132	132	130	133	136	134	131	131	132	2,08	12	0,2718	SI
10:00 am	135	136	137	130	133	135	131	136	137	137	133	132	134	2,38	12	0,2576	SI
11:00 am	135	136	138	130	134	136	131	136	139	138	133	132	135	2,80	12	0,2707	SI
12:00 pm	136	137	139	131	135	137	132	138	140	139	134	133	136	2,86	12	0,2718	SI
01:00 pm	137	138	140	132	136	138	133	139	142	140	135	134	137	3,00	12	0,2721	SI
02:00 pm	137	139	140	133	135	138	133	139	142	140	135	134	137	3,03	12	0,2622	SI
03:00 pm	138	140	141	133	136	139	133	141	143	141	136	134	138	3,45	12	0,2639	SI
04:00 pm	139	141	144	134	139	140	135	142	145	144	138	136	140	3,52	12	0,2799	SI
05:00 pm	141	143	148	135	139	142	136	145	149	148	137	136	142	4,98	12	0,2723	SI
06:00 pm	136	138	142	128	134	137	129	140	143	142	132	130	136	5,22	12	0,2738	SI
10:00 pm	120	123	126	111	118	121	113	125	128	126	117	115	120	5,55	12	0,2727	SI
12:00 am	84	85	87	79	83	85	81	86	89	87	82	81	84	2,89	12	0,2709	SI

Intervalo de los valores críticos D N = 12 α = 5% [0,2544 0,2854]

NOTA: Dado que la temperatura registrada presenta una fuerte dependencia con respecto al tiempo (Ver gráfica), ésta se presentará como una función dependiente. Los datos tomados son los valores promedios según la hora.

Gráfica de Temperatura VS Tiempo



Horario

03:00am a 07:00 am	07:00am a 04:00am
--------------------	-------------------

Tendencia

Lineal	Lineal
--------	--------

Coefficiente de correlación – R²

1,0	0,8912
-----	--------

Ecuación de la línea de tendencia

$T(^{\circ}C) = 366,5 * t + 19,2$	$T(^{\circ}C) = 29,48 * t + 120,5$
-----------------------------------	------------------------------------

\bar{X} Temperatura media muestral
 σ Desviación estándar
 n Número de muestras

D₀ Valor del estadístico de prueba
 Norm. Aceptación de la normalidad de los datos de la muestra

INDUSTRIA CAUCHOS RECORD LTDA.



ESTUDIO DE TEMPERATURAS

OBSERVADO POR: GERMÁN ALFONSO OSMA PINTO

Unidad de Temperatura: (°C) Grados Celsius

Fecha:

Equipo:

Planchas V4_P (Abajo)

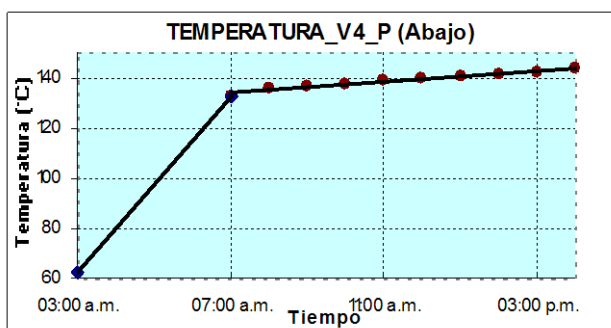
Pieza:

Hora	Días – Muestras												Datos estadísticos				
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	\bar{X}	σ	n	D ₀	Norm.
03:00 am	64	64	62	60	60	64	60	64	61	61	64	63	62	1,76	12	0,2734	SI
07:00 am	136	136	132	132	131	135	131	133	132	132	134	132	133	1,62	12	0,2686	SI
08:00 am	138	138	136	134	134	138	134	137	136	135	137	136	136	1,51	12	0,2805	SI
09:00 am	139	139	136	136	135	138	135	137	136	136	138	137	137	1,29	12	0,2791	SI
10:00 am	141	140	137	136	136	139	136	138	137	137	139	138	138	1,37	12	0,2782	SI
11:00 am	141	141	138	137	137	140	137	140	137	137	140	139	138	1,57	12	0,2737	SI
12:00 pm	143	142	139	138	137	142	137	141	138	138	141	140	139	1,91	12	0,2828	SI
01:00 pm	144	143	140	140	138	142	138	141	140	140	142	141	140	1,57	12	0,2777	SI
02:00 pm	144	144	141	140	138	143	139	142	141	140	142	142	141	1,76	12	0,2824	SI
03:00 pm	145	145	142	141	140	144	141	143	142	141	144	143	142	1,57	12	0,2834	SI
04:00 pm	145	145	143	142	141	145	142	145	143	143	145	144	143	1,44	12	0,2739	SI
05:00 pm	146	146	143	142	142	145	142	145	143	143	145	145	144	1,49	12	0,2759	SI
06:00 pm	139	139	138	137	136	139	136	139	138	137	139	139	138	1,22	12	0,2646	SI
10:00 pm	117	117	116	115	115	117	115	116	116	116	116	116	116	0,70	12	0,2652	SI
12:00 am	86	86	85	84	84	86	84	85	85	85	85	85	85	0,70	12	0,2652	SI

Intervalo de los valores críticos D N = 12 α = 5% [0,2544 0,2854]

NOTA: Dado que la temperatura registrada presenta una fuerte dependencia con respecto al tiempo (Ver gráfica), ésta se presentará como una función dependiente. Los datos tomados son los valores promedios según la hora.

Gráfica de Temperatura VS Tiempo



Horario

03:00am a 07:00 am	07:00am a 04:00am
--------------------	-------------------

Tendencia

Lineal	Lineal
--------	--------

Coefficiente de correlación – R²

1,0	0,9691
-----	--------

Ecuación de la línea de tendencia

$T(^{\circ}C) = 423,8 * t + 9,11$	$T(^{\circ}C) = 25,26 * t + 126,7$
-----------------------------------	------------------------------------

\bar{X} Temperatura media muestral
 σ Desviación estándar
 n Número de muestras

D₀ Valor del estadístico de prueba
 Norm. Aceptación de la normalidad de los datos de la muestra

INDUSTRIA CAUCHOS RECORD LTDA.



ESTUDIO DE TEMPERATURAS

OBSERVADO POR: GERMÁN ALFONSO OSMA PINTO

Unidad de Temperatura: (°C) Grados Celsius

Fecha:

Equipo:

Planchas V5_P

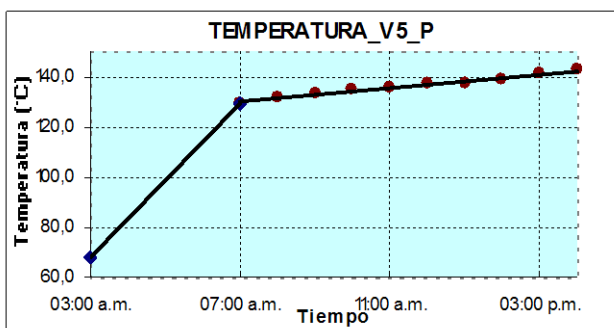
Pieza:

Hora	Días – Muestras												Datos estadísticos				
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	\bar{X}	σ	n	D ₀	Norm.
03:00 am	72	72	68	67	66	71	66	69	67	67	70	68	68	2,00	12	0,2794	SI
07:00 am	133	132	129	128	127	131	128	130	129	128	131	130	129	1,57	12	0,2821	SI
08:00 am	135	134	132	130	130	134	130	133	131	131	133	132	132	1,54	12	0,2830	SI
09:00 am	136	136	133	132	131	135	131	134	132	132	134	134	133	1,64	12	0,2819	SI
10:00 am	138	137	134	134	132	137	133	135	134	134	136	135	135	1,57	12	0,2789	SI
11:00 am	138	138	136	135	134	137	135	137	136	135	137	136	136	1,18	12	0,2804	SI
12:00 pm	139	138	137	136	135	138	135	137	136	136	137	137	137	1,04	12	0,2775	SI
01:00 pm	141	140	137	136	136	138	136	138	137	137	138	137	137	1,19	12	0,2620	SI
02:00 pm	143	142	138	137	137	140	137	139	138	137	140	139	139	1,63	12	0,2710	SI
03:00 pm	144	143	141	140	138	142	139	142	140	140	142	141	141	1,49	12	0,2807	SI
04:00 pm	146	146	143	141	140	146	141	145	143	142	145	144	143	2,10	12	0,2830	SI
05:00 pm	146	146	143	141	141	146	141	145	142	142	146	144	143	2,11	12	0,2781	SI
06:00 pm	143	143	139	138	137	142	137	140	138	138	140	140	139	1,95	12	0,2781	SI
10:00 pm	125	124	121	120	120	123	120	122	121	120	123	122	121	1,44	12	0,2775	SI
12:00 am	88	88	85	84	83	87	84	86	85	85	86	86	85	1,43	12	0,2805	SI

Intervalo de los valores críticos D N = 12 α = 5% [0,2544 0,2854]

NOTA: Dado que la temperatura registrada presenta una fuerte dependencia con respecto al tiempo (Ver gráfica), ésta se presentará como una función dependiente. Los datos tomados son los valores promedios según la hora.

Gráfica de Temperatura VS Tiempo



Horario

03:00am a 07:00 am	07:00am a 04:00am
--------------------	-------------------

Tendencia

Lineal	Lineal
--------	--------

Coefficiente de correlación – R²

1,0	0,9698
-----	--------

Ecuación de la línea de tendencia

$T(^{\circ}C) = 366 * t + 22,25$	$T(^{\circ}C) = 32,87 * t + 120,45$
----------------------------------	-------------------------------------

\bar{X} Temperatura media muestral
 σ Desviación estándar
 n Número de muestras

D₀ Valor del estadístico de prueba
 Norm. Aceptación de la normalidad de los datos de la muestra

INDUSTRIA CAUCHOS RECORD LTDA.



ESTUDIO DE TEMPERATURAS

OBSERVADO POR: GERMÁN ALFONSO OSMA PINTO

Unidad de Temperatura: (°C) Grados Celsius

Fecha:

Equipo:

Planchas V6_P

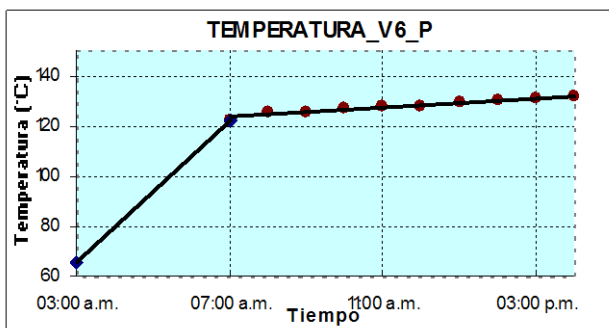
Pieza:

Hora	Días – Muestras												Datos estadísticos				
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	\bar{X}	σ	n	D ₀	Norm.
03:00 am	65	66	64	65	67	65	66	67	64	67	66	64	65	1,12	12	0,2795	SI
07:00 am	122	123	121	122	124	123	123	124	121	124	123	121	122	1,13	12	0,2772	SI
08:00 am	125	126	123	124	127	125	126	126	124	127	126	123	125	1,34	12	0,2791	SI
09:00 am	125	127	124	125	128	125	127	127	124	128	126	124	126	1,43	12	0,2802	SI
10:00 am	126	128	125	126	128	127	128	128	126	128	128	125	127	1,25	12	0,2661	SI
11:00 am	127	129	126	127	129	128	128	129	127	129	128	126	128	1,12	12	0,2772	SI
12:00 pm	127	129	127	127	130	128	129	130	127	130	128	127	128	1,22	12	0,2731	SI
01:00 pm	129	130	128	128	131	129	130	131	128	131	129	128	129	1,17	12	0,2770	SI
02:00 pm	130	131	129	129	131	130	131	131	129	131	130	129	130	0,89	12	0,2699	SI
03:00 pm	130	131	130	130	132	131	131	132	130	132	131	130	131	0,79	12	0,2693	SI
04:00 pm	131	132	131	131	133	131	132	132	131	133	132	131	132	0,69	12	0,2609	SI
05:00 pm	131	132	130	131	132	131	132	132	131	133	131	130	131	0,75	12	0,2697	SI
06:00 pm	126	128	124	126	129	127	128	128	126	129	127	125	127	1,49	12	0,2805	SI
10:00 pm	111	114	108	110	114	111	113	114	110	114	112	109	111	2,11	12	0,2805	SI
12:00 am	72	74	70	71	75	73	73	75	71	75	73	70	72	1,81	12	0,2824	SI

Intervalo de los valores críticos D N = 12 $\alpha = 5\%$ [0,2544 0,2854]

NOTA: Dado que la temperatura registrada presenta una fuerte dependencia con respecto al tiempo (Ver gráfica), ésta se presentará como una función dependiente. Los datos tomados son los valores promedios según la hora.

Gráfica de Temperatura VS Tiempo



Horario

03:00am a 07:00 am 07:00am a 04:00am

Tendencia

Lineal Logarítmica

Coefficiente de correlación – R²

1,0 0,9504

Ecuación de la línea de tendencia

$T(^{\circ}C) = 342 * t + 22,25$ $T(^{\circ}C) = 22,98 * t + 116,2$

\bar{X} Temperatura media muestral

σ Desviación estándar

n Número de muestras

D₀ Valor del estadístico de prueba

Norm. Aceptación de la normalidad de los datos de la muestra

INDUSTRIA CAUCHOS RECORD LTDA.



ESTUDIO DE TEMPERATURAS

OBSERVADO POR: GERMÁN ALFONSO OSMA PINTO

Unidad de Temperatura: (°C) Grados Celsius

Fecha:

Equipo:

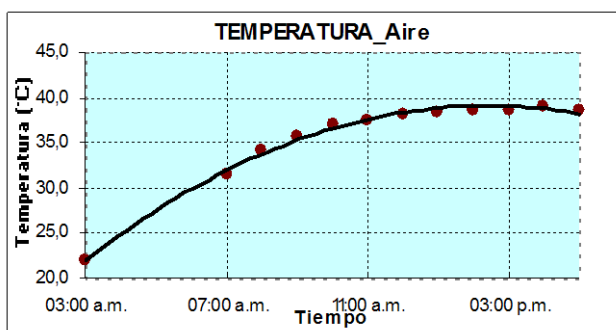
AIRE

Hora	Días – Muestras												Datos estadísticos				
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	\bar{X}	σ	n	D ₀	Norm.
03:00 am	20,4	23,3	24,7	18,2	22,1	24,3	21,2	23,9	22,1	21,8	22,4	18,3	21,9	2,02	12	0,2781	SI
07:00 am	30,9	31,9	33,3	29,7	31,4	32,9	31,0	32,5	31,6	31,1	31,7	30,6	31,6	0,89	12	0,2802	SI
08:00 am	33,3	35,0	35,2	32,8	34,3	35,1	33,7	35,0	34,5	33,8	34,9	33,2	34,2	0,83	12	0,2808	SI
09:00 am	34,2	37,0	37,2	34,1	35,3	37,1	34,7	37,1	35,9	35,2	36,7	34,2	35,7	1,22	12	0,2803	SI
10:00 am	36,4	38,6	38,8	35,9	37,1	38,7	36,6	38,7	37,8	36,9	38,2	36,1	37,0	1,07	12	0,2824	SI
11:00 am	36,3	38,7	39,0	36,0	37,2	38,9	36,6	38,7	37,9	37,0	38,4	36,1	37,6	1,12	12	0,2826	SI
12:00 pm	36,9	39,5	39,7	36,0	37,9	39,7	37,1	39,6	38,5	37,2	39,2	36,8	38,2	1,32	12	0,2804	SI
01:00 pm	37,2	39,7	40,0	36,8	38,2	39,8	37,3	39,7	38,6	37,5	39,0	37,1	38,4	1,15	12	0,2819	SI
02:00 pm	37,3	40,0	40,5	36,7	38,4	40,3	37,3	40,2	38,9	38,0	39,1	36,8	38,6	1,35	12	0,2845	SI
03:00 pm	37,9	39,6	40,4	37,1	38,6	39,8	38,0	39,6	38,8	38,2	39,1	37,2	38,7	0,94	12	0,2854	SI
04:00 pm	37,6	39,9	40,6	37,2	39,1	40,2	38,6	39,8	39,3	38,7	39,6	37,3	39,0	1,07	12	0,2814	SI
05:00 pm	37,4	39,7	40,1	36,8	38,6	40,0	38,4	38,7	39,1	38,5	39,3	37,0	38,6	1,05	12	0,2683	SI
06:00 pm	33,1	34,8	36,8	32,2	33,9	35,9	33,3	35,1	34,0	33,6	34,2	32,2	34,1	1,15	12	0,2804	SI
10:00 pm	31,1	31,6	31,9	30,8	31,3	31,8	31,2	31,7	31,3	31,2	31,6	30,9	31,4	0,33	12	0,2840	SI
12:00 am	27,5	28,3	30,3	26,9	28,0	29,4	27,6	29,1	28,1	27,7	28,3	27,1	28,2	0,77	12	0,2743	SI

Intervalo de los valores críticos D N = 12 α = 5% [0,2544 0,2854]

NOTA: Dado que la temperatura registrada presenta una fuerte dependencia con respecto al tiempo (Ver gráfica), ésta se presentará como una función dependiente. Los datos tomados son los valores promedios según la hora.

Gráfica de Temperatura VS Tiempo



Horario

3:00a.m. a 5:00p.m.

Tendencia

Polinomial

Coefficiente de correlación – R²

0,9941

Ecuación de la línea de tendencia

$$T(^{\circ}\text{C}) = -0,1361 * t^2 + 3,786 * t + 11,875$$

\bar{X} Temperatura media muestral

σ Desviación estándar

n Número de muestras

D₀ Valor del estadístico de prueba

Norm. Aceptación de la normalidad de los datos de la muestra

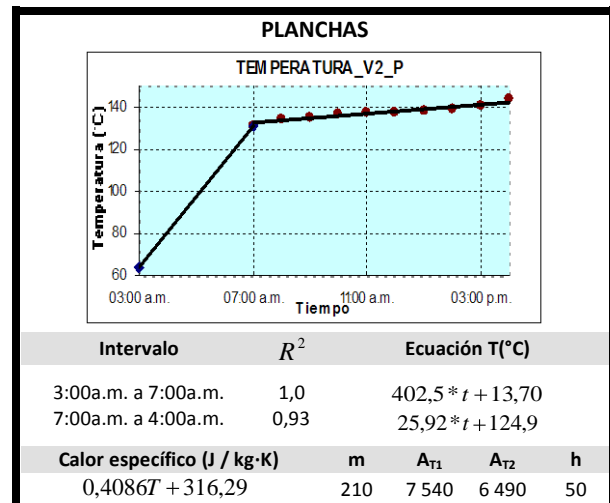
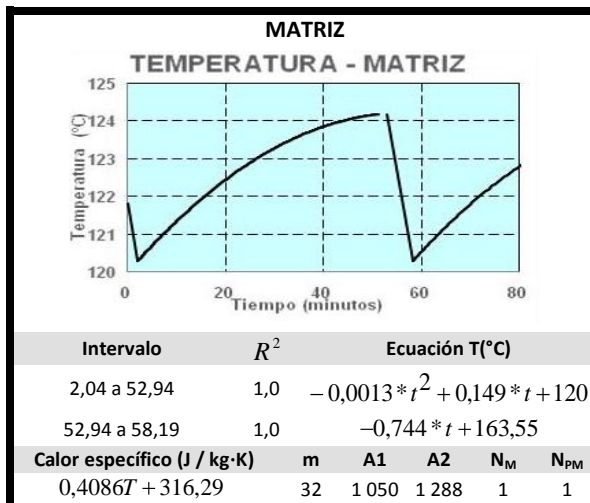
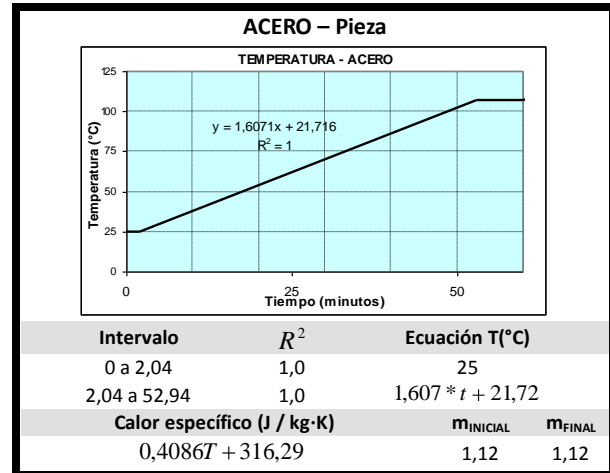
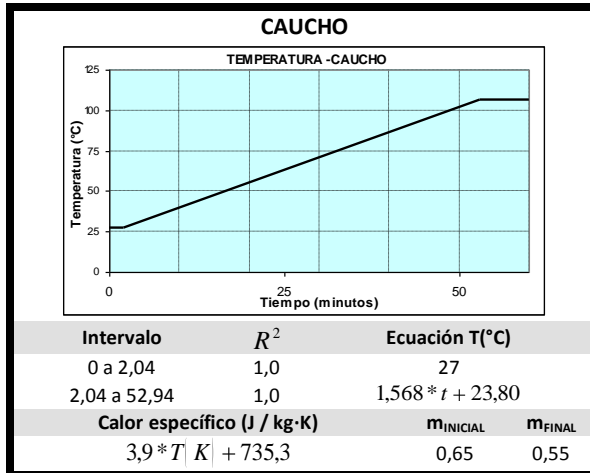
ANEXO O. ANÁLISIS DE TEMPERATURA

INDUSTRIA CAUCHOS RECORD LTDA.



TEMPERATURA

OBSERVADO POR:	GERMÁN ALFONSO OSMA PINTO		
Unidad de Temperatura:	(°C) Grados Celsius		
Unidad de Masa:	(kg) Kilogramos		
Unidad de Longitud:	(cm) Centímetros		
Unidad de Área:	(cm ²) Centímetros cuadrados		
Fecha:	Pieza:	SOPORTE MEDIANO MACK TANDEM	
	Tiempo:	56' 07"	



Temperatura del aire en la zona de vulcanizado:

R² Coeficiente de correlación
 m Masa
 A1 Área de la matriz en contacto con la plancha
 A2 Área de la matriz en contacto con el aire
 N_M Número de matrices

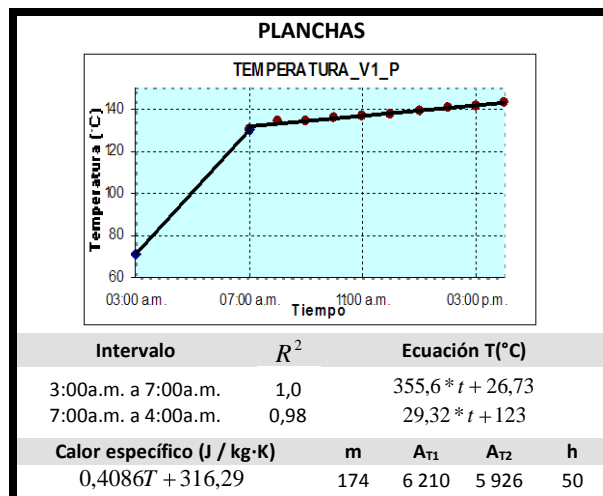
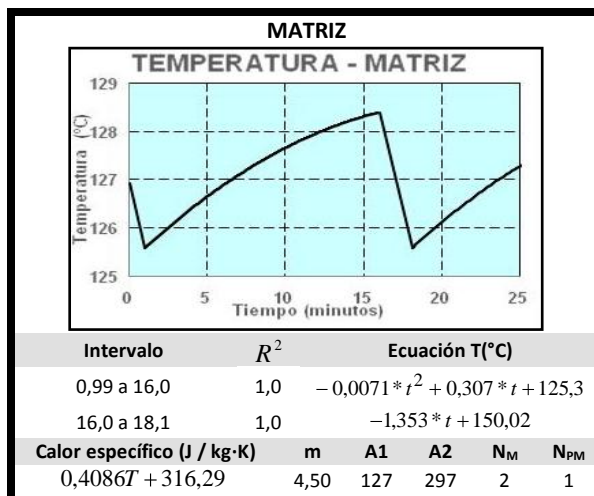
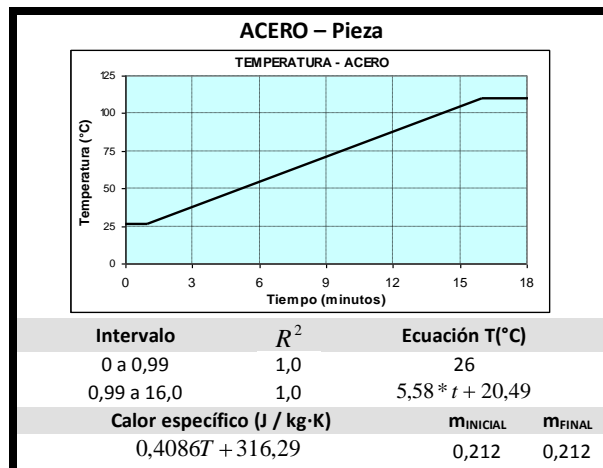
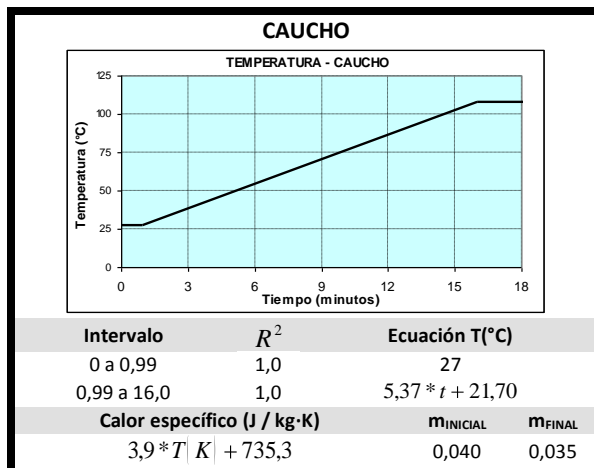
N_{PM} Número de piezas por matriz
 A_{T1} Área de las planchas al aire cuando no se vulcaniza
 A_{T2} Área de las planchas al aire cuando se vulcaniza
 h Coeficiente de transferencia de calor por convección
 W/m² * K

INDUSTRIA CAUCHOS RECORD LTDA.



TEMPERATURA

OBSERVADO POR:	GERMÁN ALFONSO OSMA PINTO		
Unidad de Temperatura:	(°C) Grados Celsius		
Unidad de Masa:	(kg) Kilogramos		
Unidad de Longitud:	(cm) Centímetros		
Unidad de Área:	(cm ²) Centímetros cuadrados		
Fecha:	Pieza:	COMPONENTE SOPORTE DELANTERO MOTOR	
	Tiempo:	17' 04"	



Temperatura del aire en la zona de vulcanizado:

R² Coeficiente de correlación
 m Masa
 A1 Área de la matriz en contacto con la plancha
 A2 Área de la matriz en contacto con el aire
 N_M Número de matrices

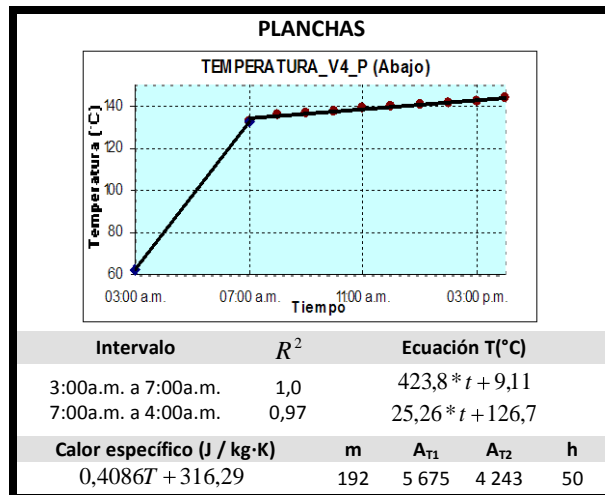
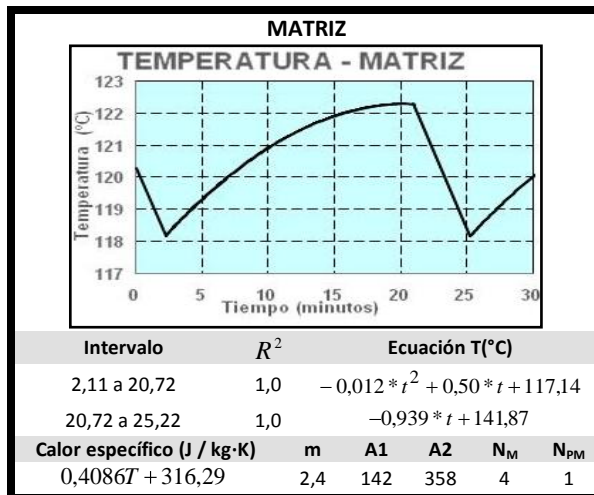
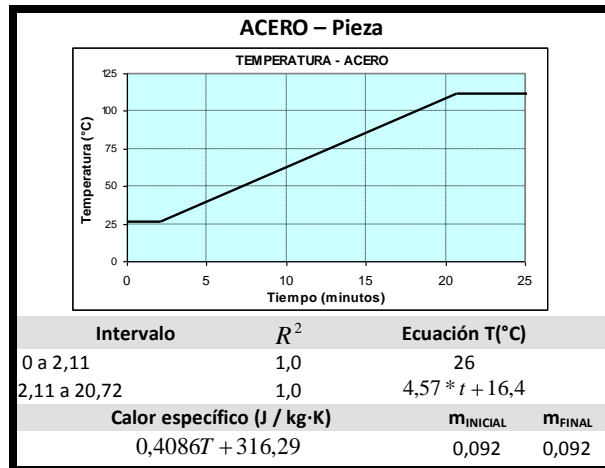
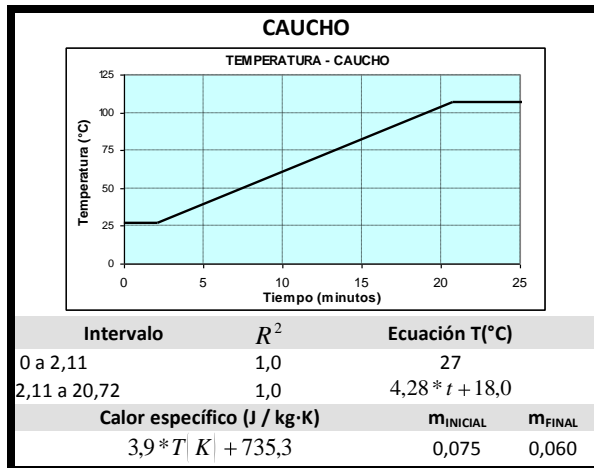
N_{PM} Número de piezas por matriz
 A_{T1} Área de las planchas al aire cuando no se vulcaniza
 A_{T2} Área de las planchas al aire cuando se vulcaniza
 h Coeficiente de transferencia de calor por convección
 |W/m² * K|

INDUSTRIA CAUCHOS RECORD LTDA.



TEMPERATURA

OBSERVADO POR:	GERMÁN ALFONSO OSMA PINTO		
Unidad de Temperatura:	(°C) Grados Celsius		
Unidad de Masa:	(kg) Kilogramos		
Unidad de Longitud:	(cm) Centímetros		
Unidad de Área:	(cm ²) Centímetros cuadrados		
Fecha:			
	Pieza:	SOPORTE MOTOR Bisón	
	Tiempo:	22' 51"	



Temperatura del aire en la zona de vulcanizado:

R² Coeficiente de correlación
 m Masa
 A1 Área de la matriz en contacto con la plancha
 A2 Área de la matriz en contacto con el aire
 N_M Número de matrices

N_{PM} Número de piezas por matriz
 A_{T1} Área de las planchas al aire cuando no se vulcaniza
 A_{T2} Área de las planchas al aire cuando se vulcaniza
 h Coeficiente de transferencia de calor por convección
 $|W/m^2 * K|$

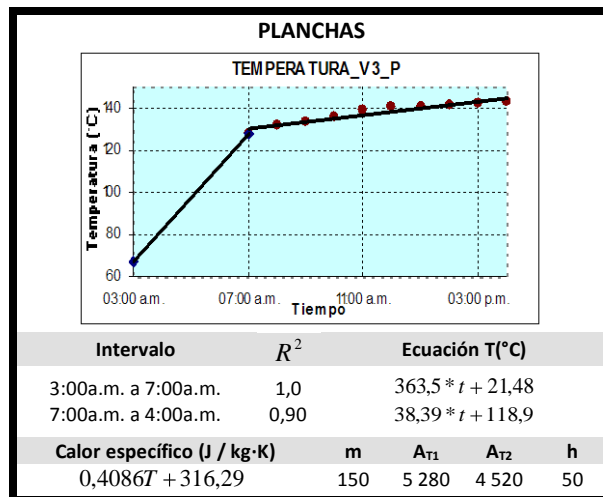
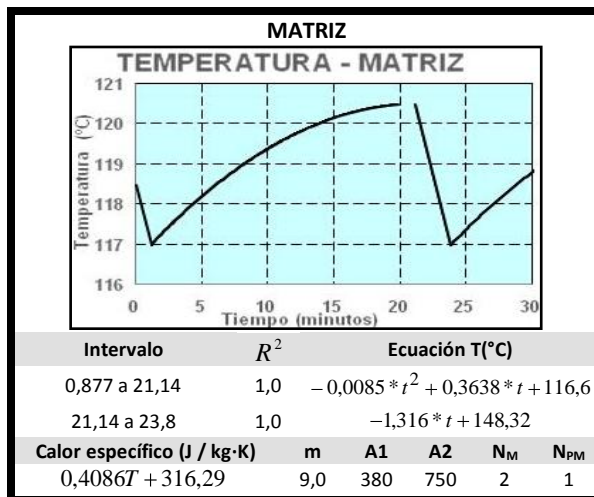
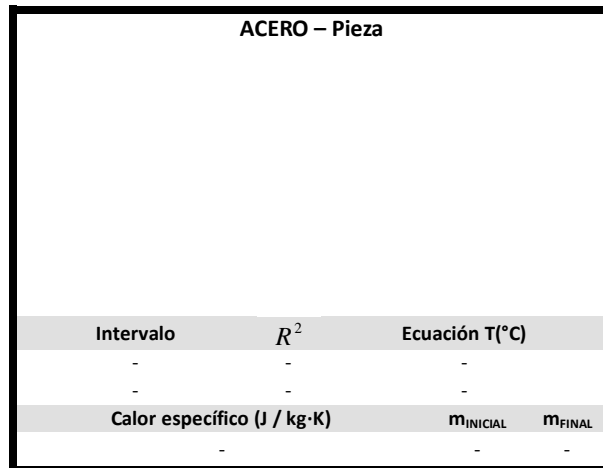
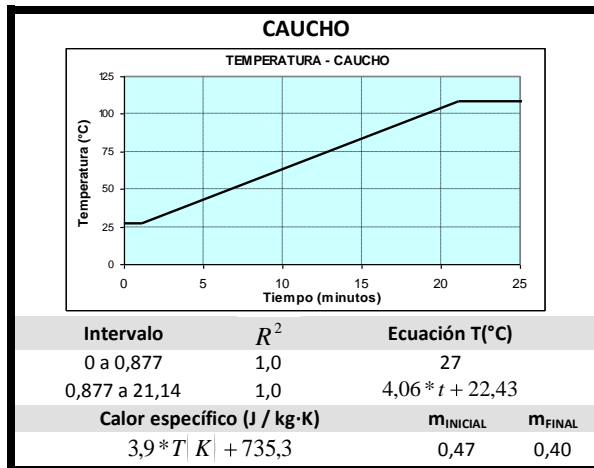
INDUSTRIA CAUCHOS RECORD LTDA.



TEMPERATURA

OBSERVADO POR: **GERMÁN ALFONSO OSMA PINTO**
 Unidad de Temperatura: **(°C) Grados Celsius**
 Unidad de Masa: **(kg) Kilogramos**
 Unidad de Longitud: **(cm) Centímetros**
 Unidad de Área: **(cm²) Centímetros cuadrados**
 Fecha:

Pieza: **CAUCHO EJE CARDÁN**
 Tiempo: **22' 41"**



Temperatura del aire en la zona de vulcanizado:

R² Coeficiente de correlación
 m Masa
 A1 Área de la matriz en contacto con la plancha
 A2 Área de la matriz en contacto con el aire
 N_M Número de matrices

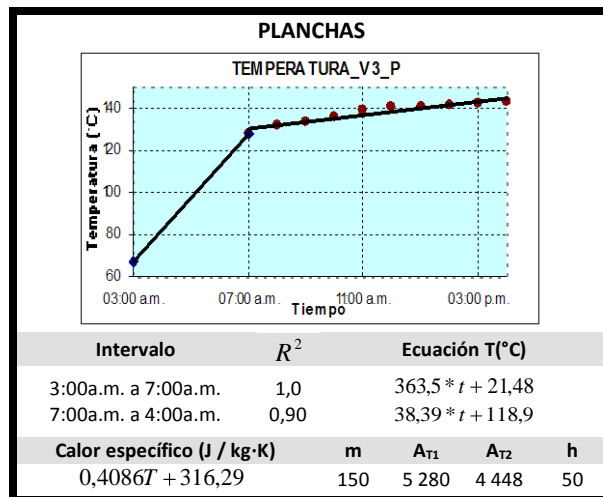
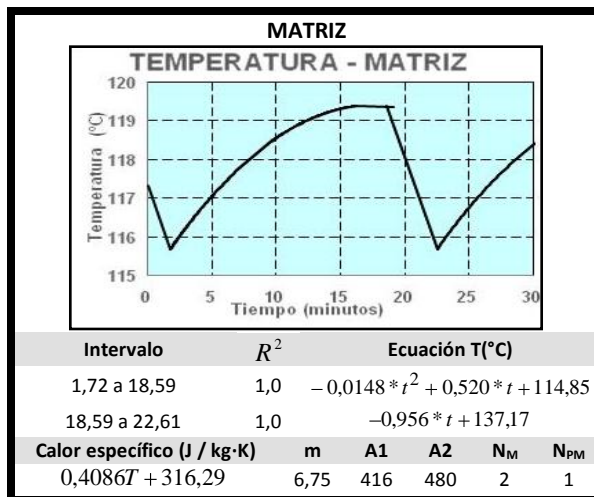
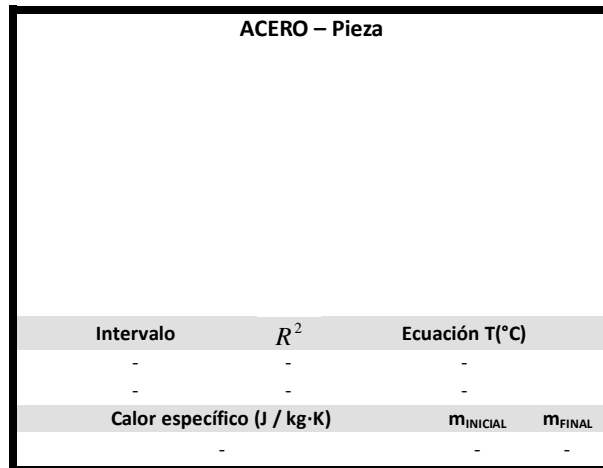
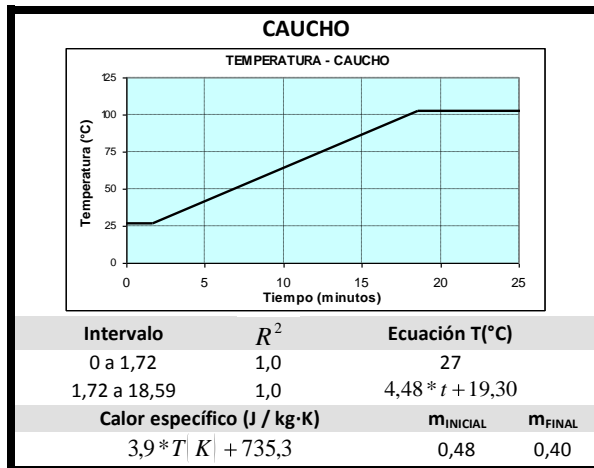
N_{PM} Número de piezas por matriz
 A_{T1} Área de las planchas al aire cuando no se vulcaniza
 A_{T2} Área de las planchas al aire cuando se vulcaniza
 h Coeficiente de transferencia de calor por convección
 |W/m² * K|

INDUSTRIA CAUCHOS RECORD LTDA.



TEMPERATURA

OBSERVADO POR:	GERMÁN ALFONSO OSMA PINTO		
Unidad de Temperatura:	(°C) Grados Celsius	Pieza:	SOPORTE TRAILER DITE
Unidad de Masa:	(kg) Kilogramos	Tiempo:	20' 52''
Unidad de Longitud:	(cm) Centímetros		
Unidad de Área:	(cm ²) Centímetros cuadrados		
Fecha:			



Temperatura del aire en la zona de vulcanizado:

R² Coeficiente de correlación

m Masa

A1 Área de la matriz en contacto con la plancha

A2 Área de la matriz en contacto con el aire

N_M Número de matrices

N_{PM} Número de piezas por matriz

A_{T1} Área de las planchas al aire cuando no se vulcaniza

A_{T2} Área de las planchas al aire cuando se vulcaniza

h Coeficiente de transferencia de calor por convección
|W/m² * K|

INDUSTRIA CAUCHOS RECORD LTDA.



TEMPERATURA

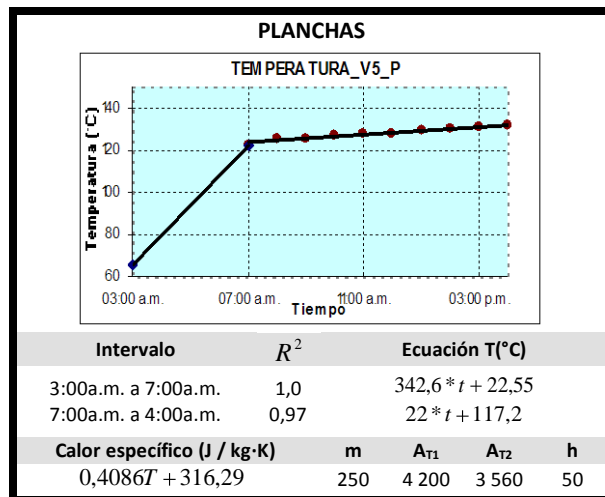
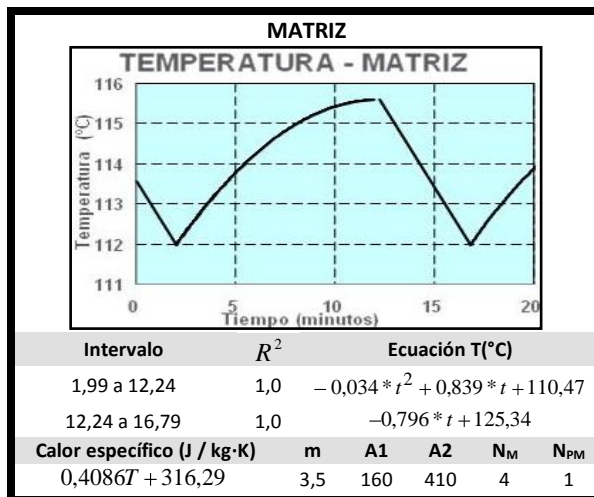
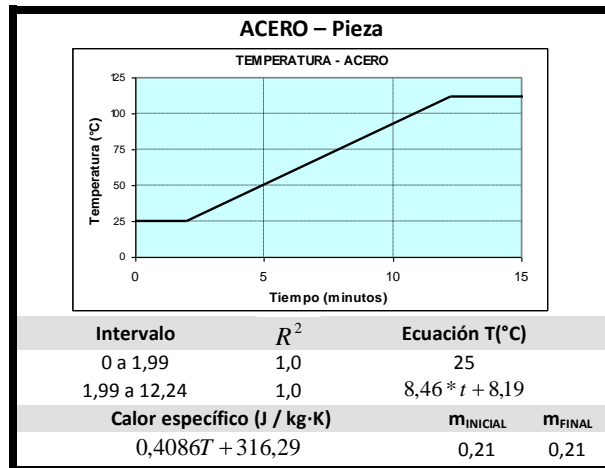
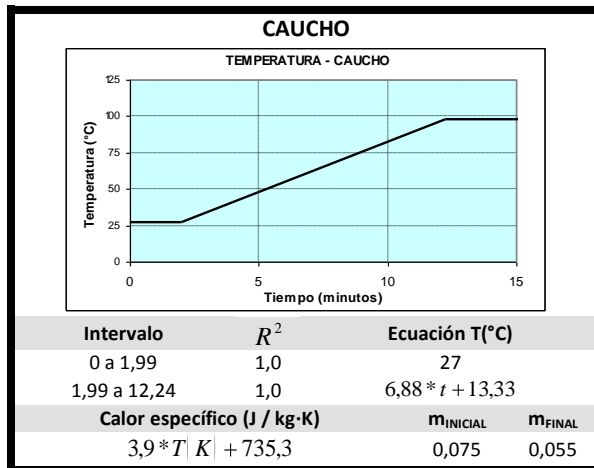
OBSERVADO POR: GERMÁN ALFONSO OSMA PINTO
 Unidad de Temperatura: (°C) Grados Celsius
 Unidad de Masa: (kg) Kilogramos
 Unidad de Longitud: (cm) Centímetros
 Unidad de Área: (cm²) Centímetros cuadrados
 Fecha:

Pieza:

Tiempo:

**BUJE MUELLE
DELANTERO NPR**

14' 48"



Temperatura del aire en la zona de vulcanizado:

R² Coeficiente de correlación
 m Masa
 A1 Área de la matriz en contacto con la plancha
 A2 Área de la matriz en contacto con el aire
 N_M Número de matrices

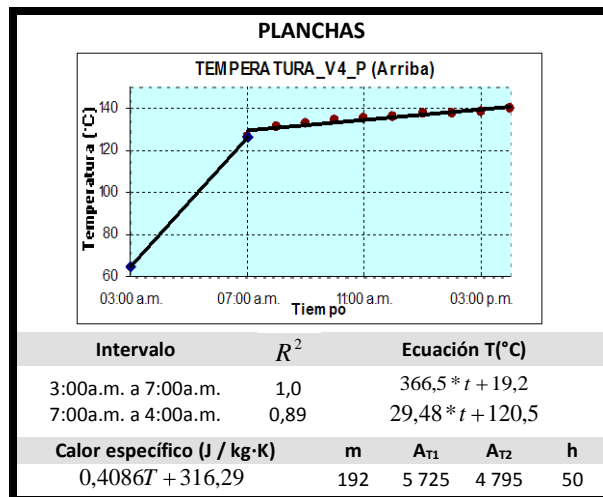
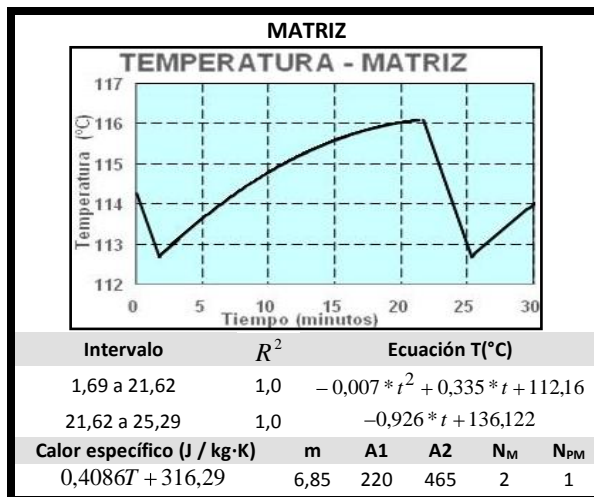
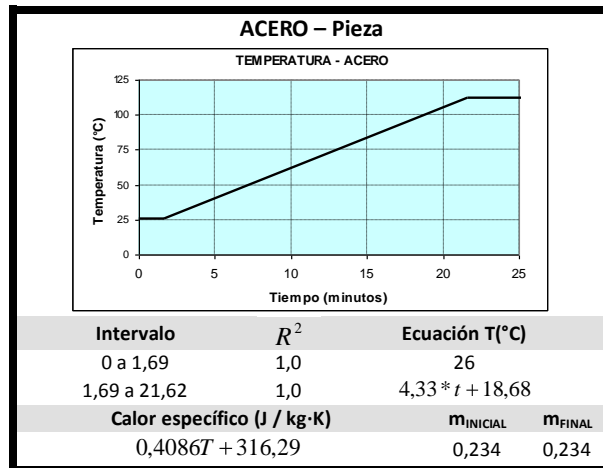
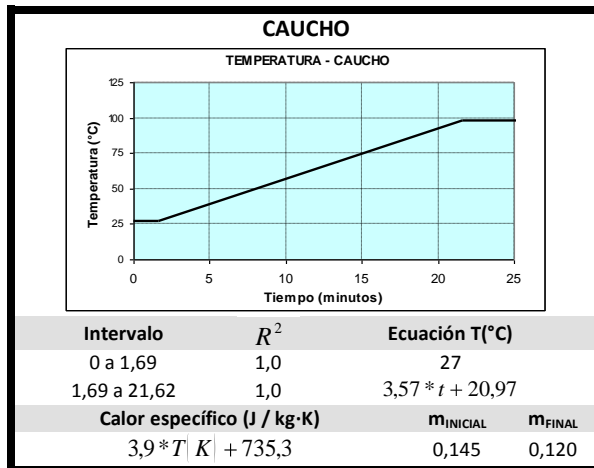
N_{PM} Número de piezas por matriz
 A_{T1} Área de las planchas al aire cuando no se vulcaniza
 A_{T2} Área de las planchas al aire cuando se vulcaniza
 h Coeficiente de transferencia de calor por convección
 W/m² * K

INDUSTRIA CAUCHOS RECORD LTDA.



TEMPERATURA

OBSERVADO POR:	GERMÁN ALFONSO OSMA PINTO		
Unidad de Temperatura:	(°C) Grados Celsius		
Unidad de Masa:	(kg) Kilogramos		
Unidad de Longitud:	(cm) Centímetros		
Unidad de Área:	(cm ²) Centímetros cuadrados		
Fecha:			
	Pieza:	SOPORTE TRASERO MOTOR	
	Tiempo:	23' 36"	



Temperatura del aire en la zona de vulcanizado:

R² Coeficiente de correlación

m Masa

A1 Área de la matriz en contacto con la plancha

A2 Área de la matriz en contacto con el aire

N_M Número de matrices

N_{PM} Número de piezas por matriz

A_{T1} Área de las planchas al aire cuando no se vulcaniza

A_{T2} Área de las planchas al aire cuando se vulcaniza

h Coeficiente de transferencia de calor por convección

| W/m² * K |

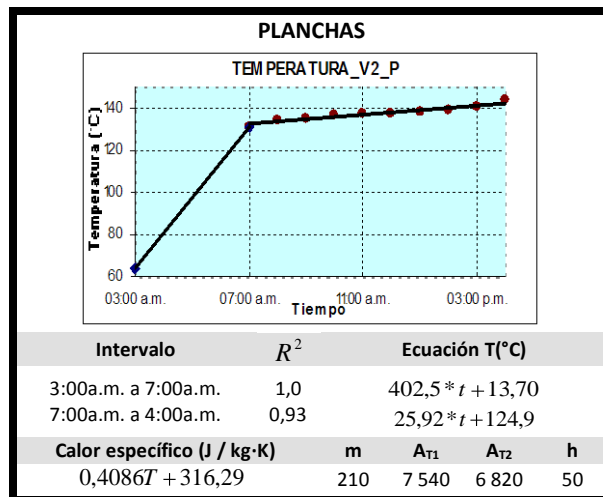
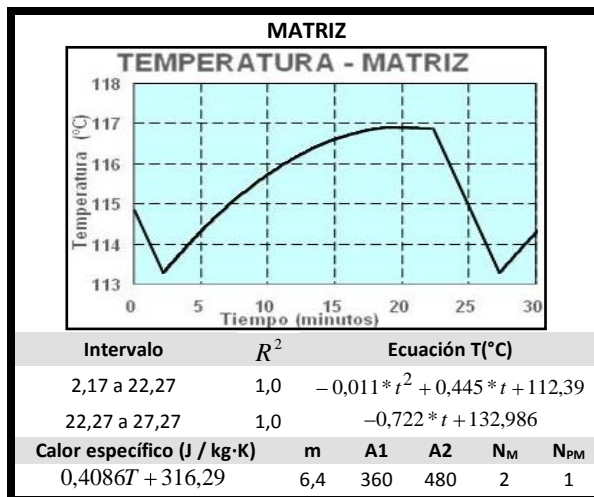
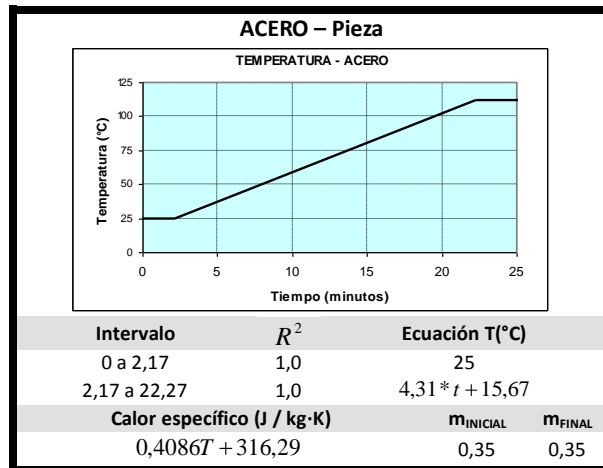
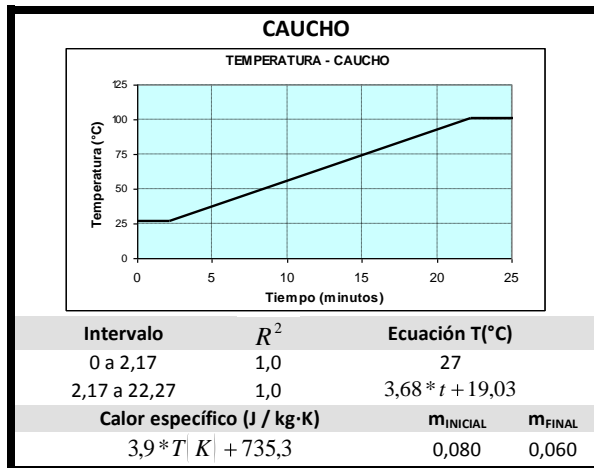
INDUSTRIA CAUCHOS RECORD LTDA.



TEMPERATURA

OBSERVADO POR: GERMÁN ALFONSO OSMA PINTO
Unidad de Temperatura: (°C) Grados Celsius
Unidad de Masa: (kg) Kilogramos
Unidad de Longitud: (cm) Centímetros
Unidad de Área: (cm²) Centímetros cuadrados
Fecha: Mayo de 2006

Pieza: **SOPORTE IZQUIERDO
MOTOR R4/R6**
Tiempo: 25' 07''



Temperatura del aire en la zona de vulcanizado:

R^2 Coeficiente de correlación

m Masa

A1 Área de la matriz en contacto con la plancha

A2 Área de la matriz en contacto con el aire

N_M Número de matrices

N_{PM} Número de piezas por matriz

A_{T1} Área de las planchas al aire cuando no se vulcaniza

A_{T2} Área de las planchas al aire cuando se vulcaniza

h Coeficiente de transferencia de calor por convección
 $W/m^2 * K$

INDUSTRIA CAUCHOS RECORD LTDA.



TEMPERATURA

OBSERVADO POR: GERMÁN ALFONSO OSMA PINTO

Unidad de Temperatura: (°C) Grados Celsius

Unidad de Masa: (kg) Kilogramos

Unidad de Longitud: (cm) Centímetros

Unidad de Área: (cm²) Centímetros cuadrados

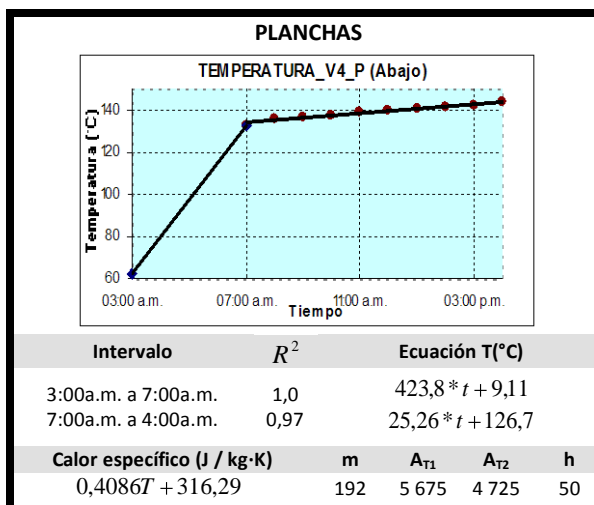
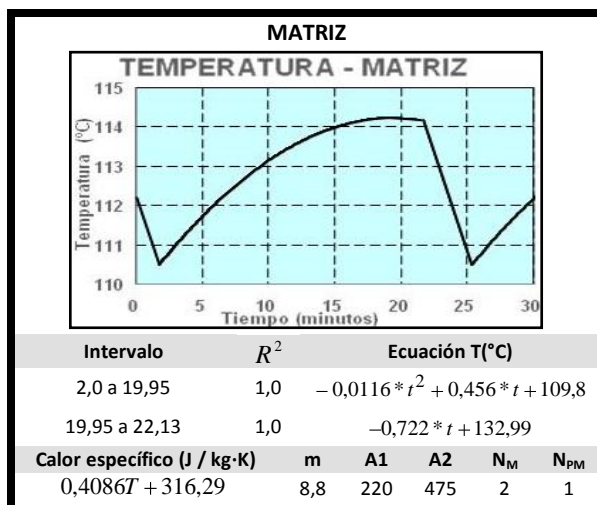
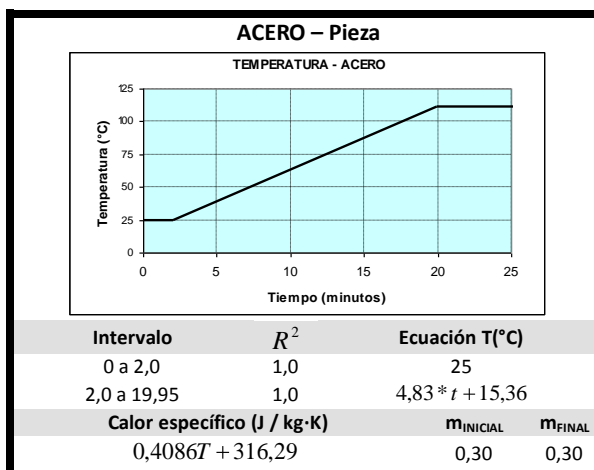
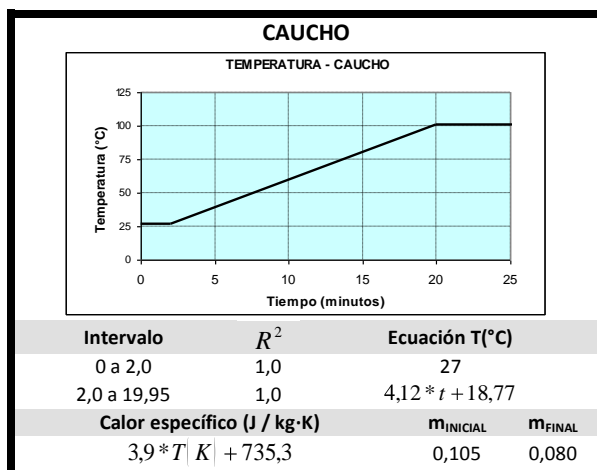
Fecha:

Pieza:

KODIAK

Tiempo:

22' 07"



Temperatura del aire en la zona de vulcanizado:

R² Coeficiente de correlación
m Masa
A1 Área de la matriz en contacto con la plancha
A2 Área de la matriz en contacto con el aire
N_M Número de matrices

N_{PM} Número de piezas por matriz
A_{T1} Área de las planchas al aire cuando no se vulcaniza
A_{T2} Área de las planchas al aire cuando se vulcaniza
h Coeficiente de transferencia de calor por convección
|W/m² * K|

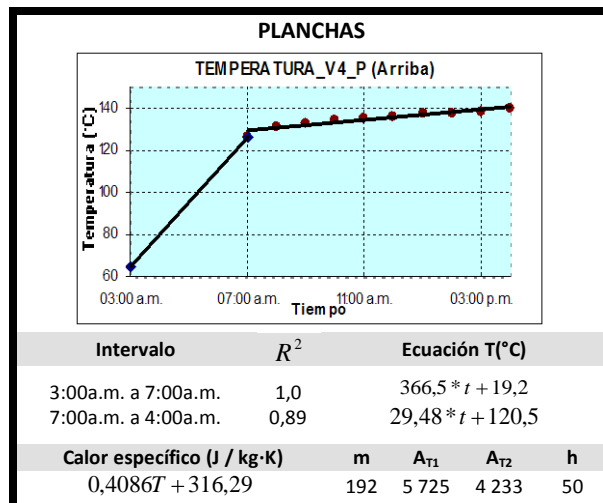
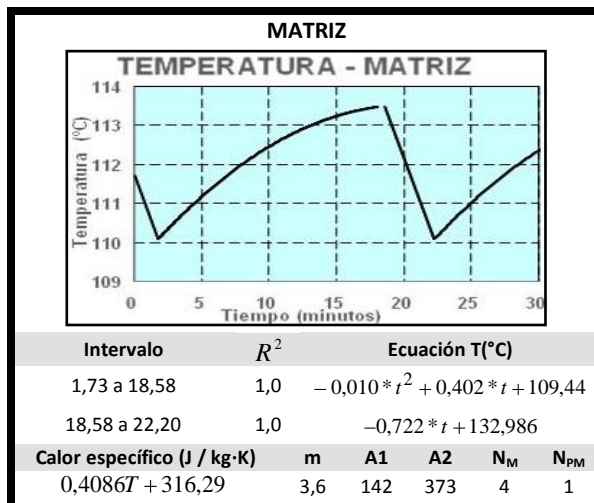
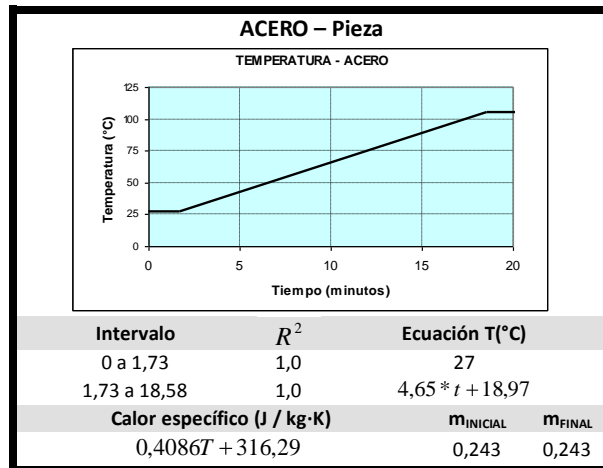
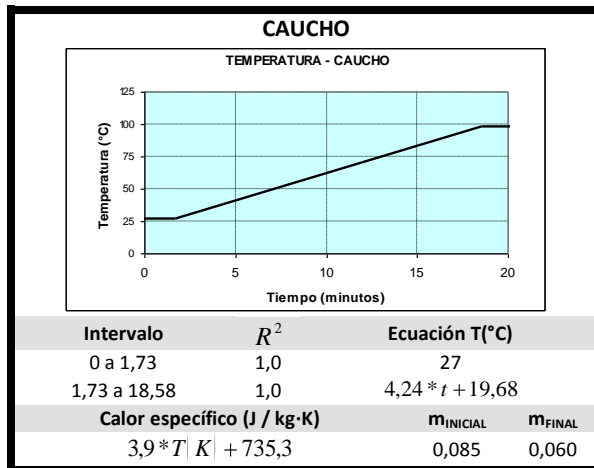
INDUSTRIA CAUCHOS RECORD LTDA.



TEMPERATURA

OBSERVADO POR: **GERMÁN ALFONSO OSMA PINTO**
 Unidad de Temperatura: **(°C) Grados Celsius**
 Unidad de Masa: **(kg) Kilogramos**
 Unidad de Longitud: **(cm) Centímetros**
 Unidad de Área: **(cm²) Centímetros cuadrados**
 Fecha: **Mayo de 2006**

Pieza: **BUJE MUELLE DODGE**
 Tiempo: **20' 29"**



Temperatura del aire en la zona de vulcanizado:

R^2 Coeficiente de correlación

m Masa

A1 Área de la matriz en contacto con la plancha

A2 Área de la matriz en contacto con el aire

N_M Número de matrices

N_{PM} Número de piezas por matriz

A_{T1} Área de las planchas al aire cuando no se vulcaniza

A_{T2} Área de las planchas al aire cuando se vulcaniza

h Coeficiente de transferencia de calor por convección
 $W/m^2 * K$

ANEXO P. CUANTIFICACIÓN DE LOS FLUJOS DE LOS MODELOS EXERGÉTICOS

INDUSTRIA CAUCHOS RECORD LTDA.



SOPORTE MEDIANO TANDEM

Referencia: 10 - QK - 368

UNIDADES

VALORACIÓN DE FLUJOS

Masa	kg
Energía	J
Exergía	J

Modelo		Operación		W _{HIDRÁULICO}	E _{TP}	B _{TP}
PRENSA		2. VULCANIZAR		225 646	153 062 118	37 620 596
m_{MP_C}	m_{MP_A1}	m_{MP_A2}	m_{MP_DC}	FLUJO	Q	B
0,65	1,12	0	0,1	1	15 306 211,8	3 762 059,6
m_{PF_}	Q_A	B_A	Q_C	2	1 915 737,5	380 748,0
1,67	41 663,7	4 656,7	106 899,4	3	225 645,8	225 645,8
B_C	Q_{MO}	B_{MO}	Q_{Mconv}	4	3 691,0	3 691,0
12 512,3	302 174,6	68 047,6	1 349 728,4	5	205 863,8	205 863,8
B_{Mconv}	Q_{MC}	B_{MC}	N_V	6	0,0	0,0
2 830 085,6	1 152 714,4	125 229,3	10	7	0,0	0,0
N_M	V_f	P_i	P_f	8	48 117,4	33 596,3
1	0,031416	19 581 232	0,006	9	310 000,5	193 127,5

INDUSTRIA CAUCHOS RECORD LTDA.



COMPLEMENTO SOPORTE DELANTERO MOTOR

Referencia: 12005 - 0002

UNIDADES

VALORACIÓN DE FLUJOS

Masa	kg
Energía	J
Exergía	J

Modelo		TROQUELADORA			Operación		1. CORTAR			AWG	r	L	R
Elemento	t _i	V _i	I _i	fp _i	P _i	P ₁ t _i	3I _i ² R	3I _i ² Rt _i	10	0,00367	3	0,01101	
A	0,7	203,3	16,6	0,8	4 676,1	3 273	3,03	2,12	Flujo	Valoración			
B	1,07	203,3	29,2	0,86	8 842,3	9 461	9,39	10,04	1	13 481,5			
C	0,43	203,3	9,0	0,55	1 737,2	747	0,89	0,38	2	13 469,0			
TOTAL	2,2					13 482		12,55	3	11 313,9			
En vacío		t _v	V _v	I _v	fp _v	P _{1v}	3I _v ² R	P _{2v}	P _{3v}	4	8 105,3		
		2,2	203,3	9,0	0,55	1 737,2	0,89	1 736,3	1 458,5	5	1 360,0		
m _{AC}	m _{RC}	m _T	m _{TR}	m _M		m ₆	m ₇	m ₈	P _{3v} t _v	6	0,0		
400	60	150	70	680		0,217	0,089	0,128	3 208,6	7	557,8		
X	0,7	t _{CAIDA}	0,7	V _{CAIDA}	2,000	mv ² /2	1 360,0	η _{MP}	0,84	8	802,2		

Modelo		TROQUELADORA			Operación		2. PERFORAR			AWG	r	L	R
Elemento	t _i	V _i	I _i	fp _i	P _i	P ₁ t _i	3I _i ² R	3I _i ² Rt _i	10	0,00367	3	0,01101	
A	0,96	203,3	14,3	0,72	3 625,4	3 480	2,25	2,16	Flujo	Valoración			
B	1,53	203,3	26,1	0,84	7 719,8	11 811	7,50	11,48	1	17 452,9			
C	1,24	203,3	9,0	0,55	1 737,2	2 154	0,89	1,10	2	17 438,2			
TOTAL	3,73					17 446		14,74	3	14 648,1			
En vacío		t _v	V _v	I _v	fp _v	P _{1v}	3I _v ² R	P _{2v}	P _{3v}	4	9 189,8		
		3,73	203,3	9,0	0,55	1 737,2	0,89	1 736,3	1 458,5	5	433,3		
m _{AC}	m _{RC}	m _T	m _{TR}	m _M		m ₆	m ₇	m ₈	P _{3v} t _v	6	802,2		
400	60	150	50	660		0,128	0,016	0,112	5 440,1	7	154,4		
X	0,55	t _{CAIDA}	0,96	V _{CAIDA}	1,146	mv ² /2	433,3	η _{MP}	0,84	8	1081,0		

Modelo:		TANQUES TRAT. QUÍ.			Operación:		3. DESENGRASAR			Flujo	Q	B
ρ _{GN}	V _C	m _{GN}	P _C	T _M	T ₀	m _a	c	T _e	T _a	1	205 901,9	135 145,2
0,6	10	16,7	4,05E+7	873	300	65	4186	373	298	2	10 416,8	2 104,1
T _{OP}	t _U	k	R _{LI}	h _{LI}	A _M	A _{desp}	Δx	t _{OP}	t _D	3	10 408,6	2 103,3
379	5,8	170	0,15	0,05	0,0707	0,0471	0,006	0,23	7,2	4	1 081,1	1 081,1
e	σ	N _{PT}	N _P	Q _{Ca}	Q _C	Q _{RN}	B _{Ca}	B _C	B _{RN}	5	11 489,7	3 184,4
0,72	5,67E-6	78	39	2,04E+7	69 696	12 850	4,13E+6	887	7 022			

Modelo:		TANQUES TRAT. QUÍ.			Operación:		4. FOSFORAR			Flujo	Q	B
ρ _{GN}	V _C	m _{GN}	P _C	T _M	T ₀	m _a	c	T _e	T _a	1	367 042,4	240 911,0
0,6	10	16,7	4,05E+7	873	300	120	4186	373	298	2	34 234,1	6 935,1
T _{OP}	t _U	k	R _{LI}	h _{LI}	A _M	A _{desp}	Δx	t _{OP}	t _D	3	34 216,4	6 930,5
379	5,8	170	0,17	0,04	0,09079	0,04273	0,01	0,41	7,2	4	11 489,7	3 184,4
e	σ	N _{PT}	N _P	Q _{Ca}	Q _C	Q _{RN}	B _{Ca}	B _C	B _{RN}	5	45 715,1	10 114,9
0,72	5,67E-6	78	39	3,77E+7	53 712,7	48 782	7,63E+6	683,9	26 657,3			

Modelo		TROQUELADORA			Operación		6. CORTAR			AWG	r	L	R
Elemento	t _i	V _i	I _i	fp _i	P _i	P ₁ t _i	3I _i ² R	3I _i ² Rt _i	10	0,00367	3	0,01101	
A	0,7	203,8	18,6	0,72	4 727,1	3 309	3,81	2,67	Flujo	Valoración			
B	1,06	203,8	30,4	0,84	9 025,6	9 567	10,20	10,81	1	13 624,9			
C	0,43	203,8	9,0	0,55	1 741,4	749	0,89	0,38	2	13 611,1			
TOTAL	2,19					13 625		13,86	3	11 433,3			
En vacío		t _v	V _v	I _v	fp _v	P _{1v}	3I _v ² R	P _{2v}	P _{3v}	4	8 231,4		
		2,19	203,8	9,0	0,55	1 741,4	0,89	1 740,5	1 462,1	5	1 274,0		
m _{AC}	m _{RC}	m _T	m _{TR}	m _M		m ₆	m ₇	m ₈	P _{3v} t _v	6	0,0		
400	60	150	65	675		0,207	0,091	0,116	3 201,9	7	560,0		
X	0,68	t _{CAIDA}	0,7	V _{CAIDA}	1,943	mv ² /2	1274,0	η _{MP}	0,84	8	714,0		

**METODOLOGÍA PARA EL USO RACIONAL Y EFICIENTE DE LA ENERGÍA DESDE EL ENFOQUE EXERGÉTICO
EN INDUSTRIA CAUCHOS RECORD LTDA.**

ANEXO P. Cuantificación de los flujos de los modelos exergéticos.

Modelo	TROQUELADORA			Operación		7. PERFORAR			AWG	r	L	R
Elemento	t _i	V _i	I _i	fp _i	P _i	P _i t _i	3I _i ² R	3I _i ² Rt _i	10	0,00367	3	0,01101
A	0,96	203,6	15,1	0,67	3567,6	3 425	2,51	2,41	Flujo			Valoración
B	1,55	203,6	25,4	0,85	7613,4	11 801	7,10	11,01	1			17 330,7
C	1,21	203,6	9,0	0,55	1739,7	2 105	0,89	1,07	2			17 316,2
TOTAL	3,72					17 331		14,49	3			14 545,6
En vacío	t _v	V _v	I _v	fp _v	P _{1v}	3I _v ² R	P _{2v}	P _{3v}	4			9 112,1
	3,72	203,6	9,0	0,55	1 739,7	0,89	1 738,8	1 460,6	5			461,1
m _{AC}	m _{RC}	m _T	m _{TR}			m ₇	m ₈	P _{3v} t _v	6			714,0
400	60	150	44	654		0,116	0,016	0,100	7			162,1
X	0,57	t _{CAIDA}	0,96	V _{CAIDA}	1,188	mv ² /2	461,1	η _{MP}	8			1 013,0

Modelo:	TANQUES TRAT. QUÍ				Operación:				8. DESENGRASAR			Flujo	Q	B
ρ _{GN}	V _C	m _{GN}	P _C	T _M	T ₀	m _a	c	T _e	T _a	1	209 482,8	137 495,6		
0,6	10	16,7	4,05E+7	873	300	65	4 186	373	298	2	10 598,2	2 140,9		
T _{OP}	t _U	k	R _{LI}	h _{LI}	A _M	A _{desp}	Δx	t _{OP}	t _D	3	10 589,8	2 140,0		
379	5,8	170	0,15	0,05	0,0707	0,0471	0,006	0,24	7,2	4	1 013,0	1 013,0		
e	σ	N _{PT}	N _P	Q _{Ca}	Q _C	Q _{RN}	B _{Ca}	B _C	B _{RN}	5	11 602,8	3 153,0		
0,72	5,67E-6	80	40	2,04E+7	69 696	13 409	4,13E+6	887	7 327					

Modelo:	TANQUES TRAT. QUÍ.				Operación:				9. FOSFORAR			Flujo	Q	B
ρ _{GN}	V _C	m _{GN}	P _C	T _M	T ₀	m _a	c	T _e	T _a	1	366 594,8	240 617,2		
0,6	10	16,7	4,05E+7	873	300	120	4 186	373	298	2	34 193,4	6 927,2		
T _{OP}	t _U	k	R _{LI}	h _{LI}	A _M	A _{desp}	Δx	t _{OP}	t _D	3	34 175,5	6 922,5		
379	5,8	170	0,17	0,04	0,09079	0,04273	0,01	0,42	7,2	4	11 602,8	3 153,0		
e	σ	N _{PT}	N _P	Q _{Ca}	Q _C	Q _{RN}	B _{Ca}	B _C	B _{RN}	5	45 778,3	10 075,5		
0,72	5,67E-6	80	40	3,77E+7	53 712,7	47 870	7,63E+6	683,9	26 159,0					

Modelo	Operación				W _{HIDRÁULICO}	E _{TP}	B _{TP}
PRENSA		11. VULCANIZAR		225 646	128 823 859	30 463 135	
m _{MP_C}	m _{MP_A1}	m _{MP_A2}	m _{MP_DC}	FLUJO	Q	B	
0,04	0,112	0,1	0,005	1	1 894 468,5	447 987,3	
m _{PF_}	Q _A	B _A	Q _C	2	151 384,6	35 318,0	
0,247	8 083,7	4 311,6	6 649,4	3	225 645,8	225 645,8	
B _C	Q _{MO}	B _{MO}	Q _{Mconv}	4	2 629,2	2 629,2	
785,1	37 542,2	8 855,3	96 519,4	5	13 000,7	13 000,7	
B _{Mconv}	Q _{MC}	B _{MC}	N _V	6	45 715,1	10 114,9	
21 063,3	176 113,0	20 577,6	34	7	45 778,3	10 075,5	
N _M	V _f	P _i	P _f	8	2 456,3	1 723,2	
2	0,02270	16 547 520	0,007	9	119 400,1	39 193,8	

INDUSTRIA CAUCHOS RECORD LTDA.



SOPORTE MOTOR – Bisón

Referencia: 702727

UNIDADES

VALORACIÓN DE FLUJOS

Masa	kg
Energía	J
Exergía	J

Modelo	TORNO				Operación				1. TALADRAR; 2. CILINDRAR; 3. BISELAR; 4. CORTAR				m ₉	m ₁₀	m ₁₁
Elemento	t _i	V _i	I _i	fp _i	P _i	P _{t_i}	3I _i ² R _L	P'	P ₂	P _{2t_i}	891	0,311	0,219	0,092	
B	2,0	217,8	3,8	0,59	845,75	1 691	0,26	845,48	445,43	891	891	Flujo	Valoración		
C	29,9	217,8	5,0	0,69	1 301,44	38 913	0,46	1 300,98	900,93	26 938	1	111 267,1			
D	24,1	217,8	5,2	0,72	1 412,35	34 038	0,50	1 411,85	1 011,80	24 384	2	73 464,2			
E	4,0	217,8	4,0	0,61	920,44	3 682	0,09	920,35	520,30	2 081	3	37 764,7			
F	16,1	217,8	4,5	0,65	1 103,40	17 765	0,37	1 103,02	702,97	11 318	4	60 240,6			
G	22,3	217,8	3,8	0,59	845,75	18 860	0,26	845,48	445,43	9 933	5	25 760,6			
TOTAL	94,4					111 267				73 464	6	37 763,6			
En vacío	t _v	V _v	I _v	fp _v	P _{1v}	3I _v ² R _L	P' _v	P _{2v}	P _{2vt_v}	B _{sv}	7	26 434,5			
	94,4	217,8	3,8	0,59	845,75	0,26	845,48	445,43	42 049	34 480	8	28,9			
M_principal OFF	t _T	V _{1A}	I _{1A}	fp _{1A}	P _{1A}	3I _{1A} ² R _L	P ₃	3I _{1A} ² R _{L2}	P ₆	P _{6t_T}	9	0,0			
	94,4	220	1,5	0,7	400,09	0,04	400,05	0,01	400,04	37 763,6	10	18 160,5			
η _{MP}	0,82	η _{MB}	0,7	t _T	94,4	Conductor	AWG	r	L	R	11	7 600,1			
Δm _R	0,03	h	0,75	mgh	20,84	Principal	10	0,00367	5	0,0184					
Φ	0,004	v	2,39	m _R v ² /2	8,07	Bomba	14	0,00927	0,6	0,0056					

Modelo:	TANQUES TRAT. QUÍ.				Operación:				5. DESENGRASAR				Flujo	Q	B
ρ _{GN}	V _C	m _{GN}	P _C	T _M	T ₀	m _a	c	T _e	T _a	1	418 965,5	274 991,1			
0,6	10	16,7	4,05E+7	873	300	65	4 186	373	298	2	21 196,4	4 281,7			
T _{OP}	t _U	k	R _{LI}	h _{LI}	A _M	A _{desp}	Δx	t _{OP}	t _D	3	21 179,7	4 280,1			
379	5,8	170	0,15	0,05	0,0707	0,0471	0,006	0,24	7,2	4	7 600,1	7 600,1			
e	σ	N _{PT}	N _P	Q _{Ca}	Q _C	Q _{RN}	B _{Ca}	B _C	B _{RN}	5	28 779,8	11 880,2			
0,72	5,67E-6	40	20	2,04E+7	69696	13409	4,13E+6	887	7327						

Modelo:	TANQUES TRAT. QUÍ.				Operación:				6. FOSFORAR				Flujo	Q	B
ρ _{GN}	V _C	m _{GN}	P _C	T _M	T ₀	m _a	c	T _e	T _a	1	768 103,4	504 150,4			
0,6	10	16,7	4,05E+7	873	300	120	4186	373	298	2	71 647,7	14 516,5			
T _{OP}	t _U	k	R _{LI}	h _{LI}	A _M	A _{desp}	Δx	t _{OP}	t _D	3	71 609,4	14 506,1			
379	5,8	170	0,17	0,04	0,0908	0,0427	0,01	0,44	7,2	4	28 779,8	11 880,2			
e	σ	N _{PT}	N _P	Q _{Ca}	Q _C	Q _{RN}	B _{Ca}	B _C	B _{RN}	5	100 389,2	26 386,3			
0,72	5,67E-6	40	20	3,77E+7	53712,7	50150	7,63E+6	683,9	27404,7						

Modelo		Operación		W _{HIDRÁULICO}	E _{TP}	B _{TP}
PRENSA		8. VULCANIZAR		369 232	173 787 336,2	41 450 411,2
m _{MP_C}	m _{MP_A1}	m _{MP_A2}	m _{MP_DC}	FLUJO	Q	B
0,075	0,092	0	0,015	1	1 686 749,7	400 403,3
m _{PF_}	Q _A	B _A	Q _C	2	168 919,2	33 694,5
0,152	3 568,9	422,8	12 301,3	3	369 232,5	369 232,5
B _C	Q _{MO}	B _{MO}	Q _{Mconv}	4	4 787,0	4 787,0
1 436,7	18 222,4	4 106,1	133 973,6	5	22 815,8	22 815,8
B _{Mconv}	Q _{MC}	B _{MC}	N _V	6	100 389,2	26 386,3
27 634,1	88 713,7	9 860,0	26	7	0,0	0,0
N _M	V _f	P _i	P _f	8	7 023,4	4 850,5
4	0,03142	15 237 508	0,01	9	136 838,8	50 998,1

INDUSTRIA CAUCHOS RECORD LTDA.



CAUCHO EJE CARDÁN

Referencia: 230749 - 1

UNIDADES

VALORACIÓN DE FLUJOS

Masa	kg
Energía	J
Exergía	J

Modelo		Operación		W _{HIDRÁULICO}	E _{TP}	B _{TP}
PRENSA		1. VULCANIZAR		223 249	117 534 813,3	28 250 457
m _{MP_C}	m _{MP_A1}	m _{MP_A2}	m _{MP_DC}	FLUJO	Q	B
0,47	0	0	0,07	1	2 260 284,9	543 278,0
m _{PF_}	Q _A	B _A	Q _C	2	459 398,7	87 253,7
0,4	0,0	0,0	78 756,8	3	223 249,3	223 249,3
B _C	Q _{MO}	B _{MO}	Q _{Mconv}	4	3 192,6	3 192,6
9 359,0	74 576,1	16 420,4	299 937,1	5	147 610,5	147 610,5
B _{Mconv}	Q _{MC}	B _{MC}	N _V	6	0,0	0,0
60 818,6	318 699,7	34 101,2	26	7	0,0	0,0
N _M	V _f	P _i	P _f	8	33 714,3	23 378,4
2	0,02270	17 581 740	0,008	9	195 845,5	136 783,6

INDUSTRIA CAUCHOS RECORD LTDA.



SOPORTE TRAILER DITE

Referencia:

40325

UNIDADES

VALORACIÓN DE FLUJOS

Masa	kg
Energía	J
Exergía	J

Modelo		Operación		W _{HIDRÁULICO}	E _{TP}	B _{TP}
PRENSA		1. VULCANIZAR		223 249	109 899 919	26 624 870
m _{MP_C}	m _{MP_A1}	m _{MP_A2}	m _{MP_DC}	FLUJO	Q	B
0,48	0	0	0,08	1	1 962 498,6	475 444,1
m _{PF_}	Q _A	B _A	Q _C	2	289 167,7	51 993,0
0,4	0,0	0,0	74 383,5	3	223 249,3	223 249,3
B _C	Q _{MO}	B _{MO}	Q _{Mconv}	4	2 705,9	2 705,9
8 294,6	52 708,6	11 541,9	157 812,9	5	154 938,7	154 938,7
B _{Mconv}	Q _{MC}	B _{MC}	N _V	6	0,0	0,0
31 700,9	238 707,6	25 511,8	28	7	0,0	0,0
N _M	V _f	P _i	P _f	8	38 220,4	27 205,5
2	0,02270	17 030 156	0,007	9	193 807,7	138 733,6

INDUSTRIA CAUCHOS RECORD LTDA.



BUJE MUELLE DELANTERO - NPR

Referencia: RB - 413

UNIDADES

VALORACIÓN DE FLUJOS

Masa	kg
Energía	J
Exergía	J

Modelo	TORNO				Operación						1. CORTAR	m ₉	m ₁₀	m ₁₁
Elemento	t _i	V _i	I _i	fp _i	P _i	P _{t_i}	3I _i ² R _L	P'	P ₂	P _{2t_i}	0,336	0,012	0,324	
A	32,8	218,9	7,2	0,45	1 228,40	40 291	0,53	1 227,86	774,46	25 402	Flujo	Valoración		
B	14,1	218,9	8,9	0,49	1 653,41	23 313	0,81	1 652,59	1 199,18	16 909	1	175 728,1		
C	33,3	218,9	11,3	0,55	2 356,32	78 466	1,31	2 355,01	1 901,60	63 323	2	126 854,1		
D	27,4	218,9	7,2	0,45	1 228,40	33 658	0,53	1 227,86	774,46	21 220	3	48 786,9		
TOTAL	107,6					175 728				126 854	4	101 483,3		
En vacío	t _v	V _v	I _v	fp _v	P _{1v}	3I _v ² R _L	P' _v	P _{2v}	P _{2vt_v}	B _{4v}	5	34 818,1		
	107,6	218,9	7,2	0,45	1 228,40	0,53	1 227,86	774,46	83 331	66 665	6	48 785,4		
M_principal OFF	t _T	V _{1A}	I _{1A}	fp _{1A}	P _{1A}	3I _{1A} ² R _L	P ₃	3I _{1A} ² R _{L2}	P ₆	P _{6t_T}	7	36 589,1		
	107,6	220	1,7	0,7	453,44	0,03	453,41	0,01	453,40	48 785	8	36,1		
η _{MP}	0,8	η _{MB}	0,75	t _T	107,6	Conductor	AWG	r	L	R	9	0,0		
Δm _R	0,035	h	0,9	mgh	33,25	Principal	10	0,00367	2,8	0,01028	10	1 244,8		
Φ	0,006	v	1,24	m _R v ² /2	2,89	Bomba	12	0,00584	0,7	0,00409	11	33 609,5		

Modelo	TORNO				Operación						2. BISELAR	m ₉	m ₁₀	m ₁₁
Elemento	t _i	V _i	I _i	fp _i	P _i	P _{t_i}	3I _i ² R _L	P'	P ₂	P _{2t_i}	0,324	0,003	0,321	
A	28,0	218,9	7,2	0,45	1 228,40	34 395	0,53	1 227,86	774,46	21 685	Flujo	Valoración		
B	5,3	218,9	8,9	0,49	1 653,41	8 763	0,81	1 652,59	1 199,18	6 356	1	53 880,9		
C	2,0	218,9	10,1	0,55	2 106,09	4 212	1,05	2 105,05	1 651,64	3 303	2	35 448,3		
D	5,3	218,9	7,2	0,45	1 228,40	6 511	0,53	1 227,86	774,46	4 105	3	18 408,5		
TOTAL	40,6					53 881				35 448	4	28 358,7		
En vacío	t _v	V _v	I _v	fp _v	P _{1v}	I _v ² R _L	P' _v	P _{2v}	P _{2vt_v}	B _{4v}	5	3 204,3		
	40,6	218,9	7,2	0,45	1 228,40	0,53	1 227,86	774,46	31 443	25 154	6	18 407,9		
M_principal OFF	t _T	V _{1A}	I _{1A}	fp _{1A}	P _{1A}	3I _{1A} ² R _L	P ₃	3I _{1A} ² R _{L2}	P ₆	P _{6t_T}	7	13 805,9		
	40,6	220	1,7	0,7	453,44	0,03	453,41	0,01	453,40	18 408	8	13,6		
η _{MP}	0,8	η _{MB}	0,75	t _T	40,6	Conductor	AWG	r	L	R	9	33 609,5		
Δm _R	0,035	h	0,9	mgh	12,55	Principal	10	0,00367	2,8	0,01028	10	341,0		
Φ	0,006	v	1,24	m _R v ² /2	1,09	Bomba	12	0,00584	0,7	0,00409	11	36 486,5		

Modelo	TROQUELADORA				Operación						3. AMPLIAR Φ	AWG	r	L	R
Elemento	t _i	V _i	I _i	fp _i	P _i	P _{t_i}	3I _i ² R	3I _i ² R _{t_i}	10	0,00367	3	0,01101			
A	0,85	206,4	17,4	0,83	5 162,8	4 388	3,33	2,83	Flujo	Valoración					
B	1,29	206,4	27,1	0,85	8 234,7	10 623	8,09	10,43	1	18 485,5					
C	1,97	206,4	9,0	0,55	1 763,7	3 474	0,89	1,75	2	18 470,5					
TOTAL	4,11					18 485		15,01	3	15 515,2					
En vacío	t _v	V _v	I _v	fp _v	P _{1v}	3I _v ² R	P _{2v}	P _{3v}	4	9 429,4					
	4,11	206,4	9,0	0,55	1 763,7	0,89	1 762,8	1 480,7	5	592,7					
m _{AC}	m _{RC}	m _T	m _{TR}	m _M	m ₆	m ₇	m ₈	P _{3vt_v}	6	36 486,5					
400	60	150	49	659		0,321	0,0	0,321	6 085,8	7	0,0				
X	0,57	t _{CAIDA}	0,85	V _{CAIDA}	1,341	mv ² /2	592,7	η _{MP}	0,84	8	37 079,2				

Modelo	TORNO				Operación						4. CILINDRAR	m ₉	m ₁₀	m ₁₁
Elemento	t _i	V _i	I _i	fp _i	P _i	P _{t_i}	3I _i ² R _L	P'	P ₂	P _{2t_i}	0,321	0,030	0,291	
A	32,2	218,9	7,2	0,45	1 228,40	39 554	0,53	1 227,86	774,46	24 937	Flujo	Valoración		
B	14,6	218,9	8,9	0,49	1 653,41	24 140	0,81	1 652,59	1 199,18	17 508	1	168 770,9		
C	32,7	218,9	10,6	0,55	2 210,36	72 279	1,15	2 209,20	1 755,79	57 414	2	120 538,0		
D	26,7	218,9	7,2	0,45	1 228,40	32 798	0,53	1 227,86	774,46	20 678	3	48 152,1		
TOTAL	106,2					16 8771				120 538	4	96 430,4		
En vacío	t _v	V _v	I _v	fp _v	P _{1v}	3I _v ² R _L	P' _v	P _{2v}	P _{2vt_v}	B _{4v}	5	30 632,6		
	106,2	218,9	7,2	0,45	1 228,40	0,53	1 227,86	774,46	82 247	65 798	6	48 150,7		

METODOLOGÍA PARA EL USO RACIONAL Y EFICIENTE DE LA ENERGÍA DESDE EL ENFOQUE EXERGÉTICO EN INDUSTRIA CAUCHOS RECORD LTDA.

ANEXO P. Cuantificación de los flujos de los modelos exergéticos.

M_principal OFF	t_T	V_{1A}	I_{1A}	fp_{1A}	P_{1A}	$3I_{1A}^2 R_L$	P_3	$3I_1^2 R_{L2}$	P_6	$P_6 t_T$	7	36 113,0
	106,2	220	1,7	0,7	453,44	0,03	453,41	0,01	453,40	48 151	8	35,7
η_{MP}	0,8	η_{MB}	0,75	t_T	106,2	Conductor	AWG	r	L	R	9	37 079,2
Δm_R	0,035	h	0,9	mgh	32,82	Principal	10	0,00367	2,8	0,01028	10	6 331,5
Φ	0,006	v	1,24	$m_R v^2/2$	2,85	Bomba	12	0,00584	0,7	0,00409	11	61 415,9

Modelo	TORNO				Operación				5. CILINDRAR			m_9	m_{10}	m_{11}
Elemento	t_i	V_i	I_i	fp_i	P_i	$P_i t_i$	$3I_i^2 R_L$	P'	P_2	$P_2 t_i$	0,291	0,176	0,115	
A	27,7	218,9	7,2	0,45	1 228,40	34 027	0,53	1 227,86	774,46	21 452	Flujo	Valoración		
B	12,2	218,9	8,9	0,49	1 653,41	20 172	0,81	1 652,59	1 199,18	14 630	1	145 312,8		
C	23,1	218,9	10,5	0,55	2 189,50	50 578	1,13	2 188,37	1 734,96	40 078	2	101 717,2		
D	33,0	218,9	7,2	0,45	1 228,40	40 537	0,53	1 227,86	774,46	25 557	3	43 527,4		
TOTAL	96					145 313				101 717	4	81 373,7		
En vacío	t_V	V_V	I_V	fp_V	P_{1V}	$3I_V^2 R_L$	P'_V	P_{2V}	$P_{2V} t_V$	B_{3V}	5	21 895,5		
	96	218,9	7,2	0,45	1 228,40	0,53	1 227,86	774,46	74 348	59 478	6	43 526,0		
M_principal OFF	t_T	V_{1A}	I_{1A}	fp_{1A}	P_{1A}	$3I_{1A}^2 R_L$	P_3	$3I_1^2 R_{L2}$	P_6	$P_6 t_T$	7	32 644,5		
	96	220	1,7	0,7	453,44	0,03	453,41	0,01	453,40	43 526	8	32,2		
η_{MP}	0,8	η_{MB}	0,75	t_T	96	Conductor	AWG	r	L	R	9	61 415,9		
Δm_R	0,035	h	0,9	mgh	29,67	Principal	10	0,00367	2,8	0,01028	10	50 407,2		
Φ	0,006	v	1,24	$m_R v^2/2$	2,57	Bomba	12	0,00584	0,7	0,00409	11	32 936,5		

Modelo:	TANQUES TRAT. QUÍ.				Operación:				6. DESENGRASAR			Flujo	Q	B	
ρ_{GN}	V_C	m_{GN}	P_C	T_M	T_0	m_a	c	T_e	T_a	1	2	3	4	5	
0,6	10	16,7	4,05E+7	873	300	65	4 186	373	298	1	2	3	4	5	
T_{OP}	t_U	k	R_{LI}	h_{LI}	A_M	A_{desp}	Δx	t_{OP}	t_D	3	4	5	6	7	
379	5,8	170	0,15	0,05	0,0707	0,0471	0,006	0,20	7,2	18 577,0	32 936,5	36 690,0	51 513,5	366 900,0	
e	σ	N_{PT}	N_P	Q_{Ca}	Q_C	Q_{RN}	B_{Ca}	B_C	B_{RN}	5	6	7	8	9	
0,72	5,67E-6	38	19	2,04E+7	69696	11174	4,13E+6	887	6 106	367 513,6	18 591,3	32 936,5	51 513,5	366 900,0	

Modelo:	TANQUES TRAT. QUÍ.				Operación:				7. FOSFORAR			Flujo	Q	B	
ρ_{GN}	V_C	m_{GN}	P_C	T_M	T_0	m_a	c	T_e	T_a	1	2	3	4	5	
0,6	10	16,7	4,05E+7	873	300	120	4 186	373	298	1	2	3	4	5	
T_{OP}	t_U	k	R_{LI}	h_{LI}	A_M	A_{desp}	Δx	t_{OP}	t_D	3	4	5	6	7	
379	5,8	170	0,17	0,04	0,0908	0,0427	0,01	0,34	7,2	58 232,7	58 232,7	51 513,5	109 746,2	48 481,5	
e	σ	N_{PT}	N_P	Q_{Ca}	Q_C	Q_{RN}	B_{Ca}	B_C	B_{RN}	5	6	7	8	9	
0,72	5,67E-6	38	19	3,77E+7	53 712,7	38752	7,63E+6	683,9	21 176,3	624 773,1	58 260,4	51 513,5	109 746,2	48 481,5	

Modelo	TROQUELADORA				Operación				9. CORTAR			AWG	r	L	R
Elemento	t_i	V_i	I_i	fp_i	P_i	$P_i t_i$	$3I_i^2 R$	$3I_i^2 R t_i$	10	0,00367	3	0,01101			
A	0,72	206,4	16,1	0,82	4 719,5	3 398	2,85	2,05	Flujo	Valoración					
B	1,05	206,4	32,4	0,86	9 961,0	10 459	11,56	12,14	1	14 633,1					
C	0,44	206,4	9,0	0,55	1 763,7	776	0,89	0,39	2	14 618,5					
TOTAL	2,21					14 633		14,58	3	12 279,5					
En vacío	t_V	V_V	I_V	fp_V	P_{1V}	$3I_V^2 R$	P_{2V}	P_{3V}	4	9 007,1					
	2,21	206,4	9,0	0,55	1 763,7	0,89	1 762,8	1 480,7	5	1 225,0					
m_{AC}	m_{RC}	m_T	m_{TR}	m_M	m_6	m_7	m_8	$P_{3V} t_V$	6	0,0					
400	60	150	38	648	0,125	0,030	0,095	3 272,4	7	294,0					
X	0,7	t_{CAIDA}	0,72	V_{CAIDA}	1,944	$m v^2/2$	1225,0	η_{MP}	0,84	8	931,0				

Modelo	TROQUELADORA				Operación				10. DOBLAR			AWG	r	L	R
Elemento	t_i	V_i	I_i	fp_i	P_i	$P_i t_i$	$3I_i^2 R$	$3I_i^2 R t_i$	10 <td>0,00367</td> <td>3</td> <td>0,01101</td>	0,00367	3	0,01101			
A	1,01	206,4	13,2	0,71	3 350,3	3 384	1,92	1,94	Flujo	Valoración					
B	1,35	206,4	26,8	0,82	7 856,1	10 606	7,91	10,68	1	17 464,0					
C	1,97	206,4	9,0	0,55	1 763,7	3 474	0,89	1,75	2	17 449,6					
TOTAL	4,33					17 464		14,36	3	14 657,7					
En vacío	t_V	V_V	I_V	fp_V	P_{1V}	$3I_V^2 R$	P_{2V}	P_{3V}	4	8 246,1					
	4,33	206,4	9,0	0,55	1763,7	0,89	1 762,8	1 480,7	5	425,4					
m_{AC}	m_{RC}	m_T	m_{TR}	m_M	m_6	m_7	m_8	$P_{3V} t_V$	6	931,0					
400	60	150	35	645	0,095	0,0	0,095	6 411,5	7	0,0					
X	0,58	t_{CAIDA}	1,01	V_{CAIDA}	1,149	$m v^2/2$	425,4	η_{MP}	0,84	8	1 356,4				

Modelo	TROQUELADORA				Operación				11. SEMICERRAR			AWG	r	L	R
Elemento	t_i	V_i	I_i	fp_i	P_i	$P_i t_i$	$3I_i^2 R$	$3I_i^2 R t_i$	10 <td>0,00367</td> <td>3</td> <td>0,01101</td>	0,00367	3	0,01101			
A	1,02	206,4	13,4	0,71	3 401,1	3 469	1,98	2,02	Flujo	Valoración					
B	1,38	206,4	25,9	0,8	7 407,1	10 222	7,39	10,19	1	17 412,2					

**METODOLOGÍA PARA EL USO RACIONAL Y EFICIENTE DE LA ENERGÍA DESDE EL ENFOQUE EXERGÉTICO
EN INDUSTRIA CAUCHOS RECORD LTDA.**

ANEXO P. Cuantificación de los flujos de los modelos exergeticos.

C	2,11	206,4	9,0	0,55	1 763,7	3 721	0,89	1,87	2	17 398,1	
TOTAL	4,51					17 412		14,08	3	14 614,5	
En vacío	t _v	V _v	I _v	fp _v	P _{1v}	3I _v ² R	P _{2v}	P _{3v}	4	7 936,4	
	4,51	206,4	9,0	0,55	1 763,7	0,89	1 762,8	1 480,7	5	413,9	
m _{AC}	m _{RC}	m _T	m _{TR}	m _M		m ₆	m ₇	m ₈	P _{3v} t _v	6	1 356,4
400	60	150	30	640		0,095	0,0	0,095	6 678,1	7	0,0
X	0,58	t _{CAÍDA}	1,02	V _{CAÍDA}	1,137	mv ² /2	413,9	η _{IMP}	0,84	8	1 770,3

Modelo	TROQUELADORA				Operación				12. CERRAR			AWG	r	L	R	
Elemento	t _i	V _i	I _i	fp _i	P _i	P _i t _i	3I _i ² R	3I _i ² Rt _i	10	0,00367	3	0,01101				
A	1,03	206,4	13,4	0,71	3 401,1	3 503	1,98	2,04	Flujo			Valoración				
B	1,44	206,4	26,2	0,81	7 586,5	10 925	7,56	10,88	1			18 008,0				
C	2,03	206,4	9,0	0,55	1 763,7	3 580	0,89	1,80	2			17 993,3				
TOTAL	4,5					18 008		14,72	3			15 114,4				
En vacío	t _v	V _v	I _v	fp _v	P _{1v}	3I _v ² R	P _{2v}	P _{3v}	4			8 451,1				
	4,5	206,4	9,0	0,55	1 763,7	0,89	1 762,8	1 480,7	5			405,9				
m _{AC}	m _{RC}	m _T	m _{TR}	m _M		m ₆	m ₇	m ₈	P _{3v} t _v	6		1 770,3				
400	60	150	30	640		0,095	0,0	0,095	6 663,3	7		0,0				
X	0,58	t _{CAÍDA}	1,03	V _{CAÍDA}	1,126	mv ² /2	405,9	η _{IMP}	0,84	8		2 176,2				

Modelo:	TANQUES TRAT. QUÍ.				Operación:				13. DESENGRASAR			Flujo	Q	B
ρ _{GN}	V _c	m _{GN}	P _c	T _M	T ₀	m _a	c	T _e	T _a	1	349 137,9	229 159,3		
0,6	10	16,7	4,05E+7	873	300	65	4 186	373	298	2	17 662,2	3 567,3		
T _{OP}	t _U	k	R _{LI}	h _{LI}	A _M	A _{desp}	Δx	t _{OP}	t _D	3	17 648,6	3 566,1		
379	5,8	170	0,15	0,05	0,0707	0,0471	0,006	0,21	7,2	4	2 176,2	2 176,2		
e	σ	N _{PT}	N _P	Q _{Ca}	Q _C	Q _{RN}	B _{Ca}	B _C	B _{RN}	5	19 824,8	5 742,3		
0,72	5,67E-6	42	21	2,04E+7	69 696	11 733	4,13E+6	887	6 412					

Modelo:	TANQUES TRAT. QUÍ.				Operación:				14. FOSFORAR			Flujo	Q	B
ρ _{GN}	V _c	m _{GN}	P _c	T _M	T ₀	m _a	c	T _e	T _a	1	548 645,3	360 107,4		
0,6	10	16,7	4,05E+7	873	300	120	4 186	373	298	2	51 159,9	10 359,6		
T _{OP}	t _U	k	R _{LI}	h _{LI}	A _M	A _{desp}	Δx	t _{OP}	t _D	3	51 135,9	10 354,0		
379	5,8	170	0,17	0,04	0,0908	0,0427	0,01	0,33	7,2	4	19 824,8	5 742,3		
e	σ	N _{PT}	N _P	Q _{Ca}	Q _C	Q _{RN}	B _{Ca}	B _C	B _{RN}	5	70 960,7	16 096,3		
0,72	5,67E-6	42	21	3,77E+7	53712,7	37 612	7,63E+6	683,9	20 553,5					

Modelo		Operación				W _{HIDRÁULICO}	E _{TP}	B _{TP}
PRENSA		16. VULCANIZAR				146 072	221 175 661	50 401 931
m _{MP_C}	m _{MP_A1}	m _{MP_A2}	m _{MP_DC}		FLUJO	Q	B	
0,075	0,115	0,095	0,02		1	1 455 103,0	331 591,7	
m _{PF_}	Q _A	B _A	Q _C		2	127 358,4	26 804,9	
0,265	8 298,1	4 289,3	10 801,2		3	146 072,3	146 072,3	
B _C	Q _{MO}	B _{MO}	Q _{Mconv}		4	3 429,5	3 429,5	
1 133,9	29 697,9	6 224,5	77 804,2		5	22 815,8	22 815,8	
B _{Mconv}	Q _{MC}	B _{MC}	N _V		6	109 746,2	48 481,5	
15 081,3	115 078,1	11 521,8	38		7	70 960,7	16 096,3	
N _M	V _f	P _i	P _f		8	8 964,5	6 386,6	
4	0,03464	12 376 855,5	0,008		9	217 086,9	89 859,7	

INDUSTRIA CAUCHOS RECORD LTDA.



SOPORTE TRASERO MOTOR

Referencia: DOHZ - 6068 - B

UNIDADES

VALORACIÓN DE FLUJOS

Masa kg
Energía J
Exergía J

Modelo	TORNO				Operación		1. CORTAR				m ₉	m ₁₀	m ₁₁
Elemento	t _i	V _i	I _i	fp _i	P _i	P _{t_i}	3I _i ² R _L	P'	P ₂	P ₂ t _i	0,358	0,020	0,338
A	34,9	218,9	7,9	0,40	1 198,07	41 813	0,92	1 197,15	797,09	27 818	Flujo	Valoración	
	14,4	218,9	9,1	0,42	1 449,05	20 866	1,22	1 447,84	1 047,78	15 088	1	159 004,1	
C	32,7	218,9	10,5	0,52	2 070,08	67 691	1,62	2 068,46	1 668,40	54 557	2	116 513,6	
D	23,9	218,9	7,9	0,40	1 198,07	28 634	0,92	1 197,15	797,09	19 050	3	42 366,4	
TOTAL	105,9					159 004				116 514	4	99 036,5	
En vacío	t _v	V _v	I _v	fp _v	P _{1v}	3I _v ² R _L	P' _v	P _{2v}	P _{2v} t _v	B _{4v}	5	27 286,4	
	105,9	218,9	7,9	0,40	1 198,07	0,92	1197,15	797,09	84 412	71 750	6	42 364,0	
M_principal OFF	t _T	V _{1A}	I _{1A}	fp _{1A}	P _{1A}	3I _A ² R _L	P ₃	3I _A ² R _{L2}	P ₆	P ₆ t _T	7	34 738,5	
	105,9	220	1,5	0,7	400,09	0,03	400,06	0,02	400,04	42 364	8	34,9	
η _{MP}	0,85	η _{MB}	0,82	t _T	105,9	Conductor	AWG	r	L	R	9	0,0	
Δm _R	0,03	h	1	mgh	31,17	Principal	10	0,00367	4	0,01468	10	1 526,3	
Φ	0,005	v	1,53	m _R v ² /2	3,71	Bomba	14	0,00927	1	0,00927	11	25 795,0	

Modelo	TROQUELADORA				Operación		2. AMPLIAR Φ			AWG	r	L	R
Elemento	t _i	V _i	I _i	fp _i	P _i	P _{t_i}	3I _i ² R	3I _i ² R _{t_i}	10	0,00367	3	0,01101	
A	0,87	206,4	13,4	0,71	3401,1	2 959	1,98	1,72	Flujo	Valoración			
B	1,34	206,4	26,2	0,81	7586,5	10 166	7,56	10,13	1	15 823,3			
C	1,53	206,4	9,0	0,55	1763,7	2 698	0,89	1,36	2	15 810,1			
TOTAL	3,74					15 823		13,20	3	13 280,5			
En vacío	t _v	V _v	I _v	fp _v	P _{1v}	3I _v ² R	P _{2v}	P _{3v}	4	7 742,6			
	3,74	206,4	9,0	0,55	1 763,7	0,89	1 762,8	1 480,7	5	581,3			
m _{AC}	m _{RC}	m _T	m _{TR}	m _M		m ₆	m ₇	m ₈	P _{3v} t _v	6	25 795,0		
400	60	150	44	654		0,338	0,0	0,338	5 537,9	7	0,0		
X	0,58	t _{CAIDA}	0,87	V _{CAIDA}	1,333	m _v ² /2	581,3	η _{MP}	0,84	8	26 376,3		

Modelo	TORNO				Operación		3. CILINDRAR				m ₉	m ₁₀	m ₁₁
Elemento	t _i	V _i	I _i	fp _i	P _i	P _{t_i}	3I _i ² R _L	P'	P ₂	P ₂ t _i	0,338	0,045	0,293
A	36,4	218,9	7,9	0,40	1 198,07	43 610	0,92	1 197,15	797,09	29 014	Flujo	Valoración	
	15,5	218,9	9,1	0,42	1 449,05	22 460	1,22	1 447,84	1 047,78	16 241	1	178 238,9	
C	40,4	218,9	10,6	0,53	2 129,98	86 051	1,65	2 128,33	1 728,27	69 822	2	132 453,4	
D	21,8	218,9	7,9	0,40	1 198,07	26 118	0,92	1 197,15	797,09	17 377	3	45 646,8	
TOTAL	114,1					17 8239				132 453	4	112 585,4	
En vacío	t _v	V _v	I _v	fp _v	P _{1v}	3I _v ² R _L	P' _v	P _{2v}	P _{2v} t _v	B _{4v}	5	35 279,5	
	114,1	218,9	7,9	0,40	1 198,07	0,92	1 197,15	797,09	90 948	77 306	6	45 644,3	
M_principal OFF	t _T	V _{1A}	I _{1A}	fp _{1A}	P _{1A}	3I _A ² R _L	P ₃	3I _A ² R _{L2}	P ₆	P ₆ t _T	7	37 428,4	
	114,1	220	1,5	0,7	400,09	0,03	400,06	0,02	400,04	45 644	8	37,6	
η _{MP}	0,85	η _{MB}	0,82	t _T	114,1	Conductor	AWG	r	L	R	9	26 376,3	
Δm _R	0,03	h	1	mgh	33,58	Principal	10	0,00367	4	0,01468	10	8 213,6	
Φ	0,005	v	1,53	m _R v ² /2	4,00	Bomba	14	0,00927	1	0,00927	11	53 479,8	

Modelo	TORNO				Operación		4. CILINDRAR				m ₉	m ₁₀	m ₁₁
Elemento	t _i	V _i	I _i	fp _i	P _i	P _{t_i}	3I _i ² R _L	P'	P ₂	P ₂ t _i	0,293	0,157	0,136
A	33,0	218,8	7,9	0,40	1 197,52	39 518	0,92	1 196,60	796,54	26 286	Flujo	Valoración	
B	20,3	218,8	9,1	0,42	1 448,39	29 402	1,22	1 447,18	1 047,12	21 256	1	158 600,4	
C	28,8	218,8	10,4	0,52	2 049,42	59 023	1,59	2 047,84	1 647,78	47 456	2	115 389,9	
D	25,6	218,8	7,9	0,40	1 197,52	30 656	0,92	1 196,60	796,54	20 392	3	43 086,5	
TOTAL	107,7					158 600				115 390	4	98 081,4	
En vacío	t _v	V _v	I _v	fp _v	P _{1v}	3I _v ² R _L	P' _v	P _{2v}	P _{2v} t _v	B _{4v}	5	25 161,8	
	107,7	218,8	7,9	0,40	1 197,52	0,92	1 196,60	796,54	85 788	72 920	6	43 084,1	

METODOLOGÍA PARA EL USO RACIONAL Y EFICIENTE DE LA ENERGÍA DESDE EL ENFOQUE EXERGÉTICO EN INDUSTRIA CAUCHOS RECORD LTDA.

ANEXO P. Cuantificación de los flujos de los modelos exergeticos.

M_principal OFF	t_T	V_{1A}	I_{1A}	fp_{1A}	P_{1A}	$3I_A^2 R_L$	P_3	$3I^2 R_{L2}$	P_6	$P_6 t_T$	7	35 329,0
	107,7	220	1,5	0,7	400,09	0,03	400,06	0,02	400,04	43 084	8	35,5
η_{MP}	0,85	η_{MB}	0,82	t_T	107,7	Conductor	AWG	r	L	R	9	53 479,8
Δm_R	0,03	h	1	mgh	31,70	Principal	10	0,00367	4	0,01468	10	42 158,0
Φ	0,005	v	1,53	$m_R v^2/2$	3,77	Bomba	14	0,00927	1	0,00927	11	36 519,1

Modelo	TORNO				Operación				5. BISELAR				m_9	m_{10}	m_{11}
Elemento	t_i	V_i	I_i	fp_i	P_i	$P_i t_i$	$3I_i^2 R_L$	P'	P_2	$P_2 t_i$	B_{AV}	0,136	0,003	0,133	
A	25,3	218,8	7,9	0,40	1 197,52	30 297	0,92	1 196,60	796,54	20 153	Flujo	Valoración			
B	10,2	218,8	9,1	0,42	1 448,39	14 774	1,22	1 447,18	1 047,12	10 681	1	59 960,7			
C	1,6	218,8	10,2	0,51	1 971,36	3 154	1,53	1 969,83	1 569,77	2 512	2	41 150,9			
D	9,8	218,8	7,9	0,40	1 197,52	11 736	0,92	1 196,60	796,54	7 806	3	18 762,8			
TOTAL	46,9					59 961				41 151	4	34 978,3			
En vacío	t_v	V_v	I_v	fp_v	P_{1v}	$3I_v^2 R_L$	P'_v	P_{2v}	$P_{2v} t_v$	B_{AV}	5	3 224,1			
	46,9	218,8	7,9	0,40	1 197,52	0,92	1 196,60	796,54	37 358	31 754	6	18 761,8			
M_principal OFF	t_T	V_{1A}	I_{1A}	fp_{1A}	P_{1A}	$3I_A^2 R_L$	P_3	$3I^2 R_{L2}$	P_6	$P_6 t_T$	7	15 384,7			
	46,9	220	1,5	0,7	400,09	0,03	400,06	0,02	400,04	18 762	8	15,4			
η_{MP}	0,85	η_{MB}	0,82	t_T	46,9	Conductor	AWG	r	L	R	9	36 519,1			
Δm_R	0,03	h	1	mgh	13,80	Principal	10	0,00367	4	0,01468	10	877,0			
Φ	0,005	v	1,53	$m_R v^2/2$	1,64	Bomba	14	0,00927	1	0,00927	11	38 881,6			

Modelo	TORNO				Operación				6. BISELAR				m_9	m_{10}	m_{11}
Elemento	t_i	V_i	I_i	fp_i	P_i	$P_i t_i$	$3I_i^2 R_L$	P'	P_2	$P_2 t_i$	B_{AV}	0,133	0,003	0,130	
A	25,3	218,8	7,9	0,40	1 197,52	30 297	0,92	1 196,60	796,54	20 153	Flujo	Valoración			
B	9,7	218,8	9,1	0,42	1 448,39	14 049	1,22	1 447,18	1 047,12	10 157	1	58 158,7			
C	1,6	218,8	10,2	0,51	1 971,36	3 154	1,53	1 969,83	1 569,77	2 512	2	39 910,5			
D	8,9	218,8	7,9	0,40	1 197,52	10 658	0,92	1 196,60	796,54	7 089	3	18 202,7			
TOTAL	45,5					58 159				39 910	4	33 923,9			
En vacío	t_v	V_v	I_v	fp_v	P_{1v}	$3I_v^2 R_L$	P'_v	P_{2v}	$P_{2v} t_v$	B_{AV}	5	3 117,6			
	45,5	218,8	7,9	0,40	1 197,52	0,92	1 196,60	796,54	36 243	30 806	6	18 201,7			
M_principal OFF	t_T	V_{1A}	I_{1A}	fp_{1A}	P_{1A}	$3I_A^2 R_L$	P_3	$3I^2 R_{L2}$	P_6	$P_6 t_T$	7	14 925,4			
	45,5	220	1,5	0,7	400,09	0,03	400,06	0,02	400,04	18 202	8	15,0			
η_{MP}	0,85	η_{MB}	0,82	t_T	45,5	Conductor	AWG	r	L	R	9	38 881,6			
Δm_R	0,03	h	1	mgh	13,39	Principal	10	0,00367	4	0,01468	10	947,7			
Φ	0,005	v	1,53	$m_R v^2/2$	1,59	Bomba	14	0,00927	1	0,00927	11	41 066,5			

Modelo	TROQUELADORA				Operación				7. HACER FALDA				AWG	r	L	R
Elemento	t_i	V_i	I_i	fp_i	P_i	$P_i t_i$	$3I_i^2 R$	$I_i^2 R t_i$	10 <td>0,00367</td> <td>3</td> <td>0,01101</td>	0,00367	3	0,01101				
A	1,05	206,4	14,8	0,78	4 126,8	4 333	2,41	2,53	Flujo	Valoración						
B	1,48	206,4	28,0	0,85	8 508,1	12 592	8,63	12,78	1	21 210,9						
C	2,43	206,4	9,0	0,55	1 763,7	4 286	0,89	2,15	2	21 193,4						
TOTAL	4,96					21 211		17,46	3	17 802,5						
En vacío	t_v	V_v	I_v	fp_v	P_{1v}	$3I_v^2 R$	P_{2v}	P_{3v}	4	10 458,1						
	4,96	206,4	9,0	0,55	1 763,7	0,89	1 762,8	1 480,7	5	195,5						
m_{AC}	m_{RC}	m_T	m_{TR}	m_M	m_6	m_7	m_8	$P_{3v} t_v$	6	41 066,5						
400	60	150	31	641	0,130	0,0	0,130	7 344,4	7	0,0						
X	0,41	t_{CAIDA}	1,05	V_{CAIDA}	0,781	$m v^2/2$	195,5	η_{MP}	0,84	8	41 262,0					

Modelo:	TANQUES TRAT. QUÍ.				Operación:				8. DESENGRASAR			Flujo	Q	B
ρ_{GN}	V_C	m_{GN}	P_C	T_M	T_0	m_a	c	T_e	T_a	1	590 848,8	387 808,0		
0,6	10	16,7	4,05E+7	873	300	65	4186	373	298	2	29 890,7	6 037,4		
T_{OP}	t_U	k	R_{LI}	h_U	A_M	A_{desp}	Δx	t_{OP}	t_D	3	29 867,5	6 035,3		
379	5,8	170	0,15	0,05	0,0707	0,0471	0,006	0,22	7,2	4	41 262,0	41 262,0		
e	σ	N_{PT}	N_P	Q_{Ca}	Q_C	Q_{RN}	B_{Ca}	B_C	B_{RN}	5	71 129,5	47 297,3		
0,72	5,67E-6	26	13	2,04E+7	69696	12292	4,13E+6	887	6717					

Modelo:	TANQUES TRAT. QUÍ.				Operación:				9. FOSFORAR			Flujo	Q	B
ρ_{GN}	V_C	m_{GN}	P_C	T_M	T_0	m_a	c	T_e	T_a	1	1 154 840,8	757 988,3		
0,6	10	16,7	4,05E+7	873	300	120	4186	373	298	2	107 718,8	21 823,7		
T_{OP}	t_U	k	R_{LI}	h_U	A_M	A_{desp}	Δx	t_{OP}	t_D	3	107 661,8	21 808,4		
379	5,8	170	0,17	0,04	0,0908	0,0427	0,01	0,43	7,2	4	71 129,5	47 297,3		
e	σ	N_{PT}	N_P	Q_{Ca}	Q_C	Q_{RN}	B_{Ca}	B_C	B_{RN}	5	178 791,3	69 105,7		
0,72	5,67E-6	26	13	3,77E+7	53 712,7	49 010	7,63E+6	683,9	26 781,8					

METODOLOGÍA PARA EL USO RACIONAL Y EFICIENTE DE LA ENERGÍA DESDE EL ENFOQUE EXERGÉTICO EN INDUSTRIA CAUCHOS RECORD LTDA.

ANEXO P. Cuantificación de los flujos de los modelos exergéticos.

Modelo	TORNO				Operación			11. CORTAR				m ₉	m ₁₀	m ₁₁
Elemento	t _i	V _i	I _i	fp _i	P _i	P _{t_i}	3I _i ² R _L	P'	P ₂	P _{2t_i}	0,365	0,012	0,353	
A	32,9	218,8	7,9	0,40	1 197,52	39 398	0,92	1 196,60	796,54	26 206	Flujo	Valoración		
	14,1	218,8	9,1	0,42	1 448,39	20 422	1,22	1 447,18	1 047,12	14 764	1	145 627,4		
C	30,3	218,8	10,5	0,52	2 069,13	62 695	1,62	2 067,51	1 667,45	50 524	2	106 867,7		
D	19,3	218,8	7,9	0,40	1 197,52	23 112	0,92	1 196,60	796,54	15 373	3	38 645,8		
TOTAL	96,6					145 627				106 868	4	90 837,6		
En vacío	t _v	V _v	I _v	fp _v	P _{1v}	3I _v ² R _L	P' _v	P _{2v}	P _{2vt_v}	B _{4v}	5	25 433,4		
	96,6	218,8	7,9	0,40	1 197,52	0,92	1 196,60	796,54	76 946	65 404	6	38 643,7		
M_principal OFF	t _T	V _{1A}	I _{1A}	fp _{1A}	P _{1A}	3I _{1A} ² R _L	P ₃	3I _{1A} ² R _{L2}	P ₆	P _{6t_T}	7	31 687,8		
	96,6	220	1,5	0,7	400,09	0,03	400,06	0,02	400,04	38 644	8	31,8		
η _{MP}	0,85	η _{MB}	0,82	t _T	96,6	Conductor	AWG	r	L	R	9	0,0		
Δm _R	0,03	h	1	mgh	28,43	Principal	10	0,00367	4	0,01468	10	841,8		
Φ	0,005	v	1,53	m _R v ² /2	3,38	Bomba	14	0,00927	1	0,00927	11	24 623,4		

Modelo	TROQUELADORA				Operación			12. REDUCIR Φ			AWG	r	L	R
Elemento	t _i	V _i	I _i	fp _i	P _i	P _{t_i}	3I _i ² R	3I _i ² R _{t_i}	10	0,00367	3	0,01101		
A	0,84	206,4	15,1	0,79	4 264,4	3 582	2,51	2,11	Flujo	Valoración				
B	1,32	206,4	29,9	0,85	9 085,5	11 993	9,84	12,99	1	19 014,1				
C	1,95	206,4	9,0	0,55	1 763,7	3 439	0,89	1,73	2	18 997,2				
TOTAL	4,11					19 014		16,83	3	15 957,7				
En vacío	t _v	V _v	I _v	fp _v	P _{1v}	3I _v ² R	P _{2v}	P _{3v}	4	9 871,9				
	4,11	206,4	9,0	0,55	1 763,7	0,89	1 762,8	1 480,7	5	309,7				
m _{AC}	m _{RC}	m _T	m _{TR}	m _M	m ₆	m ₇	m ₈	P _{3vt_v}	6	24 623,4				
400	60	150	40	650	351	0	351	6 085,8	7	0,0				
X	0,4	t _{CAIDA}	0,84	V _{CAIDA}	0,976	mv ² /2	309,7	η _{MP}	0,84	8	24 933,1			

Modelo	TORNO				Operación			13. CILINDRAR				m ₉	m ₁₀	m ₁₁
Elemento	t _i	V _i	I _i	fp _i	P _i	P _{t_i}	3I _i ² R _L	P'	P ₂	P _{2t_i}	0,351	0,152	0,199	
A	36,1	218,8	7,9	0,40	1 197,52	43 230	0,92	1 196,60	796,54	28 755	Flujo	Valoración		
B	18,6	218,8	9,1	0,42	1 448,39	26 940	1,22	1 447,18	1 047,12	19 476	1	196 855,8		
C	43,0	218,8	10,8	0,53	2 169,18	93 275	1,71	2 167,46	1 767,40	75 998	2	146 453,6		
D	27,9	218,8	7,9	0,40	1 197,52	33 411	0,92	1 196,60	796,54	22 224	3	50 247,5		
TOTAL	125,6					196 856				146 454	4	124 485,5		
En vacío	t _v	V _v	I _v	fp _v	P _{1v}	3I _v ² R _L	P' _v	P _{2v}	P _{2vt_v}	B _{4v}	5	39 446,5		
	125,6	218,8	7,9	0,40	11 97,52	0,92	1 196,60	796,54	100 046	85 039	6	50 244,8		
M_principal OFF	t _T	V _{1A}	I _{1A}	fp _{1A}	P _{1A}	3I _{1A} ² R _L	P ₃	3I _{1A} ² R _{L2}	P ₆	P _{6t_T}	7	41 200,7		
	125,6	220	1,5	0,7	400,09	0,03	400,06	0,02	400,04	50 245	8	41,4		
η _{MP}	0,85	η _{MB}	0,82	t _T	125,6	Conductor	AWG	r	L	R	9	24 933,1		
Δm _R	0,03	h	1	mgh	36,96	Principal	10	0,00367	4	0,01468	10	27 897,4		
Φ	0,005	v	1,53	m _R v ² /2	4,40	Bomba	14	0,00927	1	0,00927	11	36 523,6		

Modelo	TORNO				Operación			14. CILINDRAR				m ₉	m ₁₀	m ₁₁
Elemento	t _i	V _i	I _i	fp _i	P _i	P _{t_i}	3I _i ² R _L	P'	P ₂	P _{2t_i}	0,199	0,092	0,107	
A	33,1	218,8	7,9	0,40	1 197,52	39 638	0,92	1 196,60	796,54	26 366	Flujo	Valoración		
B	16,3	218,8	9,1	0,42	1 448,39	23 609	1,22	1 447,18	1 047,12	17 068	1	167 050,9		
C	32,3	218,8	10,5	0,53	2 108,92	68 118	1,62	2 107,30	1 707,24	55 144	2	122 314,6		
D	29,8	218,8	7,9	0,40	1 197,52	35 686	0,92	1 196,60	796,54	23 737	3	44 606,7		
TOTAL	111,5					167 051				122 315	4	103 967,4		
En vacío	t _v	V _v	I _v	fp _v	P _{1v}	3I _v ² R _L	P' _v	P _{2v}	P _{2vt_v}	B _{4v}	5	28 475,0		
	111,5	218,8	7,9	0,40	1 197,52	0,92	1 196,60	796,54	88 815	75 492	6	44 604,2		
M_principal OFF	t _T	V _{1A}	I _{1A}	fp _{1A}	P _{1A}	3I _{1A} ² R _L	P ₃	3I _{1A} ² R _{L2}	P ₆	P _{6t_T}	7	36 575,5		
	111,5	220	1,5	0,7	400,09	0,03	400,06	0,02	400,04	44 604	8	36,7		
η _{MP}	0,85	η _{MB}	0,82	t _T	111,5	Conductor	AWG	r	L	R	9	36 523,6		
Δm _R	0,03	h	1	mgh	32,81	Principal	10	0,00367	4	0,01468	10	30 066,6		
Φ	0,005	v	1,53	m _R v ² /2	3,90	Bomba	14	0,00927	1	0,00927	11	34 968,7		

Modelo	TORNO				Operación			15. BISELAR				m ₉	m ₁₀	m ₁₁
Elemento	t _i	V _i	I _i	fp _i	P _i	P _{t_i}	3I _i ² R _L	P'	P ₂	P _{2t_i}	0,107	0,003	0,104	
A	36,2	218,8	7,9	0,40	1 197,52	43 350	0,92	1 196,60	796,54	28 835	Flujo	Valoración		
B	14,2	218,8	9,1	0,42	1 448,39	20 567	1,22	1 447,18	1 047,12	14 869	1	85 107,5		
C	1,4	218,8	10,2	0,53	2 048,67	2 868	1,53	2 047,14	1 647,08	2 306	2	58 197,0		
D	15,3	218,8	7,9	0,40	1 197,52	18 322	0,92	1 196,60	796,54	12 187	3	26 844,0		
TOTAL	67,1					85 107				58 197	4	49 467,4		

**METODOLOGÍA PARA EL USO RACIONAL Y EFICIENTE DE LA ENERGÍA DESDE EL ENFOQUE EXERGÉTICO
EN INDUSTRIA CAUCHOS RECORD LTDA.**

ANEXO P. Cuantificación de los flujos de los modelos exergéticos.

En vacío	t_v	V_v	I_v	fp_v	P_{1v}	$3I_v^2 R_L$	P'_v	P_{2v}	$P_{2v} t_v$	B_{4v}	5	4 036,6
	67,1	218,8	7,9	0,40	1 197,52	0,92	1 196,60	796,54	53 448	45 431	6	26 842,6
M_principal OFF	t_T	V_{1A}	I_{1A}	fp_{1A}	P_{1A}	$3I_{1A}^2 R_L$	P_3	$3I_{1A}^2 R_{L2}$	P_6	$P_6 t_T$	7	22 010,9
	67,1	220	1,5	0,7	400,09	0,03	400,06	0,02	400,04	26 843	8	22,1
η_{MP}	0,85	η_{MB}	0,82	t_T	67,1	Conductor	AWG	r	L	R	9	34 968,7
Δm_R	0,03	h	1	mgh	19,75	Principal	10	0,00367	4	0,01468	10	1 094,2
Φ	0,005	v	1,53	$m_R v^2/2$	2,35	Bomba	14	0,00927	1	0,00927	11	37 933,1

Modelo	TROQUELADORA			Operación		16. HACER FALDA			AWG	r	L	R
Elemento	t_i	V_i	I_i	fp_i	P_i	$P_i t_i$	$3I_i^2 R$	$3I_i^2 R t_i$	10	0,00367	3	0,01101
A	1,07	206,4	15,1	0,79	4 264,4	4 563	2,51	2,69	Flujo	Valoración		
B	1,52	206,4	29,9	0,85	9 085,5	13 810	9,84	14,96	1	22 446,9		
C	2,31	206,4	9,0	0,55	1 763,7	4 074	0,89	2,05	2	22 427,2		
TOTAL	4,9					22 447		19,69	3	18 838,5		
En vacío	t_v	V_v	I_v	fp_v	P_{1v}	$3I_v^2 R$	P_{2v}	P_{3v}	4	11 583,3		
	4,9	206,4	9,0	0,55	1 763,7	0,89	1 762,8	1 480,7	5	192,3		
m_{AC}	m_{RC}	m_T	m_{TR}	m_M		m_6	m_7	m_8	$P_{3v} t_v$	6	37 933,1	
400	60	150	45	655		0,104	0,0	0,104	7 255,5	7	0,0	
X	0,41	t_{CAIDA}	1,07	V_{CAIDA}	0,766	$mv^2/2$	192,3	η_{MP}	0,84	8	38 125,4	

Modelo:	TANQUES TRAT. QUÍ.				Operación:				17. DESENGRASAR			Flujo	Q	B
ρ_{GN}	V_C	m_{GN}	P_C	T_M	T_0	m_a	c	T_e	T_a	1	590 848,8	387 808,0		
0,6	10	16,7	4,05E+7	873	300	65	4 186	373	298	2	29 890,7	6 037,4		
T_{OP}	t_U	k	R_{LI}	h_{LI}	A_M	A_{desp}	Δx	t_{OP}	t_D	3	29 867,5	6 035,3		
379	5,8	170	0,15	0,05	0,0707	0,0471	0,006	0,22	7,2	4	38 125,4	38 125,4		
e	σ	N_{PT}	N_P	Q_{Ca}	Q_C	Q_{RN}	B_{Ca}	B_C	B_{RN}	5	67 992,9	44 160,7		
0,72	5,67E-6	26	13	2,04E+7	69 696	12 292	4,13E+6	887	6 717					

Modelo:	TANQUES TRAT. QUÍ.				Operación:				18. FOSFORAR			Flujo	Q	B
ρ_{GN}	V_C	m_{GN}	P_C	T_M	T_0	m_a	c	T_e	T_a	1	1 154 840,8	757 988,3		
0,6	10	16,7	4,05E+7	873	300	120	4 186	373	298	2	107 718,8	21 823,7		
T_{OP}	t_U	k	R_{LI}	h_{LI}	A_M	A_{desp}	Δx	t_{OP}	t_D	3	107 661,8	21 808,4		
379	5,8	170	0,17	0,04	0,0908	0,0427	0,01	0,43	7,2	4	67 992,9	44 160,7		
e	σ	N_{PT}	N_P	Q_{Ca}	Q_C	Q_{RN}	B_{Ca}	B_C	B_{RN}	5	175 654,7	65 969,1		
0,72	5,67E-6	26	13	3,77E+7	53 712,7	49 010	7,63E+6	683,9	26 781,8					

Modelo	Operación				$W_{HIDRÁULICO}$	E_{TP}	B_{TP}
PRENSA	20. VULCANIZAR				318 515	165 785 843	36 506 997
m_{MP_C}	m_{MP_A1}	m_{MP_A2}	m_{MP_DC}	FLUJO	Q	B	
0,145	0,13	0,104	0,025	1	3 453 871,7	760 562,4	
m_{PF}	Q_A	B_A	Q_C	2	258 771,6	51 769,3	
0,354	9 221,5	4 713,5	21 103,7	3	318 515,1	318 515,1	
B_C	Q_{MO}	B_{MO}	Q_{Mconv}	4	3 911,9	3 911,9	
2 234,9	50 447,4	10 752,6	173 112,9	5	44 110,5	44 110,5	
B_{Mconv}	Q_{MC}	B_{MC}	N_v	6	178 791,3	69 105,7	
33 561,0	234 527,2	24 351,4	24	7	175 654,7	65 969,1	
N_M	V_f	P_i	P_f	8	11 243,8	7 990,6	
2	0,03142	20 753 348	0,006	9	421 549,8	182 055,0	

INDUSTRIA CAUCHOS RECORD LTDA.



SOPORTE IZQUIERDO MOTOR R4/R6

Referencia: 7700527555

UNIDADES

VALORACIÓN DE FLUJOS

Masa	kg
Energía	J
Exergía	J

Modelo	TROQUELADORA			Operación		1. CORTAR			AWG	r	L	R	
Elemento	t _i	V _i	I _i	fp _i	P _i	P _{1t}	3I ₁ ² R	3I ₁ ² Rt _i	10	0,00367	3	0,01101	
A	0,67	206,4	18,4	0,84	5 525,3	3 702	3,73	2,50	Flujo	Valoración			
B	0,99	206,4	32,3	0,86	9 930,2	9 831	11,49	11,37	1	14 255,9			
C	0,41	206,4	9,0	0,55	1 763,7	723	0,89	0,36	2	14 241,7			
TOTAL	2,07					14 256		14,23	3	11 963,0			
En vacío	t _v	V _v	I _v	fp _v	P _{1v}	3I _v ² R	P _{2v}	P _{3v}	4	8 897,9			
	2,07	206,4	9,0	0,55	1 763,7	0,89	1 762,8	1 480,7	5	1 684,1			
m _{AC}	m _{RC}	m _T	m _{TR}	m _M	m ₆	m ₇	m ₈	P _{3v} t _v	6	0,0			
400	60	150	62	672	0,262	0,073	0,189	3 065,1	7	469,2			
X	0,75	t _{CAIDA}	0,67	V _{CAIDA}	2,239	mv ² /2	1 684,1	η _{MP}	0,84	8	1 214,9		

Modelo	TROQUELADORA			Operación		2. DOBLAR			AWG	r	L	R	
Elemento	t _i	V _i	I _i	fp _i	P _i	P _{1t}	3I ₁ ² R	3I ₁ ² Rt _i	10	0,00367	3	0,01101	
A	0,98	206,4	15,8	0,78	4 405,6	4 318	2,75	2,69	Flujo	Valoración			
B	1,43	206,4	30,7	0,85	9 328,6	13 340	10,38	14,84	1	21 255,2			
C	2,04	206,4	9,0	0,55	1 763,7	3 598	0,89	1,81	2	21 235,9			
TOTAL	4,45					21 255		19,34	3	17 838,1			
En vacío	t _v	V _v	I _v	fp _v	P _{1v}	3I _v ² R	P _{2v}	P _{3v}	4	11 248,9			
	4,45	206,4	9,0	0,55	1 763,7	0,89	1 762,8	1 480,7	5	336,8			
m _A	m _B	m _C	m _D	m _E	m _T	m ₆	m ₇	m ₈	P _{3v} t _v	6	1 214,9		
400	60	150	37	647	0,189	0,0	0,189	6 589,2	7	0,0			
X	0,5	t _{CAIDA}	0,98	V _{CAIDA}	1,020	mv ² /2	336,8	η _{MP}	0,84	8	1 551,7		

Modelo	TROQUELADORA			Operación		3. PERFORAR			AWG	r	L	R	
Elemento	t _i	V _i	I _i	fp _i	P _i	P _{1t}	3I ₁ ² R	3I ₁ ² Rt _i	10	0,00367	3	0,01101	
A	0,94	206,4	14,0	0,73	3 653,5	3 434	2,16	2,03	Flujo	Valoración			
B	1,49	206,4	28,1	0,85	8 538,5	12 722	8,69	12,95	1	18 414,2			
C	1,28	206,4	9,0	0,55	1 763,7	2 257	0,89	1,13	2	18 398,0			
TOTAL	3,71					18 414		16,12	3	15 454,4			
En vacío	t _v	V _v	I _v	fp _v	P _{1v}	3I _v ² R	P _{2v}	P _{3v}	4	9 960,9			
	3,71	206,4	9,0	0,55	1 763,7	0,89	1 762,8	1 480,7	5	365,0			
m _{AC}	m _{RC}	m _T	m _{TR}	m _M	m ₆	m ₇	m ₈	P _{3v} t _v	6	1 551,7			
400	60	150	35	645	0,189	0,003	0,186	5 493,5	7	30,4			
X	0,5	t _{CAIDA}	0,94	V _{CAIDA}	1,064	mv ² /2	365,0	η _{MP}	0,84	8	1 886,3		

Modelo:	TANQUES TRAT. QUÍ.			Operación:		4. DESENGRASAR			Flujo	Q	B	
ρ _{GN}	V _C	m _{GN}	P _C	T _M	T ₀	m _a	c	T _e	T _a	1	418 965,5	274 991,1
0,6	10	16,7	4,05E+7	873	300	65	4 186	373	298	2	21 192,9	4 279,8
T _{OP}	t _U	k	R _{LI}	h _U	A _M	A _{desp}	Δx	t _{OP}	t _D	3	21 176,9	4 278,5
379	5,8	170	0,15	0,05	0,0707	0,0471	0,006	0,18	7,2	4	1 886,3	1 886,3
e	σ	N _{PT}	N _p	Q _{Ca}	Q _C	Q _{RN}	B _{Ca}	B _C	B _{RN}	5	23 063,2	6 164,8
0,72	5,67E-6	30	15	2,04E+7	69 696	10 057	4,13E+6	887	5 496			

Modelo:	CINCADORA			Operación:		5. CINCADO			Flujo	E	B
t _{OPER}	V ₁	I ₁	cosφ ₁	P ₁	P _{1t}	3I ₁ ² R	P ₂	P _{2t}	1	246 549,8	246 549,8
10 min	214,9	55,2	0,6	12 327,49	7 396 494	7,140677	12 320,35	7 392 209	2	246 407,0	246 407,0
AWG	r	L	R	V _{DC}	I _{DC}	P _{DC}	P _{DCt}	N _p	3	160 000,0	160 000,0
2	0,000586	4	0,002343		40	8 000	4 800 000	30	4	23 063,2	6 164,8
									5	183 063,2	166 164,8

**METODOLOGÍA PARA EL USO RACIONAL Y EFICIENTE DE LA ENERGÍA DESDE EL ENFOQUE EXERGÉTICO
EN INDUSTRIA CAUCHOS RECORD LTDA.**

ANEXO P. Cuantificación de los flujos de los modelos exergéticos.

Modelo	TROQUELADORA			Operación		6. CORTAR			AWG	r	L	R
Elemento	t _i	V _i	I _i	fp _i	P _i	P _i t _i	3I _i ² R	3I _i ² Rt _i	10	0,00367	3	0,01101
A	0,72	206,4	18,6	0,78	5 186,4	3 734	3,81	2,74	Flujo	Valoración		
B	1,09	206,4	31,1	0,86	9 561,3	10 422	10,65	11,61	1	14 949,6		
C	0,45	206,4	9,0	0,55	1 763,7	794	0,89	0,40	2	14 934,9		
TOTAL	2,26					14 950		14,75	3	12 545,3		
En vacío	t _v	V _v	I _v	fp _v	P _{1v}	3I _v ² R	P _{2v}	P _{3v}	4	9 198,9		
	2,26	206,4	9,0	0,55	1 763,7	0,89	1 762,8	1 480,7	5	1 464,8		
m _{AC}	m _{RC}	m _T	m _{TR}	m _M	m ₆	m ₇	m ₈	P _{3v} t _v	6	0,0		
400	60	150	65			0,247	0,079	0,168	7	468,5		
X	0,75	t _{CAÍDA}	0,72	V _{CAÍDA}	2,083	mv ² /2	1 464,8	η _{IMP}	0,84	996,3		

Modelo	TROQUELADORA			Operación		7. DOBLAR			AWG	r	L	R
Elemento	t _i	V _i	I _i	fp _i	P _i	P _i t _i	3I _i ² R	3I _i ² Rt _i	10	0,00367	3	0,01101
A	0,95	206,4	15,5	0,73	4 044,9	3 843	2,65	2,51	Flujo	Valoración		
B	1,38	206,4	28,0	0,85	8 508,1	11 741	8,63	11,91	1	19 411,0		
C	2,17	206,4	9,0	0,55	1 763,7	3 827	0,89	1,92	2	19 394,7		
TOTAL	4,5					19 411		16,35	3	16 291,5		
En vacío	t _v	V _v	I _v	fp _v	P _{1v}	3I _v ² R	P _{2v}	P _{3v}	4	9 628,3		
	4,5	206,4	9,0	0,55	1 763,7	0,89	1 762,8	1 480,7	5	360,1		
m _{AC}	m _{RC}	m _T	m _{TR}	m _M	m ₆	m ₇	m ₈	P _{3v} t _v	6	996,3		
400	60	150	40	650		0,168	0,0	0,168	7	0,0		
X	0,5	t _{CAÍDA}	0,95	V _{CAÍDA}	1,053	mv ² /2	360,1	η _{IMP}	0,84	1 356,4		

Modelo	TROQUELADORA			Operación		8. PERFORAR			AWG	r	L	R
Elemento	t _i	V _i	I _i	fp _i	P _i	P _i t _i	3I _i ² R	3I _i ² Rt _i	10	0,00367	3	0,01101
A	1,01	206,4	17,5	0,77	4 817,1	4 865	3,37	3,41	Flujo	Valoración		
B	1,62	206,4	29,1	0,85	8 842,4	14 325	9,32	15,10	1	21 465,1		
C	1,29	206,4	9,0	0,55	1 763,7	2 275	0,89	1,14	2	21 445,4		
TOTAL	3,92					21 465		19,65	3	18 014,1		
En vacío	t _v	V _v	I _v	fp _v	P _{1v}	3I _v ² R	P _{2v}	P _{3v}	4	12 209,7		
	3,92	206,4	9,0	0,55	1 763,7	0,89	1 762,8	1 480,7	5	315,2		
m _{AC}	m _{RC}	m _T	m _{TR}	m _M	m ₆	m ₇	m ₈	P _{3v} t _v	6	1 356,4		
400	60	150	33	643		0,168	0,004	0,164	7	39,8		
X	0,5	t _{CAÍDA}	1,01	V _{CAÍDA}	0,990	mv ² /2	315,2	η _{IMP}	0,84	1 631,8		

Modelo:	TANQUES TRAT. QUÍ.				Operación:		9. DESENGRASAR			Flujo	Q	B
ρ _{GN}	V _C	m _{GN}	P _C	T _M	T _O	m _a	c	T _e	T _a	1	442 241,4	290 268,4
0,6	10	16,7	4,05E+7	873	300	65	4 186	373	298	2	22 370,9	4 517,9
T _{OP}	t _U	k	R _U	h _U	A _M	A _{desp}	Δx	t _{OP}	t _D	3	22 353,9	4 516,5
379	5,8	170	0,15	0,05	0,0707	0,0471	0,006	0,19	7,2	4	1 631,8	1 631,8
e	σ	N _{PT}	N _P	Q _{Ca}	Q _C	Q _{RN}	B _{Ca}	B _C	B _{RN}	5	23 985,7	6 148,3
0,72	5,67E-6	30	15	2,04E+7	69 696	10 615	4,13E+6	887	5 801			

Modelo:	CINCADORA			Operación:		10. CINCADO			Flujo	E	B
t _{OPER}	V ₁	I ₁	cosφ ₁	P ₁	P _{1t}	3I ₁ ² R	P ₂	P _{2t}	1	203 288,7	203 288,7
10 min	214,9	53,1	0,61	11 858,51	7 115 105	6,6077	11 851,9	7 111 141	2	203 175,4	203 175,4
AWG	r	L	R	V _{DC}	I _{DC}	P _{DC}	P _{DCt}	N _P	3	130 285,7	130 285,7
2	0,000586	4	0,002343		59	11 800	7 080 000	35	4	23 985,7	6 148,3
									5	154 271,4	136 434,0

Modelo	Operación				W _{HIDRÁULICO}	E _{TP}	B _{TP}
PRENSA		11. VULCANIZAR		225 646	151 138 591	38 278 115	
m _{MP_C}	m _{MP_A1}	m _{MP_A2}	m _{MP_DC}	FLUJO	Q	B	
0,08	0,186	0,164	0,02	1	3 285 621,5	832 132,9	
m _{PF_}	Q _A	B _A	Q _C	2	257 060,6	54 366,5	
0,41	13 813,6	7 336,7	12 116,1	3	225 645,8	225 645,8	
B _C	Q _{MO}	B _{MO}	Q _{Mconv}	4	2 507,2	2 507,2	
1 325,9	43 861,1	9 471,0	182 382,3	5	24 336,8	24 336,8	
B _{Mconv}	Q _{MC}	B _{MC}	N _V	6	183 063,2	166 164,8	
35 713,7	224 826,9	23 886,3	23	7	154 271,4	136 434,0	
N _M	V _f	P _i	P _f	8	9 113,2	6 415,7	
2	0,03142	15 961 462	0,005	9	380 995,1	331 689,8	

METODOLOGÍA PARA EL USO RACIONAL Y EFICIENTE DE LA ENERGÍA DESDE EL ENFOQUE EXERGÉTICO
EN INDUSTRIA CAUCHOS RECORD LTDA.

ANEXO P. Cuantificación de los flujos de los modelos exergéticos.

INDUSTRIA CAUCHOS RECORD LTDA.



KODIAK

Referencia: RB - 135

UNIDADES

VALORACIÓN DE FLUJOS

Masa	kg
Energía	J
Exergía	J

Modelo	CORTADORA				Operación		1. CORTADO (6 Piezas)				Flujo	J (1 Pieza)	
Elemento	t_i	V_i	l_i	fp_i	P_i	P_{t_i}	$3I_i^2 R_L$	P'	P_2	P_{2t_i}			
A	1,31	202,1	2,48	0,4	347,2	454,9	0,040	347,2	187,2	245,2	1	5 247,5	
B	68,72	202,1	2,58	0,5	451,5	31 030,4	0,043	451,5	291,5	20 029,7	2	3 379,1	
TOTAL	70,03					31 485,3				20 274,9	3	1 867,9	
Valores nominales	t_T	V_3	l_3	fp_3	P_3	P_{3T}		m_8	m_9	m_{10}	4	2 635,7	
	70,03	220	0,6	0,7	160,0	11 207,4		0,591	0,029	0,562	5	931,8	
En vacío	t_T	V_V	l_V	fp_V	P_{1V}	$3I_V^2 R_L$	P_{2V}	P_{4V}	B_{4V}		6	1 326,6	
	70,03	202,1	2,48	0,4	347,2	0,040	347,2	270,8	18 965,1		7	11,1	
AWG	r	L	R	h	Δm_R	Φ	v	$m_R v^2/2$	mgh	η_{MP}	η_{MB}	8	0,0
12	0,0058	1,1	0,0064	0,8	0,04	0,003	5,659	44,851	21,984	0,78	0,71	9	60,6
												10	1 174,0

Modelo	TORNO				Operación		2. CORTAR				m_9	m_{10}	m_{11}
Elemento	t_i	V_i	l_i	fp_i	P_i	P_{t_i}	$3I_i^2 R_L$	P'	P_2	P_{2t_i}	0,562	0,012	0,550
A	29,2	220,5	7,9	0,40	1 206,82	35 239	0,92	1 205,90	805,85	23 531	Flujo		Valoración
B	15,7	220,5	9,1	0,42	1 459,64	22 916	1,22	1 458,42	1 058,33	16 623	1		164 709,7
C	35,3	220,5	10,5	0,52	2 085,21	73 608	1,62	2 083,59	1 685,15	59 486	2		121 664,6
D	27,3	220,5	7,9	0,40	1 206,82	32 946	0,92	1 205,90	805,85	22 025	3		43 006,5
TOTAL	107,5					164 710				121 665	4		103 414,9
En vacío	t_V	V_V	l_V	fp_V	P_{1V}	$l_V^2 R_L$	P'_V	P_{2V}	P_{2Vt_V}	B_{4V}	5		29 780,5
	107,5	220,5	7,9	0,40	1 206,82	0,92	1 205,90	805,85	86 629	73 634	6		43 004,1
M_principal OFF	t_T	V_{1A}	l_{1A}	fp_{1A}	P_{1A}	$3I_{1A}^2 R_L$	P_3	$3I^2 R_{L2}$	P_6	P_{6t_T}	7		35 263,4
	107,5	220	1,5	0,7	400,09	0,03	400,06	0,02	400,04	43 004,1	8		35,4
η_{MP}	0,85	η_{MB}	0,82	t_T	107,5	Conductor	AWG	r	L	R	9		1 174,0
Δm_R	0,03	h	1	mgh	31,64	Principal	10	0,00367	4	0,01468	10		661,7
Φ	0,005	v	1,53	$m_R v^2/2$	3,76	Bomba	14	0,00927	1	0,00927	11		30 328,2

Modelo	TROQUELADORA				Operación		3. DOBLAR		AWG	r	L	R
Elemento	t_i	V_i	l_i	fp_i	P_i	P_{t_i}	$3I_i^2 R$	$3I_i^2 R_{t_i}$	10	0,00367	3,0	0,01101
A	0,91	203,1	13,8	0,67	3 252,5	2 960	2,10	1,91	Flujo			Valoración
B	1,43	203,1	23,2	0,84	6 855,3	9 803	5,93	8,47	1			16 424,6
C	2,11	203,1	9,0	0,55	1 735,5	3 662	0,89	1,87	2			16 412,3
TOTAL	4,45					16 425		12,25	3			13 786,4
En vacío	t_V	V_V	l_V	fp_V	P_{1V}	$3I_V^2 R$	P_{2V}	P_{3V}	4			7 302,6
	4,45	203,1	9,0	0,55	1 735,5	0,89	1 734,6	1 457,0	5			255,0
m_{AC}	m_{RC}	m_T	m_{TR}	m_M		m_6	m_7	m_8	P_{3Vt_V}	6		30 328,2
400	60	150	50	660		0,550	0,0	0,550	6 483,8	7		0,0
X	0,4	t_{CAIDA}	0,91	V_{CAIDA}	0,879	$mv^2/2$	255,0	η_{MP}	0,84	8		30 583,2

Modelo	TORNO				Operación		4. CILINDRADO				m_9	m_{10}	m_{11}
Elemento	t_i	V_i	l_i	fp_i	P_i	P_{t_i}	$3I_i^2 R_L$	P'	P_2	P_{2t_i}	0,550	0,363	0,187
A	31,2	220,4	7,9	0,40	1 206,28	37 636	0,92	1 205,36	805,30	25 125	FLUJO		Valoración
B	21,2	220,4	9,1	0,42	1 458,98	30 930	1,22	1 457,77	1 057,71	22 423	1		345 969,8
C	40,6	220,4	11,8	0,58	2 612,58	106 071	2,04	2 610,54	2 210,48	89 745	2		271 807,3
D	16	220,4	9,1	0,42	1 458,98	23 344	1,22	1 457,77	1 057,71	16 923	3		73891,1
E	40,3	220,4	11,8	0,58	2 612,58	105 287	2,04	2 610,54	2 210,48	89 082	4		231 036,2
F	35,4	220,4	7,9	0,40	1 206,28	42 702	0,92	1 205,36	805,30	28 508	5		104 608,0
TOTAL	184,7					345 970				271 807	6		73 887,0
En vacío	t_V	V_V	l_V	fp_V	P_{1V}	$3I_V^2 R_L$	P'_V	P_{2V}	P_{2Vt_V}	B_{4V}	7		60 587,4

METODOLOGÍA PARA EL USO RACIONAL Y EFICIENTE DE LA ENERGÍA DESDE EL ENFOQUE EXERGÉTICO EN INDUSTRIA CAUCHOS RECORD LTDA.

ANEXO P. Cuantificación de los flujos de los modelos exergéticos.

	184,7	220,4	7,9	0,40	1 206,28	0,92	1 205,36	805,30	148 739	126 428	8	60,8
M_principal OFF	t_T	V_{1A}	I_{1A}	fp_{1A}	P_{1A}	$3I_{1A}^2 R_L$	P_3	$3I_1^2 R_{L2}$	P_6	$P_6 t_T$	9	30 583,2
	184,7	220	1,5	0,7	400,09	0,03	400,06	0,02	400,04	73 887,0	10	89 266,3
η_{MP}	0,85	η_{MB}	0,82	t_T	184,7	Conductor	AWG	r	L	R	11	45 985,7
Δm_R	0,03	h	1	mgh	54,36	Principal	10	0,00367	4	0,01468		
Φ	0,005	v	1,53	$m_R v^2/2$	6,47	Bomba	14	0,00927	1	0,00927		

Modelo:		TANQUES TRAT. QUÍ.			Operación:		5. DESENGRASE			Flujo	Q	B
ρ_{GN}	V_C	m_{GN}	P_C	T_M	T_0	m_a	c	T_e	T_a	1	459 392,0	301 525,3
0,6	10	16,7	4,05E+7	873	300	65	4 186	373	298	2	23 242,3	4 695,2
T_{OP}	t_U	k	R_{LI}	h_{LI}	A_M	A_{desp}	Δx	t_{OP}	t_D	3	23 223,8	4 693,3
379	5,8	170	0,15	0,05	0,07069	0,04712	0,006	0,25	7,2	4	45 985,7	45 985,7
e	σ	N_{PT}	N_P	Q_{Ca}	Q_C	Q_{RN}	B_{Ca}	B_C	B_{RN}	5	69 209,5	50 679,0
0,72	5,67E-6	38	12	2,04E+07	69 696	13 968	4,13E+06	887	7 633			

Modelo:		TANQUES TRAT. QUÍ.			Operación:		6. FOSFORADO			Flujo	Q	B
ρ_{GN}	V_C	m_{GN}	P_C	T_M	T_0	m_a	c	T_e	T_a	1	863 657,0	566 867,6
0,6	10	16,7	4,05E+07	873	300	120	4 186	373	298	2	80 568,1	16 326,3
T_{OP}	t_U	k	R_{LI}	h_{LI}	A_M	A_{desp}	Δx	t_{OP}	t_D	3	80 523,6	16 313,9
379	5,8	170	0,17	0,04	0,09079	0,04273	0,01	0,47	7,2	4	69 209,5	50 679,0
e	σ	N_{PT}	N_P	Q_{Ca}	Q_C	Q_{RN}	B_{Ca}	B_C	B_{RN}	5	149 733,1	78 526,8
0,72	5,67E-6	38	12	3,77E+07	53 712,7	53 569	7,63E+06	683,9	29 273,2			

Modelo		CORTADORA			Operación		8. CORTADO (6 Piezas)				Flujo	J (1 Pieza)	
Elemento	t_i	V_i	I_i	fp_i	P_i	$P_i t_i$	$3I_i^2 R_L$	P'	P_2	$P_2 t_i$	1	3 363,1	
A	1,21	203,4	2,48	0,4	349,5	422,9	0,040	349,4	189,4	229,2	2	2 166,5	
B	43,64	203,4	2,57	0,5	452,7	19 755,4	0,042	452,6	292,6	12 769,6	3	1 196,6	
TOTAL	44,85					20 178,3				12 998,8	4	1 689,8	
Valores nominales	t_T	V_3	I_3	fp_3	P_3	$P_3 t_T$		m_8	m_9	m_{10}	5	585,6	
	44,85	220	0,6	0,7	160,0	7 179,5		0,253	0,013	0,240	6	849,6	
En vacío	t_T	V_V	I_V	fp_V	P_{1V}	$3I_V^2 R_L$	P_{2V}	P_{4V}	B_{4V}		7	7,1	
	44,85	203,4	2,48	0,4	349,5	0,040	189,4	147,7	6 625,6		8	0,0	
AWG	r	L	R	h	Δm_R	Φ	v	$m_R v^2/2$	mgh	η_{MP}	η_{MB}	9	30,5
12	0,0058	1,1	0,0064	0,8	0,04	0,003	5,659	28,724	14,079	0,78	0,71	10	562,3

Modelo		TORNO			Operación		9. CORTAR				m_9	m_{10}	m_{11}
Elemento	t_i	V_i	I_i	fp_i	P_i	$P_i t_i$	$3I_i^2 R_L$	P'	P_2	$P_2 t_i$	0,240	0,010	0,230
A	29,2	220,4	7,9	0,40	1 206,28	35 223	0,92	1 205,36	805,27	23 515	Flujo		Valoración
B	15,7	220,4	9,1	0,42	1 458,98	22 906	1,22	1 457,76	1 057,67	16 613	1		156 490,2
C	35,2	220,4	10,4	0,52	2 064,41	72 667	1,59	2 061,82	1 661,73	58 585	2		115 885,4
D	21,3	220,4	7,9	0,40	1 206,28	25 694	0,92	1 205,36	805,27	17 172	3		40 566,1
TOTAL	101,4					156 490				115 885	4		98 502,6
En vacío	t_V	V_V	I_V	fp_V	P_{1V}	$3I_V^2 R_L$	P'_V	P_{2V}	$P_{2V} t_V$	B_{4V}	5		29 093,8
	101,4	220,4	7,9	0,40	1 206,28	0,92	1 205,36	805,27	81 657	69 409	6		40 563,9
M_principal OFF	t_T	V_{1A}	I_{1A}	fp_{1A}	P_{1A}	$3I_{1A}^2 R_L$	P_3	$3I_1^2 R_{L2}$	P_6	$P_6 t_T$	7		33 262,4
	101,4	220	1,5	0,7	400,09	0,03	400,06	0,02	400,04	40 564	8		33,4
η_{MP}	0,85	η_{MB}	0,82	t_T	101,4	Conductor	AWG	r	L	R	9		562,3
Δm_R	0,03	h	1	mgh	29,84	Principal	10	0,00367	4	0,01468	10		1 237,1
Φ	0,005	v	1,53	$m_R v^2/2$	3,55	Bomba	14	0,00927	1	0,00927	11		28 452,4

Modelo		TROQUELADORA			Operación		10. REDUCIR Φ			AWG	r	L	R
Elemento	t_i	V_i	I_i	fp_i	P_i	$P_i t_i$	$3I_i^2 R$	$3I_i^2 R t_i$	P_3	10	0,00367	3	0,01101
A	0,83	203,3	13,8	0,67	3 255,7	2 702	2,10	1,74	Flujo				Valoración
B	1,25	203,3	23,2	0,84	6 862,0	8 578	5,93	7,41	1				13 746,5
C	1,42	203,3	9,0	0,55	1 737,2	2 467	0,89	1,26	2				13 736,1
TOTAL	3,5					13 747		10,41	3				11 538,3
En vacío	t_V	V_V	I_V	fp_V	P_{1V}	$3I_V^2 R$	P_{2V}	P_{3V}	4				6 433,7
	3,5	203,3	9,0	0,55	1 737,2	0,89	1 736,3	1 458,5	5				302,9
m_{AC}	m_{RC}	m_T	m_{TR}	m_M	m_6	m_7	m_8	$P_{3V} t_V$	6				28 452,4
400	60	150	42	652	0,230	0,0	0,230	5 104,7	7				0,0
X	0,4	t_{CAIDA}	0,83	V_{CAIDA}	0,964	$m v^2/2$	302,9	η_{MP}	0,84	8			28 755,3

Modelo		TORNO			Operación		11. CILINDRAR				m_9	m_{10}	m_{11}
--------	--	-------	--	--	-----------	--	---------------	--	--	--	-------	----------	----------

**METODOLOGÍA PARA EL USO RACIONAL Y EFICIENTE DE LA ENERGÍA DESDE EL ENFOQUE EXERGÉTICO
EN INDUSTRIA CAUCHOS RECORD LTDA.**

ANEXO P. Cuantificación de los flujos de los modelos exergéticos.

Elemento	t_i	V_i	I_i	fp_i	P_i	P_{t_i}	$3I_i^2 R_L$	P'	P_2	P_{2t_i}	0,230	0,117	0,113
A	33,7	220,3	7,9	0,40	1 205,73	40 633	0,92	1 204,81	804,75	27 120	Flujo	Valoración	
B	19,4	220,3	9,1	0,42	1 458,32	28 291	1,22	1 457,10	1 057,01	20 515	1	181 290,7	
C	36,4	220,3	10,5	0,52	2 083,32	75 833	1,62	2 081,70	1 681,61	61 271	2	133 317,9	
D	30,3	220,3	7,9	0,40	1 205,73	36 534	0,92	1 204,81	804,72	24 412	3	47 927,2	
TOTAL	119,8					18 1291				133 318	4	113 320,2	
En vacío	t_v	V_v	I_v	fp_v	P_{1v}	$3I_v^2 R_L$	P'_v	P_{2v}	$P_{2v} t_v$	B_{4v}	5	31 372,2	
	119,8	220,3	7,9	0,40	1 205,73	0,92	1 204,81	804,75	96 409	81 948	6	47 924,6	
M_principal OFF	t_T	V_{1A}	I_{1A}	fp_{1A}	P_{1A}	$3I_{1A}^2 R_L$	P_3	$3I_{1A}^2 R_{12}$	P_6	$P_6 t_T$	7	39 298,1	
	119,8	220	1,5	0,7	400,09	0,03	400,06	0,02	400,04	47 925	8	39,5	
η_{MP}	0,85	η_{MB}	0,82	t_T	119,8	Conductor	AWG	r	L	R	9	28 755,3	
Δm_R	0,03	h	1	mgh	35,26	Principal	10	0,00367	4	0,01468	10	30 606,7	
Φ	0,005	v	1,53	$m_R v^2 / 2$	4,19	Bomba	14	0,00927	1	0,00927	11	29 560,3	

Modelo:	TANQUES TRAT. QUÍ.				Operación:	12. DESENGRASAR				Flujo	Q	B
ρ_{GN}	V_C	m_{GN}	P_C	T_M	T_0	m_a	c	T_e	T_a	1	459 392,0	301 525,3
0,6	10	16,7	4,05E+7	873	300	65	4 186	373	298	2	23 242,3	4 695,2
T_{OP}	t_U	k	R_{LI}	h_{LI}	A_M	A_{desp}	Δx	t_{OP}	t_D	3	23 223,8	4 693,3
379	5,8	170	0,15	0,05	0,07069	0,04712	0,006	0,25	7,2	4	29 560,3	29 560,3
e	σ	N_{PT}	N_P	Q_{Ca}	Q_C	Q_{RN}	B_{Ca}	B_C	B_{RN}	5	52 784,1	34 253,6
0,72	5,67E-6	38	12	2,04E+07	69 696	13 968	4,13E+06	887	7 633			

Modelo:	TANQUES TRAT. QUÍ.				Operación:	13. FOSFORAR				Flujo	Q	B
ρ_{GN}	V_C	m_{GN}	P_C	T_M	T_0	m_a	c	T_e	T_a	1	845 281,3	554 806,6
0,6	10	16,7	4,05E+7	873	300	120	4186	373	298	2	78 851,5	15 977,6
T_{OP}	t_U	k	R_{LI}	h_{LI}	A_M	A_{desp}	Δx	t_{OP}	t_D	3	78 808,4	15 965,7
379	5,8	170	0,17	0,04	0,09079	0,04273	0,01	0,46	7,2	4	52 784,1	34 253,6
e	σ	N_{PT}	N_P	Q_{Ca}	Q_C	Q_{RN}	B_{Ca}	B_C	B_{RN}	5	131 592,6	50 219,4
0,72	5,67E-6	38	12	3,77E+7	53 712,7	52 429	7,63E+6	683,9	28 650,3			

Modelo	Operación				$W_{HIDRÁULICO}$	E_{TP}	B_{TP}
PRENSA	15. VULCANIZAR				369 232	170 821 585	41 086 048
m_{MP_C}	m_{MP_A1}	m_{MP_A2}	m_{MP_DC}	FLUJO	Q	B	
0,105	0,187	0,113	0,025	1	3 310 878,8	796 524,6	
$m_{PF_}$	Q_A	B_A	Q_C	2	242 201,8	48 382,5	
0,38	11 004,4	4 902,2	15 350,8	3	369 232,5	369 232,5	
B_C	Q_{MO}	B_{MO}	Q_{Mconv}	4	3 222,0	3 222,0	
1 631,7	54 391,8	11 521,4	155 613,1	5	31 942,1	31 942,1	
B_{Mconv}	Q_{MC}	B_{MC}	N_V	6	149 733,1	78 526,8	
29 716,1	303 766,9	31 772,5	26	7	131 592,6	50 219,4	
N_M	V_f	P_i	P_f	8	11 260,2	7 993,8	
2	0,03142	20 512 030	0,005	9	331 584,8	162 450,5	

INDUSTRIA CAUCHOS RECORD LTDA.



BUJE MUELLE DODGE

Referencia: **RB - 135**

UNIDADES

VALORACIÓN DE FLUJOS

Masa **kg**
Energía **J**
Exergía **J**

Modelo	TORNO				Operación		1. CORTAR				m ₉	m ₁₀	m ₁₁
Elemento	t _i	V _i	I _i	fp _i	P _i	P _{t_i}	3I _i ² R _L	P'	P ₂	P _{2t_i}	0,322	0,012	0,310
A	27,0	219,4	7,2	0,45	1 231,20	33 242	0,53	1 230,67	777,26	20 986	Flujo	Valoración	
	11,5	219,4	8,9	0,49	1 657,18	19 058	0,81	1 656,37	1 202,96	13 834	1	151 377,1	
C	32,3	219,4	10,5	0,55	2 194,50	70 882	1,13	2 193,37	1 739,96	56 201	2	108 820,3	
D	22,9	219,4	7,2	0,45	1 231,20	28 195	0,53	1 230,67	777,26	17 799	3	42 484,5	
TOTAL	93,7					151 377				108 820	4	87 056,2	
En vacío	t _v	V _v	I _v	fp _v	P _{1v}	3I _v ² R _L	P' _v	P _{2v}	P _{2vt_v}	B _{4v}	5	28 792,7	
	93,7	219,4	7,2	0,45	1 231,20	0,53	1 230,67	777,26	72 829	58 264	6	42 483,2	
M_principal OFF	t _T	V _{1A}	I _{1A}	fp _{1A}	P _{1A}	3I _{1A} ² R _L	P ₃	3I _{1A} ² R _{L2}	P ₆	P _{6t_T}	7	31 862,4	
	93,7	220	1,7	0,7	453,44	0,03	453,41	0,01	453,40	42 483	8	31,5	
η _{MP}	0,8	η _{MB}	0,75	t _T	93,7	Conductor	AWG	r	L	R	9	0,0	
Δm _R	0,035	h	0,9	mgh	28,95	Principal	10	0,00367	2,8	0,01028	10	1074,2	
Φ	0,006	v	1,24	m _R v ² /2	2,51	Bomba	12	0,00584	0,7	0,00409	11	27 749,9	

Modelo	TORNO				Operación		2. BISELAR				m ₉	m ₁₀	m ₁₁
Elemento	t _i	V _i	I _i	fp _i	P _i	P _{t_i}	3I _i ² R _L	P'	P ₂	P _{2t_i}	0,310	0,002	0,308
A	27,1	219,4	7,2	0,45	1 231,20	33 366	0,53	1 230,67	777,26	21 064	Flujo	Valoración	
	10,9	219,4	8,9	0,49	1 657,18	18 063	0,81	1 656,37	1 202,96	13 112	1	76 834,8	
C	1,9	219,4	9,1	0,55	1 901,90	3 614	0,85	1 901,05	1 447,65	2 751	2	50 684,1	
D	17,7	219,4	7,2	0,45	1 231,20	21 792	0,53	1 230,67	777,26	13 758	3	26 116,4	
TOTAL	57,6					76 835				50 684	4	40 547,3	
En vacío	t _v	V _v	I _v	fp _v	P _{1v}	3I _v ² R _L	P' _v	P _{2v}	P _{2vt_v}	B _{4v}	5	4 731,1	
	57,6	219,4	7,2	0,45	1 231,20	0,53	1 230,67	777,26	44 770	35 816	6	26 115,6	
M_principal OFF	t _T	V _{1A}	I _{1A}	fp _{1A}	P _{1A}	3I _{1A} ² R _L	P ₃	3I _{1A} ² R _{L2}	P ₆	P _{6t_T}	7	19 586,7	
	57,6	220	1,7	0,7	453,44	0,03	453,41	0,01	453,40	26 116	8	19,3	
η _{MP}	0,8	η _{MB}	0,75	t _T	57,6	Conductor	AWG	r	L	R	9	27 749,9	
Δm _R	0,035	h	0,9	mgh	17,80	Principal	10	0,00367	2,8	0,01028	10	209,7	
Φ	0,006	v	1,24	m _R v ² /2	1,54	Bomba	12	0,00584	0,7	0,00409	11	32 290,6	

Modelo	TROQUELADORA				Operación		3. AMPLIAR Φ			AWG	r	L	R
Elemento	t _i	V _i	I _i	fp _i	P _i	P _{t_i}	3I _i ² R	3I _i ² R _{t_i}	10	0,00367	3	0,01101	
A	0,86	203,3	14,5	0,67	3 420,8	2 942	2,31	1,99	Flujo	Valoración			
B	1,29	203,3	24,6	0,84	7 276,1	9 386	6,66	8,60	1	14 881,7			
C	1,47	203,3	9,0	0,55	1 737,2	2 554	0,89	1,30	2	14 869,8			
TOTAL	3,62					14 882		11,89	3	12 490,7			
En vacío	t _v	V _v	I _v	fp _v	P _{1v}	3I _v ² R	P _{2v}	P _{3v}	4	7 211,0			
	3,62	203,3	9,0	0,55	1 737,2	0,89	1 736,3	1 458,5	5	438,1			
m _{AC}	m _{RC}	m _T	m _{TR}	m _M	m ₆	m ₇	m ₈	P _{3vt_v}	6	32 290,6			
400	60	150	38	648	0,308	0,0	0,308	5 279,7	7	0,0			
X	0,5	t _{CAIDA}	0,86	V _{CAIDA}	1,163	mv ² /2	438,1	η _{MP}	0,84	8	32 728,7		

Modelo	TORNO				Operación		4. CILINDRAR				m ₉	m ₁₀	m ₁₁
Elemento	t _i	V _i	I _i	fp _i	P _i	P _{t_i}	3I _i ² R _L	P'	P ₂	P _{2t_i}	0,308	0,083	0,225
A	29,2	219,4	7,2	0,45	1 231,20	35 951	0,53	1 230,67	777,26	22 696	Flujo	Valoración	
B	19,5	219,4	8,9	0,49	1 657,18	32 315	0,81	1 656,37	1 202,96	23 458	1	192 085,7	
C	38,8	219,4	11,2	0,55	2 340,80	90 823	1,29	2 339,52	1 886,11	73 181	2	140 165,4	
D	26,8	219,4	7,2	0,45	1 231,20	32 996	0,53	1 230,67	777,26	20 831	3	51 824,8	
TOTAL	114,3					192 086				140 165	4	112 132,3	
En vacío	t _v	V _v	I _v	fp _v	P _{1v}	3I _v ² R _L	P' _v	P _{2v}	P _{2vt_v}	B _{4v}	5	41 059,5	
	114,3	219,4	7,2	0,45	1 231,20	0,53	1 230,67	777,26	88 841	71 073	6	51 823,2	

**METODOLOGÍA PARA EL USO RACIONAL Y EFICIENTE DE LA ENERGÍA DESDE EL ENFOQUE EXERGÉTICO
EN INDUSTRIA CAUCHOS RECORD LTDA.**

ANEXO P. Cuantificación de los flujos de los modelos exergéticos.

M_principal OFF	t _T	V _{1A}	I _{1A}	fp _{1A}	P _{1A}	3I ₁ ² R _L	P ₃	3I ² R _{L2}	P ₆	P ₆ t _T	7	38 867,4
	114,3	220	1,7	0,7	453,44	0,03	453,41	0,01	453,40	51 823	8	38,4
η _{MP}	0,8	η _{MB}	0,75	t _T	114,3	Conductor	AWG	r	L	R	9	32 728,7
Δm _R	0,035	h	0,9	mgh	35,32	Principal	10	0,00367	2,8	0,01028	10	19 894,8
Φ	0,006	v	1,24	m _R v ² /2	3,07	Bomba	12	0,00584	0,7	0,00409	11	53 931,8

Modelo	TORNO				Operación			5. CILINDRAR				m ₉	m ₁₀	m ₁₁
Elemento	t _i	V _i	I _i	fp _i	P _i	P _{t_i}	3I _i ² R _L	P'	P ₂	P ₂ t _i	0,225	0,071	0,154	
A	33,6	219,4	7,2	0,45	1 231,20	41 368	0,53	1 230,67	777,26	26 116	Flujo	Valoración		
B	18,2	219,4	8,9	0,49	1 657,18	30 161	0,81	1 656,37	1 202,96	21 894	1	190 598,6		
C	37,6	219,4	11,0	0,55	2 299,00	86 443	1,24	2 297,76	1 844,35	69 348	2	137 955,0		
D	26,5	219,4	7,2	0,45	1 231,20	32 627	0,53	1 230,67	777,26	20 597	3	52 550,2		
TOTAL	115,9					190 599				137 955	4	110 364,0		
En vacío	t _v	V _v	I _v	fp _v	P _{1v}	3I _v ² R _L	P' _v	P _{2v}	P _{2v} t _v	B _{4v}	5	38 296,3		
	115,9	219,4	7,2	0,45	1 231,20	0,53	1 230,67	777,26	90 085	72 068	6	52 548,6		
M_principal OFF	t _T	V _{1A}	I _{1A}	fp _{1A}	P _{1A}	3I ₁ ² R _L	P ₃	3I ² R _{L2}	P ₆	P ₆ t _T	7	39 411,5		
	115,9	220	1,7	0,7	453,44	0,03	453,41	0,01	453,40	52 549	8	38,9		
η _{MP}	0,8	η _{MB}	0,75	t _T	115,9	Conductor	AWG	r	L	R	9	53 931,8		
Δm _R	0,035	h	0,9	mgh	35,81	Principal	10	0,00367	2,8	0,01028	10	29 115,4		
Φ	0,006	v	1,24	m _R v ² /2	3,11	Bomba	12	0,00584	0,7	0,00409	11	63 151,7		

Modelo:	TANQUES TRAT. QUÍ.				Operación:			6. DESENGRASE			Flujo	Q	B
ρ _{GN}	V _C	m _{GN}	P _C	T _M	T ₀	m _a	c	T _e	T _a	1	1 132 204,4	743 130,7	
0,6	10	16,7	4,05E+7	873	300	65	4 186	373	298	2	57 278,7	11 569,7	
T _{OP}	t _U	k	R _{LI}	h _{LI}	A _M	A _{desp}	Δx	t _{OP}	t _D	3	57 233,9	11 565,5	
379	5,8	170	0,15	0,05	0,07069	0,04712	0,006	0,23	7,2	4	53 931,8	53 931,8	
e	σ	N _{PT}	N _P	Q _{Ca}	Q _C	Q _{RN}	B _{Ca}	B _C	B _{RN}	5	111 165,7	65 497,3	
0,72	5,67E-6	14	14	2,04E+7	69 696	12 683	4,13E+6	887	6 931				

Modelo:	TANQUES TRAT. QUÍ.				Operación:			7. FOSFORADO			Flujo	Q	B
ρ _{GN}	V _C	m _{GN}	P _C	T _M	T ₀	m _a	c	T _e	T _a	1	2 124 753,7	1 394 597,8	
0,6	10	16,7	4,05E+7	873	300	120	4 186	373	298	2	198 185,8	40 151,3	
T _{OP}	t _U	k	R _{LI}	h _{LI}	A _M	A _{desp}	Δx	t _{OP}	t _D	3	198 081,5	40 123,6	
379	5,8	170	0,17	0,04	0,09079	0,04273	0,01	0,43	7,2	4	111 165,7	65 497,3	
e	σ	N _{PT}	N _P	Q _{Ca}	Q _C	Q _{RN}	B _{Ca}	B _C	B _{RN}	5	309 247,3	105 620,8	
0,72	5,67E-6	14	14	3,77E+07	53 712,7	48 554	7,63E+06	683,9	26 532,7				

Modelo	TORNO				Operación			9. CORTAR				m ₉	m ₁₀	m ₁₁
Elemento	t _i	V _i	I _i	fp _i	P _i	P _{t_i}	3I _i ² R _L	P'	P ₂	P ₂ t _i	0,174	0,006	0,168	
A	33,2	220,5	7,9	0,40	1 206,82	40 067	0,92	1 205,91	805,85	26 754	Flujo	Valoración		
B	14,5	220,5	9,1	0,42	1 459,64	21 165	1,22	1 458,43	1 058,37	15 346	1	147 952,8		
C	28,9	220,5	10,4	0,52	2 065,35	59 689	1,59	2 063,76	1 663,70	48 081	2	108 232,5		
D	22,4	220,5	7,9	0,40	1 206,82	27 033	0,92	1 205,91	805,85	18 051	3	39 605,9		
TOTAL	99,0					147 953				108 232	4	91 997,6		
En vacío	t _v	V _v	I _v	fp _v	P _{1v}	3I _v ² R _L	P' _v	P _{2v}	P _{2v} t _v	B _{4v}	5	24 185,5		
	99	220,5	7,9	0,40	1 206,82	0,92	1 205,91	805,85	79 779	67 812	6	39 603,8		
M_principal OFF	t _T	V _{1A}	I _{1A}	fp _{1A}	P _{1A}	3I ₁ ² R _L	P ₃	3I ² R _{L2}	P ₆	P ₆ t _T	7	32 475,1		
	99	220	1,5	0,7	400,09	0,03	400,06	0,02	400,04	39604	8	32,6		
η _{MP}	0,85	η _{MB}	0,82	t _T	99	Conductor	AWG	r	L	R	9	0,0		
Δm _R	0,03	h	1	mgh	29,14	Principal	10	0,00367	4	0,01468	10	835,1		
Φ	0,005	v	1,53	m _R v ² /2	3,47	Bomba	14	0,00927	1	0,00927	11	23 383,0		

Modelo	TORNO				Operación			10. BISELAR				m ₉	m ₁₀	m ₁₁
Elemento	t _i	V _i	I _i	fp _i	P _i	P _{t_i}	3I _i ² R _L	P'	P ₂	P ₂ t _i	0,168	0,002	0,166	
A	18,5	220,5	7,9	0,40	1 206,82	22 326	0,92	1 205,91	805,85	14 908	Flujo	Valoración		
B	8,6	220,5	9,1	0,42	1 459,64	12 553	1,22	1 458,43	1 058,37	9 102	1	48 870,7		
C	2,0	220,5	9,4	0,52	1 866,76	3 734	1,30	1 865,46	1 465,40	2 931	2	33 790,7		
D	8,5	220,5	7,9	0,40	1 206,82	10 258	0,92	1 205,91	805,85	6 850	3	15 042,3		
TOTAL	37,6					48 871				33 791	4	28 722,1		
En vacío	t _v	V _v	I _v	fp _v	P _{1v}	3I _v ² R _L	P' _v	P _{2v}	P _{2v} t _v	B _{4v}	5	2 967,2		
	37,6	220,5	7,9	0,40	1 206,82	0,92	1 205,91	805,85	30 300	25 755	6	15 041,4		
M_principal OFF	t _T	V _{1A}	I _{1A}	fp _{1A}	P _{1A}	3I ₁ ² R _L	P ₃	3I ² R _{L2}	P ₆	P ₆ t _T	7	12 334,0		
	37,6	220	1,5	0,7	400,09	0,03	400,06	0,02	400,04	15 041	8	12,4		
η _{MP}	0,85	η _{MB}	0,82	t _T	37,6	Conductor	AWG	r	L	R	9	23 383,0		

METODOLOGÍA PARA EL USO RACIONAL Y EFICIENTE DE LA ENERGÍA DESDE EL ENFOQUE EXERGÉTICO EN INDUSTRIA CAUCHOS RECORD LTDA.

ANEXO P. Cuantificación de los flujos de los modelos exergéticos.

Δm_R	0,03	h	1	mgh	11,07	Principal	10	0,00367	4	0,01468	10	313,8
Φ	0,005	v	1,53	$m_R v^2/2$	1,32	Bomba	14	0,00927	1	0,00927	11	26 048,7

Modelo	TROQUELADORA			Operación		11. REDUCIR Φ				AWG	r	L	R
Elemento	t_i	V_i	I_i	fp_i	P_i	$P_i t_i$	$3I_i^2 R$	$3I_i^2 R t_i$		10	0,00367	3	0,01101
A	0,86	203,3	14,1	0,67	3 326,4	2 861	2,19	1,88	Flujo	Valoración			
B	1,25	203,3	24,9	0,84	7 364,8	9 206	6,83	8,53	1				14 689,9
C	1,51	203,3	9,0	0,55	1 737,2	2 623	0,89	1,34	2				14 678,2
TOTAL	3,62					14 690		11,75	3				12 329,7
En vacío	t_v	V_v	I_v	fp_v	P_{1v}	$3I_v^2 R$	P_{2v}	P_{3v}	4				7 050,0
	3,62	203,3	9,0	0,55	1 737,2	0,89	1 736,3	1 458,5	5				440,1
m_{AC}	m_{RC}	m_T	m_{TR}	m_M		m_6	m_7	m_8	$P_{3v} t_v$	6			26 048,7
400	60	150	41	651		0,166	0,0	0,166	5 279,7	7			0,0
X	0,5	t_{CAIDA}	0,86	V_{CAIDA}	1,163	$mv^2/2$	440,1	η_{MP}	0,84	8			26 488,8

Modelo	TORNO			Operación		12. CILINDRAR					m_9	m_{10}	m_{11}
Elemento	t_i	V_i	I_i	fp_i	P_i	$P_i t_i$	$3I_i^2 R_L$	P'	P_2	$P_2 t_i$	0,166	0,077	0,089
A	35,2	220,3	7,9	0,40	1 205,73	42 442	0,92	1 204,81	804,75	28 327	Flujo	Valoración	
B	17,5	220,3	9,1	0,42	1 458,32	25 521	1,22	1 457,11	1 057,05	18 498	1		179 814,9
C	38,7	220,3	10,5	0,52	2 083,32	80 624	1,62	2 081,70	1 681,64	65 079	2		132 748,1
D	25,9	220,3	7,9	0,40	1 205,73	31 228	0,92	1 204,81	804,75	20 843	3		46 927,0
TOTAL	117,3					179 815				132 748	4		112 835,9
En vacío	t_v	V_v	I_v	fp_v	P_{1v}	$3I_v^2 R_L$	P'_v	P_{2v}	$P_{2v} t_v$	B_{3v}	5		32 598,0
	117,3	220,3	7,9	0,40	1 205,73	0,92	1 204,81	804,75	94 398	80 238	6		46 924,5
M_principal OFF	t_T	V_{1A}	I_{1A}	fp_{1A}	P_{1A}	$3I_{1A}^2 R_L$	P_3	$3I_{1A}^2 R_{L2}$	P_6	$P_6 t_T$	7		38 478,1
	117,3	220	1,5	0,7	400,09	0,03	400,06	0,02	400,04	46 924	8		38,6
η_{MP}	0,85	η_{MB}	0,82	t_T	117,3	Conductor	AWG	r	L	R	9		26 488,8
Δm_R	0,03	h	1	mgh	34,52	Principal	10	0,00367	4	0,01468	10		27 425,6
Φ	0,005	v	1,53	$m_R v^2/2$	4,11	Bomba	14	0,00927	1	0,00927	11		31 699,8

Modelo:	TANQUES TRAT. QUÍMICOS			Operación:		13. DESENGRAR				Flujo	Q	B
ρ_{GN}	V_C	m_{GN}	P_C	T_M	T_0	m_a	c	T_e	T_a	1	1 038 103,4	681 366,9
0,6	10	16,7	4,05E+7	873	300	65	4 186	373	298	2	52 517,5	10 607,8
T_{OP}	t_U	k	R_{LI}	h_{LI}	A_M	A_{desp}	Δx	t_{OP}	t_D	3	52 476,6	10 604,0
379	5,8	170	0,15	0,05	0,07069	0,04712	0,006	0,22	7,2	4	31 699,8	31 699,8
e	σ	N_{PT}	N_P	Q_{Ca}	Q_C	Q_{RN}	B_{Ca}	B_C	B_{RN}	5	84 176,4	42 303,8
0,72	5,67E-6	15	15	2,04E+7	69 696	12 459	4,13E+6	887	6 808			

Modelo:	TANQUES TRAT. QUÍMICOS			Operación:		14. FOSFORAR				Flujo	Q	B
ρ_{GN}	V_C	m_{GN}	P_C	T_M	T_0	m_a	c	T_e	T_a	1	1 992 413,8	1 307 735,5
0,6	10	16,7	4,05E+7	873	300	120	4 186	373	298	2	185 843,0	37 651,1
T_{OP}	t_U	k	R_{LI}	h_{LI}	A_M	A_{desp}	Δx	t_{OP}	t_D	3	185 744,9	37 625,0
379	5,8	170	0,17	0,04	0,09079	0,04273	0,01	0,43	7,2	4	84 176,4	42 303,8
e	σ	N_{PT}	N_P	Q_{Ca}	Q_C	Q_{RN}	B_{Ca}	B_C	B_{RN}	5	269 921,3	79 928,7
0,72	5,67E-6	15	15	3,77E+7	53 712,7	48 782	7,63E+6	683,9	26 657,3			

Modelo		Operación		$W_{HIDRÁULICO}$	E_{TP}	B_{TP}
PRENSA		Vulcanizado		318 515	169 590 073	37 516 704
m_{MP_C}	m_{MP_A1}	m_{MP_A2}	m_{MP_DC}	FLUJO	Q	B
0,085	0,154	0,089	0,025	1	1 514 197,1	334 970,6
m_{PF}	Q_A	B_A	Q_C	2	157 014,0	31 202,1
0,303	8 666,1	3 793,6	12 408,3	3	318 515,1	318 515,1
B_C	Q_{MO}	B_{MO}	Q_{Mconv}	4	2 767,2	2 767,2
1 317,3	21 393,6	4 511,8	113 439,5	5	25 857,9	25 857,9
B_{Mconv}	Q_{MC}	B_{MC}	N_V	6	309 247,3	105 620,8
21 464,0	123 930,5	12 931,0	28	7	269 921,3	79 928,7
N_M	V_f	P_i	P_f	8	11 254,7	7 992,7
4	0,03142	17 616 214	0,005	9	617 613,3	211 292,7

INDUSTRIA CAUCHOS RECORD LTDA.



MOLINO

Referencia:

UNIDADES

VALORACIÓN DE FLUJOS

Masa	kg
Energía	J
Exergía	J

ESPESOR 5 mm

Modelo	MOLINO				Operación		MEZCLADO		5 mm		m ₉	m ₁₀	η _{MP}	η _{MB}
Elemento	t _i	V _i	I _i	fp _i	P _i	P _{5t}	3I ₅ ² R _L	P ₂	P _{2t}					
A	196	218,9	39,2	0,63	9363,1	1 835 170	10,829	9 352,3	1 833 048	FLUJO	22,0	22,0	0,7	0,6
B	201	218,9	5,1	0,4	773,4	155 460	0,183	773,3	155 424	1				14 074 628,8
C	549	218,9	60,1	0,76	17317,4	9 507 231	25,454	17 291,9	9 493 257	2				14 056 191,4
D	420	218,9	27,9	0,58	6135,2	2 576 767	5,485	6 129,7	2 574 463	3				9 839 334,0
TOTAL	1 366					14 074 629			14 056 191	4				9 099 950,7
Motor refrigeración	t _r	V _s	I _s	fp _s	P _s	P _{5t}	3I ₅ ² R _L	P ₆	P _{6t}	5				370 297,2
	1 366	218,9	1,1	0,65	271,1	37 0297	0,056	271,0	370 221	6				370 220,5
Motor en vacío	t _r	V _v	I _v	fp _v	P _{1v}	I _v ² R _L	P _{2v}	P _{2vt}	B _{3v}	7				222 132,3
	1 366	218,9	5,1	0,4	773,4	0,183	773,3	1 056 262	739 383	8				536,3
Δm _R	Φ	v	h	Conductor		AWG	r	L	R	9				0,0
		0,05	0,008	0,995	0,75	Principal	8	0,002349	3	0,007047	10			9 100 487,0
m _R v ² /2	33,790	mgh	502,517	Bomba		14	0,009274	5	0,04637					

ESPESOR 7 mm

Modelo	MOLINO				Operación		MEZCLADO		7 mm		m ₉	m ₁₀	η _{MP}	η _{MB}
Elemento	t _i	V _i	I _i	fp _i	P _i	P _{7t}	3I ₇ ² R _L	P ₂	P _{2t}					
A	224	218,9	38,1	0,63	9 100,4	2 038 483	10,229	9 090,1	2 036 192	FLUJO	35,0	35,0	0,7	0,6
B	232	218,9	5,1	0,4	773,4	179 437	0,183	773,3	179 394	1				16 495 084,5
C	651	218,9	59,4	0,76	17 115,7	11 142 296	24,864	17 090,8	11 126 109	2				16 473 851,4
D	528	218,9	27	0,58	5 937,3	3 134 869	5,137	5 932,1	3 132 156	3				11 531 696,0
TOTAL	1 635					16 495 084			16 473 851	4				10 646 709,4
Motor refrigeración	t _r	V _s	I _s	fp _s	P _s	P _{7t}	3I ₇ ² R _L	P ₆	P _{6t}	5				443 218,1
	1 635	218,9	1,1	0,65	271,1	443 218	0,056	271,0	443 126	6				443 126,3
Motor en vacío	t _r	V _v	I _v	fp _v	P _{1v}	3I _v ² R _L	P _{2v}	P _{2vt}	B _{3v}	7				265 875,8
	1 635	218,9	5,1	0,4	773,4	0,183	773,3	1 264 267	884 987	8				641,9
Δm _R	Φ	v	h	Conductor		AWG	r	L	R	9				0,0
		0,05	0,008	0,995	0,75	Principal	8	0,002349	3	0,007047	10			10 647 351,3
m _R v ² /2	40,444	mgh	601,476	Bomba		14	0,009274	5	0,04637					

ESPESOR 8 mm

Modelo	MOLINO				Operación		MEZCLADO		8 mm		m ₉	m ₁₀	η _{MP}	η _{MB}
Elemento	t _i	V _i	I _i	fp _i	P _i	P _{8t}	3I ₈ ² R _L	P ₂	P _{2t}					
A	251	218,9	37,7	0,62	8 861,9	2 224 336	10,016	8851,9	2 221 822	FLUJO	37,0	37,0	0,7	0,6
B	255	218,9	5,1	0,4	773,4	197 226	0,183	773,3	197 179	1				18 017 956,0
C	742	218,9	59	0,75	16 776,7	12 448 322	24,531	16 752,2	12 430 121	2				17 994 504,0
D	556	218,9	26,2	0,57	5 662,0	3 148 072	4,837	5657,2	3 145 382	3				12 596 152,8
TOTAL	1 804					18 017 956			17 994 504	4				11 619 690,8
Motor refrigeración	t _r	V _s	I _s	fp _s	P _s	P _{8t}	3I ₈ ² R _L	P ₆	P _{6t}	5				489 030,8
	1 804	218,9	1,1	0,65	271,1	489 031	0,056	271,0	488 930	6				488 929,6
Motor en vacío	t _r	V _v	I _v	fp _v	P _{1v}	3I _v ² R _L	P _{2v}	P _{2vt}	B _{3v}	7				293 357,8
	1 804	218,9	5,1	0,4	773,4	0,183	773,3	1 394 946	976 462	8				708,3
Δm _R	Φ	v	h	Conductor		AWG	r	L	R	9				0,0
		0,05	0,008	0,995	0,75	Principal	8	0,002349	3	0,007047	10			11 620 398,8
m _R v ² /2	44,625	mgh	663,647	Bomba		14	0,009274	5	0,04637					

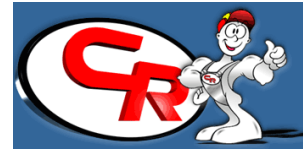
**METODOLOGÍA PARA EL USO RACIONAL Y EFICIENTE DE LA ENERGÍA DESDE EL ENFOQUE EXERGÉTICO
EN INDUSTRIA CAUCHOS RECORD LTDA.**

ANEXO P. Cuantificación de los flujos de los modelos exergéticos.

ESPESOR 10 mm

Modelo	MOLINO			Operación		MEZCLADO		10 mm		m_9	m_{10}	η_{MP}	η_{MB}
Elemento	t_i	V_i	I_i	fp_i	P_i	$P_i t_i$	$3I_i^2 R_L$	P_2	$P_2 t_i$	40,0	40,0	0,7	0,6
A	289	218,9	35,7	0,61	8 256,4	2 386 105	8,981	8 247,4	2 383 509	FLUJO		Valoración	
B	311	218,9	5,1	0,4	773,4	240 538	0,183	773,3	240 481	1		19 757 907,6	
C	855	218,9	55,4	0,75	15 753,1	13 468 859	21,628	15 731,4	13 450 366	2		19 733 705,4	
D	662	218,9	25,6	0,57	5 532,3	3 662 406	4,618	5 527,7	3 659 348	3		13 813 593,8	
TOTAL	2 117					19 757 908			19 733 705	4		12 667 712,1	
Motor refrigeración	t_r	V_5	I_5	fp_5	P_5	$P_5 t_r$	$3I_5^2 R_L$	P_6	$P_6 t_r$	5		573 879,3	
	2 117	218,9	1,1	0,65	271,1	573 879	0,056	271,0	573 761	6		573 760,5	
Motor en vacío	t_r	V_v	I_v	fp_v	P_{1v}	$3I_v^2 R_L$	P_{2v}	$P_{2v} t_r$	B_{3v}	7		344 256,3	
	2 117	218,9	5,1	0,4	773,4	0,183	773,3	1 636 974	1 145 882	8		831,2	
Δm_R	Φ	v	h	Conductor		AWG	r	L	R	9		0,0	
0,05	0,008	0,995	0,75	Principal		8	0,002349	3	0,007047	10		12 668 543,2	
$m_R v^2/2$	52,367	mgh	778,791	Bomba		14	0,009274	5	0,04637				

INDUSTRIA CAUCHOS RECORD LTDA.



GENERADOR ACEITE CALIENTE 1^{er} PISO

Referencia:

UNIDADES

VALORACIÓN DE FLUJOS

Masa	kg
Energía	J
Exergía	J

Modelo:	GENERADOR DE ACEITE CALIENTE		ρ_{GN}	Vc	Flujo	ENERGÍA	EXERGÍA
	1	2	0,8	65	1	72 924 483	72 924 483
MOTOR	1	2	m_{GN}	Pc	2	72 895 907	72 895 907
AWG	10	10	52	40,5	3	59 774 644	59 774 644
r_L	0,00367	0,00367	T_M	T_0	4	77 591 650	77 591 650
L	5,5	3,5	827	300	5	77 572 119	77 572 119
R_L	0,0202	0,0128	Δm_8	Δm_9	6	62 833 416	62 833 416
η	0,82	0,81	1,2	1,3	7	2 632 500 000	1 677 542 322
t_o	13	13	Φ_1	Φ_2	8	1 263 600 000	805 220 314
V	218,1	218,1	0,008	0,008	9	1 368 900 000	872 322 007
I	5,5	5,7	v_1	v_2	10	1 280 430 001	822 050 315
cos	0,75	0,77	23,87	21,98	11	1 381 984 380	885 406 387
P	1558,2	1657,9	Ec+Ep	Ec+Ep	12	957 299 032	224 794 544
Pt_o	72 924 483	77 591 650	16 830 001	13 084 380			
$3I^2R$	0,6106	0,4173					
P'	1 557,6	1 657,5					
$P't_o$	72 895 907	77 572 119					

INDUSTRIA CAUCHOS RECORD LTDA.



SISTEMA HIDRÁULICO DE VULCANIZADO

Referencia:

UNIDADES

VALORACIÓN DE FLUJOS

Masa	kg
Energía	J
Exergía	J

n_{vj} : Número promedio de vulcanizaciones por día

A: Planchas subiendo

B: Planchas llegando a la presión de trabajo

R: 0,00551 Ω (10AWG/1,5m/3,6736 Ω /km)

PRENSA	n_{vj}	Elemento	t_i	$n_{vj}t_i$	V_i	l_i	$\cos\phi_i$	P_{ii}	$P_{ii}t_i$	$n_{vj}P_{ii}t_i$	$3l_i^2R$	$3t_i l_i^2 R$	$n_{vj}t_i l_i^2 R$
V2P	16	A	11,2	179,2	214,5	13,8	0,7	3 588,83	40 194,8	643 117	3,14797	35,2573	564,117
		B	0,9	14,4	214,5	21	0,8	6 241,44	5 617,3	89 877	7,28973	6,56076	104,972
		Total	12,1	193,6					45 812,1	732 994		41,8181	669,089
V3P	18	A	10,2	183,6	214,5	13,2	0,7	3 432,79	35 014,5	630 260	2,88019	29,3779	528,802
		B	1,1	19,8	214,5	21	0,8	6 241,44	6 865,6	123 580	7,28973	8,0187	144,337
		Total	11,3	203,4					41 880,0	753 841		37,3966	673,139
V4P_Arr	22	A	12,4	272,8	214,5	13,5	0,7	3 510,81	43534,0	957 748	3,01259	37,3561	821,835
		B	0,9	19,8	214,5	21	0,8	6 241,44	5617,3	123 580	7,28973	6,56076	144,337
		Total	13,3	292,6					49 151,3	1 081 329		43,9169	966,172
V4P_Ab	23	A	14,8	340,4	214,5	13	0,7	3 380,78	50 035,5	1 150 817	2,79357	41,3448	950,931
		B	1,2	27,6	214,5	21	0,8	6 241,44	7 489,7	172 264	7,28973	8,74768	201,197
		Total	16	368					57 525,2	1 323 080		50,0925	1 152,13
V5P	13	A	8,1	105,3	214,5	13,2	0,7	3 432,79	27 805,6	361 473	2,88019	23,3295	303,284
		B	1,3	16,9	214,5	21	0,8	6 241,44	8 113,9	105 480	7,28973	9,47665	123,196
		Total	9,4	122,2					35 919,5	466 953		32,8062	426,48
V1S_Arr	20	A	14	280	214,5	14,1	0,7	3 666,84	51 335,8	1 026 716	3,28633	46,0086	920,172
		B	1,1	22	214,5	21	0,8	6 241,44	6 865,6	137 312	7,28973	8,0187	160,374
		Total	15,1	302					58 201,4	1 164 028		54,0273	1 080,55
V1S_Ab	20	A	12,3	246	214,5	13,4	0,7	3 484,8	42 863,1	857 261	2,96813	36,508	730,159
		B	1	20	214,5	21	0,8	6 241,44	6 241,44	124 829	7,28973	7,28973	145,795
		Total	13,3	266					49 104,5	982 090		43,7977	875,954
V2S	21	A	16,1	338,1	214,5	13,3	0,7	3 458,8	55 686,6	1 169 419	2,92399	47,0763	988,602
		B	1,1	23,1	214,5	21	0,8	6 241,44	6 865,6	144 177	7,28973	8,0187	168,393
		Total	17,2	361,2					62 552,2	1 313 596		55,095	1 156,99
V3S	22	A	16,4	360,8	214,5	13,5	0,7	3 510,81	57 577,2	1 266 699	3,01259	49,4065	1 086,94
		B	1	22	214,5	21	0,8	6 241,44	6 241,44	137 312	7,28973	7,28973	160,374
		Total	17,4	382,8					63 818,7	1 404 011		56,6962	1247,32
V4S	16	A	13,9	222,4	214,5	13,4	0,7	3 484,8	48 438,7	775 020	2,96813	41,257	660,111
		B	1,2	19,2	214,5	21	0,8	6 241,44	7 489,7	119 836	7,28973	8,74768	139,963
		Total	15,1	241,6					55 928,5	894 855		50,0046	800,074
V5S	24	A	15,5	372	214,5	13,6	0,7	3 536,81	54 820,6	1 315 695	3,05739	47,3895	1 137,35
		B	1	24	214,5	21	0,8	6 241,44	6 241,4	149 794	7,28973	7,28973	174,954
		Total	16,5	396					61 062,0	1 465 489		54,6793	1 312,3
		SUBTOTAL		3 129,4						1,24E+07			10 360,2
		Condiciones de vacío		32 870,6	214,5	8,5	0,65	2 052,61	6,7E+07		0,04684	1 539,49	
		TOTAL		36 000					7,9E+07			11 899,7	

Las columnas $n_{vj}P_{ii}t_i$ y $n_{vj}t_i l_i^2 R$ corresponden a las columnas E1 y E_p respectivamente de la siguiente tabla.

**METODOLOGÍA PARA EL USO RACIONAL Y EFICIENTE DE LA ENERGÍA DESDE EL ENFOQUE EXERGÉTICO
EN INDUSTRIA CAUCHOS RECORD LTDA.**

ANEXO P. Cuantificación de los flujos de los modelos exergeticos.

PRENSA	E_1	E_p	E_2	E_3
	$n_{vi}P_{1i}t_i$	$n_{vi}t_i h_i^2 R$	$E_{1j} - E_{pj}$	$\eta_M E_{2j}$
V2P	732 994	669,09	732 325	622 476
V3P	753 841	673,14	753 167	640 192
V4PAR	1 081 329	966,17	1 080 362	918 308
V4PAB	1 323 080	1 152,13	1 321 928	1 123 639
V5P	466 953	426,48	466 526	396 548
V1SAR	1 164 028	1 080,55	1 162 947	988 505
V1SAB	982 090	875,95	981 214	834 032
V2S	1 313 596	1 156,99	1 312 439	1 115 573
V3S	1 404 011	1 247,32	1 402 764	1 192 349
V4S	894 855	800,07	894 055	759 947
V5S	1 465 489	1 312,30	1 464 177	1 244 550

A continuación se tiene los flujos cuantificados del sistema hidráulico de vulcanizado

FLUJO	E	B
1	79 052 946,80	
2	79 041 047,11	
3	67 184 890,04	
4	225 090,07	
5	222 690,43	
6	317 713,00	
7	368 276,63	
8	145 717,99	
9	368 615,37	
10	288 036,24	
11	374 168,55	
12	406 608,04	
13	264 035,25	
14	431 714,70	

ANEXO Q. VALORACIÓN MÁSCICA, ENERGÉTICA Y EXERGÉTICA DE LOS FLUJOS

INDUSTRIA CAUCHOS RECORD LTDA.



SOPORTE MEDIANO TANDEM

UNIDADES

VALORACIÓN DE FLUJOS

Masa	g
Energía	kJ
Exergía	kJ

MASA

Nº	OPERACIÓN	EQUIPO	FLUJOS									
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	
1	Aplicar pegante	Tarea manual	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	Vulcanizar	Vulcanizadora	-	-	-	-	650	1 120	-	-	550	1 670
3	Acabado final	Tarea manual	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4	Empacar	Tarea manual	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

ENERGÍA

Nº	OPERACIÓN	EQUIPO	FLUJOS									
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	
1	Aplicar pegante	Tarea manual	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	Vulcanizar	Vulcanizadora	15 306	1 915	225,65	3,69	205,86	0,0	0,0	48,12	310,0	
3	Acabado final	Tarea manual	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
4	Empacar	Tarea manual	-	-	-	-	-	-	-	-	-	

EXERGÍA

Nº	OPERACIÓN	EQUIPO	FLUJOS								
			1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Aplicar pegante	Tarea manual	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	Vulcanizar	Vulcanizadora	3 762,06	380,75	225,65	3,69	205,86	0,0	0,0	33,60	193,13
3	Acabado final	Tarea manual	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4	Empacar	Tarea manual	-	-	-	-	-	-	-	-	-

INDUSTRIA CAUCHOS RECORD LTDA.



COMPLEMENTO SOPORTE DELANTERO MOTOR

UNIDADES

VALORACIÓN DE FLUJOS

Masa	g
Energía	kJ
Exergía	kJ

MASA

Nº	OPERACIÓN	EQUIPO	FLUJOS								
			1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Cortar	Troqueladora	-	-	-	-	-	-	217	89	128
2	Perforar	Troqueladora	-	-	-	-	-	-	128	16	112
3	Desengrasar	Tanque químico	-	-	-	112	112	NE	NE	NE	NE
4	Fosforar	Tanque químico	-	-	-	112	112	NE	NE	NE	NE
5	Aplicar pegante	Tarea manual	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6	Cortar	Troqueladora	-	-	-	-	-	207	91	116	NE
7	Perforar	Troqueladora	-	-	-	-	-	116	16	100	NE
8	Desengrasar	Tanque químico	-	-	-	100	100	NE	NE	NE	NE
9	Fosforar	Tanque químico	-	-	-	100	100	NE	NE	NE	NE
10	Aplicar pegante	Tarea manual	-	-	-	-	-	-	-	-	-
11	Vulcanizar	Vulcanizadora	-	-	-	-	40	112	100	35	247
12	Acabado final	Tarea manual	-	-	-	-	-	-	-	-	-
13	Empacar	Tarea manual	-	-	-	-	-	-	-	-	-

ENERGÍA

Nº	OPERACIÓN	EQUIPO	FLUJOS								
			1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Cortar	Troqueladora	13,482	13,469	11,313	8,105	1,360	0,0	0,558	0,802	NE
2	Perforar	Troqueladora	17,453	17,438	14,648	9,190	0,433	0,802	0,154	1,081	NE
3	Desengrasar	Tanque químico	205,902	10,417	10,409	1,081	11,490	NE	NE	NE	NE
4	Fosforar	Tanque químico	367,042	34,234	34,216	11,490	45,715	NE	NE	NE	NE
5	Aplicar pegante	Tarea manual	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6	Cortar	Troqueladora	13,625	13,611	11,433	8,231	1,274	0,0	0,560	0,714	NE
7	Perforar	Troqueladora	17,331	17,316	14,546	9,112	0,461	0,714	0,162	1,013	NE
8	Desengrasar	Tanque químico	209,483	10,598	10,590	1,013	11,603	NE	NE	NE	NE
9	Fosforar	Tanque químico	366,595	34,193	34,176	11,603	45,778	NE	NE	NE	NE
10	Aplicar pegante	Tarea manual	-	-	-	-	-	-	-	-	-
11	Vulcanizar	Vulcanizadora	1 894,5	151,385	225,646	2,629	13,001	45,715	45,778	2,456	119,400
12	Acabado final	Tarea manual	-	-	-	-	-	-	-	-	-
13	Empacar	Tarea manual	-	-	-	-	-	-	-	-	-

EXERGÍA

Nº	OPERACIÓN	EQUIPO	FLUJOS								
			1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Cortar	Troqueladora	13,482	13,469	11,313	8,105	1,360	0,0	0,558	0,802	NE
2	Perforar	Troqueladora	17,453	17,438	14,648	9,190	0,433	0,802	0,154	1,081	NE
3	Desengrasar	Tanque químico	135,15	2,104	2,103	1,081	3,184	NE	NE	NE	NE

**METODOLOGÍA PARA EL USO RACIONAL Y EFICIENTE DE LA ENERGÍA DESDE EL ENFOQUE EXERGÉTICO
EN INDUSTRIA CAUCHOS RECORD LTDA.**

ANEXO Q. Valoración Másica, Energética y Exergética de los Flujos.

4	Fosforar	Tanque químico	240,91	6,935	6,931	3,184	10,115	NE	NE	NE	NE
5	Aplicar pegante	Tarea manual	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6	Cortar	Troqueladora	13,625	13,611	11,433	8,231	1,274	0,0	0,560	0,714	NE
7	Perforar	Troqueladora	17,331	17,316	14,546	9,112	0,461	0,714	0,162	1,013	NE
8	Desengrasar	Tanque químico	137,496	2,141	2,140	1,013	3,153	NE	NE	NE	NE
9	Fosforar	Tanque químico	240,614	6,927	6,923	3,153	10,076	NE	NE	NE	NE
10	Aplicar pegante	Tarea manual	-	-	-	-	-	-	-	-	-
11	Vulcanizar	Vulcanizadora	447,987	35,318	225,646	2,629	13,001	10,115	10,076	1,732	39,194
12	Acabado final	Tarea manual	-	-	-	-	-	-	-	-	-
13	Empacar	Tarea manual	-	-	-	-	-	-	-	-	-

INDUSTRIA CAUCHOS RECORD LTDA.



SOPORTE MOTOR – Bisón

UNIDADES

VALORACIÓN DE FLUJOS

Masa	g
Energía	kJ
Exergía	kJ

MASA

Nº	OPERACIÓN	EQUIPO	FLUJOS											
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
1	Taladrar	Torno	-	-	-	-	-	-	-	-	-	311	112	199
2	Cilindrar	Torno	-	-	-	-	-	-	-	-	-	199	96	103
3	Biselar	Torno	-	-	-	-	-	-	-	-	-	103	3	100
4	Cortar	Torno	-	-	-	-	-	-	-	-	-	100	8	92
5	Desengrasar	Tanque químico	-	-	-	92	92	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
6	Fosforar	Tanque químico	-	-	-	92	92	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
7	Aplicar pegante	Tarea manual	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8	Vulcanizar	Vulcanizadora	-	-	-	-	75	92	-	15	152	NE	NE	NE
9	Acabado final	Tarea manual	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10	Empacar	Tarea manual	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

ENERGÍA

Nº	OPERACIÓN	EQUIPO	FLUJOS											
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
1	Taladrar	Torno	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	Cilindrar	Torno	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3	Biselar	Torno	111,3	73,46	37,80	60,24	25,76	37,76	26,43	0,029	30,33	39,52	16,60	
4	Cortar	Torno	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
5	Desengrasar	Tanque químico	419,0	21,20	21,18	16,60	37,78	NE	NE	NE	NE	NE	NE	
6	Fosforar	Tanque químico	768,1	71,65	71,61	37,78	109,4	NE	NE	NE	NE	NE	NE	
7	Aplicar pegante	Tarea manual	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
8	Vulcanizar	Vulcanizadora	1 687	168,9	369,2	4,787	22,82	109,4	0,0	7,023	145,8	NE	NE	
9	Acabado final	Tarea manual	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
10	Empacar	Tarea manual	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	

EXERGÍA

Nº	OPERACIÓN	EQUIPO	FLUJOS										
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	Taladrar	Torno	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	Cilindrar	Torno	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3	Biselar	Torno	111,3	73,46	37,80	60,24	25,76	37,76	26,43	0,029	30,33	39,52	16,60
4	Cortar	Torno	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5	Desengrasar	Tanque químico	275,0	4,282	4,281	16,60	20,88	NE	NE	NE	NE	NE	NE
6	Fosforar	Tanque químico	504,2	14,52	14,51	20,88	35,39	NE	NE	NE	NE	NE	NE
7	Aplicar pegante	Tarea manual	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8	Vulcanizar	Vulcanizadora	400,4	33,70	369,2	4,787	22,82	35,39	0,0	4,851	60,00	NE	NE
9	Acabado final	Tarea manual	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10	Empacar	Tarea manual	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

INDUSTRIA CAUCHOS RECORD LTDA.



CAUCHO EJE CARDÁN

UNIDADES

VALORACIÓN DE FLUJOS

Masa	g
Energía	kJ
Exergía	kJ

MASA

Nº	OPERACIÓN	EQUIPO	FLUJOS								
			1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Vulcanizar	Vulcanizadora	-	-	-	-	470	-	-	70	400
2	Acabado final	Tarea manual	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3	Empacar	Tarea manual	-	-	-	-	-	-	-	-	-

ENERGÍA

Nº	OPERACIÓN	EQUIPO	FLUJOS								
			1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Vulcanizar	Vulcanizadora	2 260	459,4	223,2	3,193	147,61	0,0	0,0	33,714	195,85
2	Acabado final	Tarea manual	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3	Empacar	Tarea manual	-	-	-	-	-	-	-	-	-

EXERGÍA

Nº	OPERACIÓN	EQUIPO	FLUJOS								
			1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Vulcanizar	Vulcanizadora	543,28	87,254	223,25	3,193	147,61	0,0	0,0	23,378	136,784
2	Acabado final	Tarea manual	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3	Empacar	Tarea manual	-	-	-	-	-	-	-	-	-

INDUSTRIA CAUCHOS RECORD LTDA.



SOPORTE TRAILER DITE

UNIDADES

VALORACIÓN DE FLUJOS

Masa	g
Energía	kJ
Exergía	kJ

MASA

Nº	OPERACIÓN	EQUIPO	FLUJOS								
			1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Vulcanizar	Vulcanizadora	-	-	-	-	480	-	-	80	400
2	Acabado final	Tarea manual	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3	Empacar	Tarea manual	-	-	-	-	-	-	-	-	-

ENERGÍA

Nº	OPERACIÓN	EQUIPO	FLUJOS								
			1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Vulcanizar	Vulcanizadora	1 962,5	289,168	223,249	2,706	154,939	0,0	0,0	38,220	193,808
2	Acabado final	Tarea manual	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3	Empacar	Tarea manual	-	-	-	-	-	-	-	-	-

EXERGÍA

Nº	OPERACIÓN	EQUIPO	FLUJOS								
			1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Vulcanizar	Vulcanizadora	475,444	51,993	223,249	2,706	154,939	0,0	0,0	27,206	138,734
2	Acabado final	Tarea manual	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3	Empacar	Tarea manual	-	-	-	-	-	-	-	-	-

INDUSTRIA CAUCHOS RECORD LTDA.



BUJE MUELLE DELANTERO – NPR

Referencia: RB – 413

UNIDADES

VALORACIÓN DE FLUJOS

Masa	g
Energía	kJ
Exergía	kJ

MASA

Nº	OPERACIÓN	EQUIPO	FLUJOS											
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
1	Cortar	Torno	-	-	-	-	-	-	-	-	-	336	12	324
2	Biselar	Torno	-	-	-	-	-	-	-	-	-	324	3	321
3	Ampliar diámetro	Troqueladora	-	-	-	-	-	321	0	321	NE	NE	NE	NE
4	Cilindrar	Torno	-	-	-	-	-	-	-	-	-	321	30	291
5	Cilindrar	Torno	-	-	-	-	-	-	-	-	-	291	176	115
6	Desengrasar	Tanque químico	-	-	-	115	115	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
7	Fosforar	Tanque químico	-	-	-	115	115	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
8	Aplicar pegante	Tarea manual	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
9	Cortar	Troqueladora	-	-	-	-	-	125	30	95	NE	NE	NE	NE
10	Doblar en U	Troqueladora	-	-	-	-	-	95	-	95	NE	NE	NE	NE
11	Semi – cerrar	Troqueladora	-	-	-	-	-	95	-	95	NE	NE	NE	NE
12	Cerrar	Troqueladora	-	-	-	-	-	95	-	95	NE	NE	NE	NE
13	Desengrasar	Tanque químico	-	-	-	95	95	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
14	Fosforar	Tanque químico	-	-	-	95	95	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
15	Aplicar pegante	Tarea manual	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
16	Vulcanizar	Vulcanizadora	-	-	-	-	75	115	95	55	265	NE	NE	NE
17	Acabado final	Tarea manual	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
18	Empacar	Tarea manual	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

ENERGÍA

Nº	OPERACIÓN	EQUIPO	FLUJOS											
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
1	Cortar	Torno	175,7	126,9	48,87	101,5	34,82	48,79	36,59	0,036	0,0	1,245	33,61	33,61
2	Biselar	Torno	53,88	35,45	18,43	28,36	3,204	18,41	13,81	0,014	33,61	0,341	36,49	36,49
3	Ampliar diámetro	Troqueladora	18,49	18,47	15,52	9,43	0,593	36,49	0,0	37,08	NE	NE	NE	NE
4	Cilindrar	Torno	168,8	120,5	48,23	96,43	30,63	48,15	36,11	0,036	37,08	6,332	61,42	61,42
5	Cilindrar	Torno	145,3	101,7	43,60	81,37	21,90	43,53	32,64	0,032	61,42	50,41	32,94	32,94
6	Desengrasar	Tanque químico	367,5	18,59	18,58	32,94	51,51	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
7	Fosforar	Tanque químico	624,8	58,26	58,23	51,51	109,7	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
8	Aplicar pegante	Tarea manual	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
9	Cortar	Troqueladora	14,63	14,62	12,28	9,007	1,225	0,0	0,294	0,931	NE	NE	NE	NE
10	Doblar en U	Troqueladora	17,46	17,45	14,66	8,25	0,425	0,931	0,0	1,356	NE	NE	NE	NE
11	Semi – cerrar	Troqueladora	17,41	17,40	14,61	7,936	0,414	1,356	0,0	1,770	NE	NE	NE	NE
12	Cerrar	Troqueladora	18,01	17,99	15,11	8,451	0,406	1,770	0,0	2,176	NE	NE	NE	NE
13	Desengrasar	Tanque químico	349,1	17,66	17,65	2,176	19,82	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
14	Fosforar	Tanque químico	548,7	51,16	51,14	19,82	70,96	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
15	Aplicar pegante	Tarea manual	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
16	Vulcanizar	Vulcanizadora	1,455	127,4	146,1	3,43	22,82	109,8	70,96	8,965	217,1	NE	NE	NE
17	Acabado final	Tarea manual	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
18	Empacar	Tarea manual	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

**METODOLOGÍA PARA EL USO RACIONAL Y EFICIENTE DE LA ENERGÍA DESDE EL ENFOQUE EXERGÉTICO
EN INDUSTRIA CAUCHOS RECORD LTDA.**

ANEXO Q. Valoración Másica, Energética y Exergética de los Flujos.

EXERGÍA

Nº	OPERACIÓN	EQUIPO	FLUJOS										
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	Cortar	Torno	175,7	126,9	48,87	101,5	34,82	48,79	36,59	0,036	0,0	1,245	33,61
2	Biselar	Torno	53,88	35,45	18,43	28,36	3,204	18,41	13,81	0,014	33,61	0,341	36,49
3	Ampliar diámetro	Troqueladora	18,49	18,47	15,52	9,43	0,593	36,49	0,0	37,08	NE	NE	NE
4	Cilindrar	Torno	168,8	120,5	48,23	96,43	30,63	48,15	36,11	0,036	37,08	6,332	61,42
5	Cilindrar	Torno	145,3	101,7	43,60	81,37	21,90	43,53	32,64	0,032	61,42	50,41	32,94
6	Desengrasar	Tanque químico	241,2	3,755	3,754	32,94	36,69	NE	NE	NE	NE	NE	NE
7	Fosforar	Tanque químico	410,1	11,80	11,79	36,69	48,48	NE	NE	NE	NE	NE	NE
8	Aplicar pegante	Tarea manual	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
9	Cortar	Troqueladora	14,63	14,62	12,28	9,007	1,225	0,0	0,294	0,931	NE	NE	NE
10	Doblar en U	Troqueladora	17,46	17,45	14,66	8,25	0,425	0,931	0,0	1,356	NE	NE	NE
11	Semi – cerrar	Troqueladora	17,41	17,40	14,61	7,936	0,414	1 356	0,0	1 770	NE	NE	NE
12	Cerrar	Troqueladora	18,01	17,99	15,11	8,451	0,406	1,770	0,0	2,176	NE	NE	NE
13	Desengrasar	Tanque químico	229,2	3,567	3,566	2,176	5,742	NE	NE	NE	NE	NE	NE
14	Fosforar	Tanque químico	360,1	10,36	10,35	5,74	16,10	NE	NE	NE	NE	NE	NE
15	Aplicar pegante	Tarea manual	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
16	Vulcanizar	Vulcanizadora	331,6	26,80	146,1	3,430	22,82	48,48	16,10	6,387	89,86	NE	NE
17	Acabado final	Tarea manual	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
18	Empacar	Tarea manual	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

INDUSTRIA CAUCHOS RECORD LTDA.



SOPORTE TRASERO MOTOR

UNIDADES

VALORACIÓN DE FLUJOS

Masa	g
Energía	kJ
Exergía	kJ

MASA

Nº	OPERACIÓN	EQUIPO	FLUJOS										
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	Cortar	Torno	-	-	-	-	-	-	-	-	358	20	338
2	Ampliar diámetro	Troqueladora	-	-	-	-	-	338	-	338	NE	NE	NE
3	Cilindrar	Torno	-	-	-	-	-	-	-	-	338	45	293
4	Cilindrar	Torno	-	-	-	-	-	-	-	-	293	157	136
5	Biselar	Torno	-	-	-	-	-	-	-	-	136	3	133
6	Biselar	Torno	-	-	-	-	-	-	-	-	133	3	130
7	Hacer falda	Troqueladora	-	-	-	-	-	130	-	130	NE	NE	NE
8	Desengrasar	Tanque químico	-	-	-	130	130	NE	NE	NE	NE	NE	NE
9	Fosforar	Tanque químico	-	-	-	130	130	NE	NE	NE	NE	NE	NE
10	Aplicar pegante	Tarea manual	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
11	Cortar	Torno	-	-	-	-	-	-	-	-	363	12	351
12	Reducir diámetro	Troqueladora	-	-	-	-	-	351	-	351	NE	NE	NE
13	Cilindrar	Torno	-	-	-	-	-	-	-	-	351	152	199
14	Cilindrar	Torno	-	-	-	-	-	-	-	-	199	92	107
15	Biselar	Torno	-	-	-	-	-	-	-	-	107	3	104
16	Hacer falda	Troqueladora	-	-	-	-	-	104	-	104	NE	NE	NE
17	Desengrasar	Tanque químico	-	-	-	104	104	NE	NE	NE	NE	NE	NE
18	Fosforar	Tanque químico	-	-	-	104	104	NE	NE	NE	NE	NE	NE
19	Aplicar pegante	Tarea manual	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
20	Vulcanizar	Vulcanizadora	-	-	-	-	145	130	104	120	354	NE	NE
21	Acabado final	Tarea manual	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
22	Empacar	Tarea manual	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

ENERGÍA

Nº	OPERACIÓN	EQUIPO	FLUJOS										
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	Cortar	Torno	159,0	116,5	42,49	99,04	27,29	42,36	34,74	0,035	0,0	1,53	25,80
2	Ampliar diámetro	Troqueladora	15,82	15,81	13,28	7,74	0,581	25,80	0,0	26,38	NE	NE	NE
3	Cilindrar	Torno	178,2	132,5	45,79	112,6	35,28	45,64	37,43	0,038	26,38	8,214	53,48
4	Cilindrar	Torno	158,6	115,4	43,21	98,08	25,16	43,08	35,33	0,036	53,48	42,16	36,52
5	Biselar	Torno	59,96	41,15	18,81	34,98	3,224	18,76	15,38	0,015	36,52	0,877	38,88
6	Biselar	Torno	58,16	39,91	18,25	33,92	3,118	18,20	14,93	0,015	38,88	0,948	41,07
7	Hacer falda	Troqueladora	21,21	21,19	17,80	10,46	0,196	41,07	0,0	41,26	NE	NE	NE
8	Desengrasar	Tanque químico	590,9	29,89	29,87	41,26	71,13	NE	NE	NE	NE	NE	NE
9	Fosforar	Tanque químico	1 154	107,7	107,6	71,13	178,8	NE	NE	NE	NE	NE	NE
10	Aplicar pegante	Tarea manual	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
11	Cortar	Torno	145,6	106,9	38,76	90,84	25,43	38,64	31,69	0,032	0,0	0,842	24,62
12	Reducir diámetro	Troqueladora	19,01	19,00	15,96	9,872	0,310	24,62	0,0	24,93	NE	NE	NE
13	Cilindrar	Torno	196,9	146,5	50,40	124,5	39,45	50,24	41,20	0,041	24,93	27,89	36,52
14	Cilindrar	Torno	167,1	122,3	44,74	104,0	28,48	44,60	36,58	0,037	36,52	30,07	34,97
15	Biselar	Torno	85,11	58,20	26,91	49,47	4,037	26,84	22,01	0,022	34,97	1,094	37,93
16	Hacer falda	Troqueladora	22,45	22,43	18,84	11,58	0,192	37,93	0,0	38,13	NE	NE	NE

**METODOLOGÍA PARA EL USO RACIONAL Y EFICIENTE DE LA ENERGÍA DESDE EL ENFOQUE EXERGÉTICO
EN INDUSTRIA CAUCHOS RECORD LTDA.**

ANEXO Q. Valoración Másica, Energética y Exergética de los Flujos.

17	Desengrasar	Tanque químico	590,8	29,89	29,87	38,13	67,99	NE	NE	NE	NE	NE	NE
18	Fosforar	Tanque químico	1 155	107,7	107,7	67,99	175,7	NE	NE	NE	NE	NE	NE
19	Aplicar pegante	Tarea manual	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
20	Vulcanizar	Vulcanizadora	3 454	258,8	318,5	3,912	44,11	178,8	175,7	11,24	421,6	NE	NE
21	Acabado final	Tarea manual	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
22	Empacar	Tarea manual	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

EXERGÍA

Nº	OPERACIÓN	EQUIPO	FLUJOS										
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	Cortar	Torno	159,0	116,5	42,49	99,04	27,29	42,36	34,74	0,035	0,0	1,53	25,80
2	Ampliar diámetro	Troqueladora	15,82	15,81	13,28	7,74	0,581	25,80	0,0	26,38	NE	NE	NE
3	Cilindrar	Torno	178,2	132,5	45,79	112,6	35,28	45,64	37,43	0,038	26,38	8,214	53,48
4	Cilindrar	Torno	158,6	115,4	43,21	98,08	25,16	43,08	35,33	0,036	53,48	42,16	36,52
5	Biselar	Torno	59,96	41,15	18,81	34,98	3,224	18,76	15,38	0,015	36,52	0,877	38,88
6	Biselar	Torno	58,16	39,91	18,25	33,92	3,118	18,20	14,93	0,015	38,88	0,948	41,07
7	Hacer falda	Troqueladora	21,21	21,19	17,80	10,46	0,196	41,07	0,0	41,26	NE	NE	NE
8	Desengrasar	Tanque químico	387,8	6,037	6,035	41,26	47,30	NE	NE	NE	NE	NE	NE
9	Fosforar	Tanque químico	758,0	21,82	21,81	47,30	69,11	NE	NE	NE	NE	NE	NE
10	Aplicar pegante	Tarea manual	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
11	Cortar	Torno	145,6	106,9	38,76	90,84	25,43	38,64	31,69	0,032	0,0	0,842	24,62
12	Reducir diámetro	Troqueladora	19,01	19,00	15,96	9,872	0,310	24,62	0,0	24,93	NE	NE	NE
13	Cilindrar	Torno	196,9	146,5	50,40	124,5	39,45	50,24	41,20	0,041	24,93	27,89	36,52
14	Cilindrar	Torno	167,1	122,3	44,74	104,0	28,48	44,60	36,58	0,037	36,52	30,07	34,97
15	Biselar	Torno	85,11	58,20	26,91	49,47	4,037	26,84	22,01	0,022	34,97	1,094	37,93
16	Hacer falda	Troqueladora	22,45	22,43	18,84	11,58	0,192	37,93	0,0	38,13	NE	NE	NE
17	Desengrasar	Tanque químico	387,8	6,037	6,035	38,13	44,16	NE	NE	NE	NE	NE	NE
18	Fosforar	Tanque químico	758,0	21,82	21,81	44,16	65,97	NE	NE	NE	NE	NE	NE
19	Aplicar pegante	Tarea manual	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
20	Vulcanizar	Vulcanizadora	760,6	51,77	318,5	3,912	44,11	69,11	65,97	7,991	182,1	NE	NE
21	Acabado final	Tarea manual	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
22	Empacar	Tarea manual	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

INDUSTRIA CAUCHOS RECORD LTDA.



SOPORTE IZQUIERDO MOTOR R4/R6

UNIDADES

VALORACIÓN DE FLUJOS

Masa	g
Energía	kJ
Exergía	kJ

MASA

Nº	OPERACIÓN	EQUIPO	FLUJOS								
			1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Cortar	Troqueladora	-	-	-	-	-	262	73	189	NE
2	Doblar	Troqueladora	-	-	-	-	-	189	-	189	NE
3	Perforar	Troqueladora	-	-	-	-	-	189	3	186	NE
4	Desengrasar	Tanque químico	-	-	-	186	186	NE	NE	NE	NE
5	Zincado	Zincadora	-	-	-	186	186	NE	NE	NE	NE
6	Cortar	Troqueladora	-	-	-	-	-	247	79	168	NE
7	Doblar	Troqueladora	-	-	-	-	-	168	-	168	NE
8	Perforar	Troqueladora	-	-	-	-	-	168	4	164	NE
9	Desengrasar	Tanque químico	-	-	-	164	164	NE	NE	NE	NE
10	Zincado	Zincadora	-	-	-	164	164	NE	NE	NE	NE
11	Vulcanizar	Vulcanizadora	-	-	-	-	80	186	164	60	410
12	Acabado final	Trabajo manual	-	-	-	-	-	-	-	-	-
13	Empacar	Trabajo manual	-	-	-	-	-	-	-	-	-

ENERGÍA

Nº	OPERACIÓN	EQUIPO	FLUJOS								
			1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Cortar	Troqueladora	14,256	14,242	11,963	8,898	1,684	0,0	0,469	1,215	NE
2	Doblar	Troqueladora	21,255	21,236	17,838	11,249	0,337	1,215	0,0	1,552	NE
3	Perforar	Troqueladora	18,414	18,398	15,454	9,961	0,365	1,552	0,030	1,886	NE
4	Desengrasar	Tanque químico	418,97	21,193	21,177	1,886	23,063	NE	NE	NE	NE
5	Zincado	Zincadora	7 396,5	7 392,2	4 800,0	23,063	263,063	NE	NE	NE	NE
6	Cortar	Troqueladora	14,950	14,935	12,545	9,199	1,465	0,0	0,469	0,996	NE
7	Doblar	Troqueladora	19,411	19,395	16,292	9,628	0,360	0,996	0,0	1,356	NE
8	Perforar	Troqueladora	21,465	21,445	18,014	12,210	0,315	0,040	0,040	1,632	NE
9	Desengrasar	Tanque químico	442,241	22,371	22,354	1,632	23,986	NE	NE	NE	NE
10	Zincado	Zincadora	7,115	7,111	4,560	23,986	175,986	NE	NE	NE	NE
11	Vulcanizar	Vulcanizadora	3 285,6	257,06	225,65	2,507	24,337	263,063	246,16	9,113	533,00
12	Acabado final	Trabajo manual	-	-	-	-	-	-	-	-	-
13	Empacar	Trabajo manual	-	-	-	-	-	-	-	-	-

EXERGÍA

Nº	OPERACIÓN	EQUIPO	FLUJOS								
			1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Cortar	Troqueladora	14,256	14,242	11,963	8,898	1,684	0,0	0,469	1,215	NE
2	Doblar	Troqueladora	21,255	21,236	17,838	11,249	0,337	1,215	0,0	1,552	NE
3	Perforar	Troqueladora	18,414	18,398	15,454	9,961	0,365	1,552	0,030	1,886	NE
4	Desengrasar	Tanque químico	274,99	4,280	4,279	1,886	6,165	NE	NE	NE	NE
5	Zincado	Zincadora	7 396,5	7 392,2	4 800,0	6,165	246,17	NE	NE	NE	NE
6	Cortar	Troqueladora	14,950	14,935	12,545	9,199	1,465	0,0	0,469	0,996	NE
7	Doblar	Troqueladora	19,411	19,395	16,292	9,628	0,360	0,996	0,0	1,356	NE

**METODOLOGÍA PARA EL USO RACIONAL Y EFICIENTE DE LA ENERGÍA DESDE EL ENFOQUE EXERGÉTICO
EN INDUSTRIA CAUCHOS RECORD LTDA.**

ANEXO Q. Valoración Másica, Energética y Exergética de los Flujos.

8	Perforar	Troqueladora	21,465	21,445	18,014	12,210	0,315	0,040	0,040	1,632	NE
9	Desengrasar	Tanque químico	290,27	4,518	4,517	1,632	6,148	NE	NE	NE	NE
10	Zincado	Zincadora	7,115	7,111	4,560	6,148	158,148	NE	NE	NE	NE
11	Vulcanizar	Vulcanizadora	832,13	54,367	225,65	2,507	24,337	175,99	158,15	6,416	483,69
12	Acabado final	Trabajo manual	-	-	-	-	-	-	-	-	-
13	Empacar	Trabajo manual	-	-	-	-	-	-	-	-	-

METODOLOGÍA PARA EL USO RACIONAL Y EFICIENTE DE LA ENERGÍA DESDE EL ENFOQUE EXERGÉTICO
EN INDUSTRIA CAUCHOS RECORD LTDA.

ANEXO Q. Valoración Másica, Energética y Exergética de los Flujos.

INDUSTRIA CAUCHOS RECORD LTDA.



KODIAK

UNIDADES

VALORACIÓN DE FLUJOS

Masa	g
Energía	kJ
Exergía	kJ

MASA

Nº	OPERACIÓN	EQUIPO	FLUJOS										
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	Cortar tubo	Cortadora	-	-	-	-	-	-	-	591	29	562	NE
2	Cortar sección	Torno	-	-	-	-	-	-	-	-	562	12	550
3	Ampliar diámetro	Troqueladora	-	-	-	-	-	550	-	550	NE	NE	NE
4	Cilindrar	Torno	-	-	-	-	-	-	-	-	550	363	187
5	Desengrasar	Tanque químico	-	-	-	187	187	NE	NE	NE	NE	NE	NE
6	Fosforar	Tanque químico	-	-	-	187	187	NE	NE	NE	NE	NE	NE
7	Aplicar pegante	Tarea manual	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8	Cortar tubo	Cortadora	-	-	-	-	-	-	-	-	253	13	240
9	Cortar sección	Torno	-	-	-	-	-	-	-	-	240	10	230
10	Reducir diámetro	Troqueladora	-	-	-	-	-	230	230	230	NE	NE	NE
11	Cilindrar	Torno	-	-	-	-	-	-	-	-	230	117	113
12	Desengrasar	Tanque químico	-	-	-	113	113	NE	NE	NE	NE	NE	NE
13	Fosforar	Tanque químico	-	-	-	113	113	NE	NE	NE	NE	NE	NE
14	Aplicar pegante	Tarea manual	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
15	Vulcanizar	Vulcanizadora	-	-	-	-	105	187	113	80	380	NE	NE
16	Acabado final	Tarea manual	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
17	Empacar	Tarea manual	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

ENERGÍA

Nº	OPERACIÓN	EQUIPO	FLUJOS										
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	Cortar tubo	Cortadora	5,248	3,379	1,868	2,636	0,932	1,327	0,011	0,0	0,061	1,174	NE
2	Cortar sección	Torno	164,7	121,7	43,05	103,4	29,78	43,00	35,26	0,035	1,174	0,662	30,33
3	Ampliar diámetro	Troqueladora	16,42	16,41	13,79	7,303	0,255	30,33	0,0	30,58	NE	NE	NE
4	Cilindrar	Torno	346,0	271,8	74,16	231,0	104,6	73,89	60,59	0,061	30,58	89,27	45,99
5	Desengrasar	Tanque químico	459,4	23,24	23,22	45,99	69,21	NE	NE	NE	NE	NE	NE
6	Fosforar	Tanque químico	863,7	80,57	80,52	69,21	149,7	NE	NE	NE	NE	NE	NE
7	Aplicar pegante	Tarea manual	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8	Cortar tubo	Cortadora	3,363	2,167	1,197	1,690	0,586	0,850	0,007	0,0	0,031	0,562	NE
9	Cortar sección	Torno	156,5	115,9	40,60	98,50	29,09	40,56	33,26	0,033	0,562	1,237	28,45
10	Reducir diámetro	Troqueladora	13,75	13,74	11,54	6,434	0,303	28,45	0,0	28,76	NE	NE	NE
11	Cilindrar	Torno	181,3	133,3	47,97	113,3	31,37	47,93	39,30	0,040	28,76	30,61	29,56
12	Desengrasar	Tanque químico	459,4	23,24	23,22	29,56	52,78	NE	NE	NE	NE	NE	NE
13	Fosforar	Tanque químico	845,3	78,85	78,81	52,78	131,6	NE	NE	NE	NE	NE	NE
14	Aplicar pegante	Tarea manual	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
15	Vulcanizar	Vulcanizadora	3 311	242,2	369,2	3,222	31,94	149,7	131,6	11,26	331,6	NE	NE
16	Acabado final	Tarea manual	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
17	Empacar	Tarea manual	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

**METODOLOGÍA PARA EL USO RACIONAL Y EFICIENTE DE LA ENERGÍA DESDE EL ENFOQUE EXERGÉTICO
EN INDUSTRIA CAUCHOS RECORD LTDA.**

ANEXO Q. Valoración Másica, Energética y Exergética de los Flujos.

EXERGÍA

Nº	OPERACIÓN	EQUIPO	FLUJOS										
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	Cortar tubo	Cortadora	5,248	3,379	1,868	2,636	0,932	1,327	0,011	0,0	0,061	1,174	NE
2	Cortar sección	Torno	164,7	121,7	43,05	103,4	29,78	43,00	35,26	0,035	1,174	0,662	30,33
3	Ampliar diámetro	Troqueladora	16,42	16,41	13,79	7,303	0,255	30,33	0,0	30,58	NE	NE	NE
4	Cilindrar	Torno	346,0	271,8	74,16	231,0	104,6	73,89	60,59	0,061	30,58	89,27	45,99
5	Desengrasar	Tanque químico	301,5	4,695	4,693	45,99	50,68	NE	NE	NE	NE	NE	NE
6	Fosforar	Tanque químico	566,9	16,33	16,31	50,68	78,53	NE	NE	NE	NE	NE	NE
7	Aplicar pegante	Tarea manual	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8	Cortar tubo	Cortadora	3,363	2,167	1,197	1,690	0,586	0,850	0,007	0,0	0,031	0,562	NE
9	Cortar sección	Torno	156,5	115,9	40,60	98,50	29,09	40,56	33,26	0,033	0,562	1,237	28,45
10	Reducir diámetro	Troqueladora	13,75	13,74	11,54	6,434	0,303	28,45	0,0	28,76	NE	NE	NE
11	Cilindrar	Torno	181,3	133,3	47,97	113,3	31,37	47,93	39,30	0,040	28,76	30,61	29,56
12	Desengrasar	Tanque químico	301,53	4,695	4,693	29,56	34,25	NE	NE	NE	NE	NE	NE
13	Fosforar	Tanque químico	554,81	15,98	15,97	34,25	50,22	NE	NE	NE	NE	NE	NE
14	Aplicar pegante	Tarea manual	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
15	Vulcanizar	Vulcanizadora	796,5	48,38	369,2	3,222	31,94	78,53	50,22	7,994	162,4	NE	NE
16	Acabado final	Tarea manual	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
17	Empacar	Tarea manual	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

INDUSTRIA CAUCHOS RECORD LTDA.



BUJE MUELLE DODGE

UNIDADES

VALORACIÓN DE FLUJOS

Masa	g
Energía	kJ
Exergía	kJ

MASA

Nº	OPERACIÓN	EQUIPO	FLUJOS											
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
1	Cortar	Torno	-	-	-	-	-	-	-	-	-	322	12	310
2	Biselar	Torno	-	-	-	-	-	-	-	-	-	310	2	308
3	Ampliar	Troqueladora	-	-	-	-	-	308	-	308	NE	NE	NE	NE
4	Cilindrar	Torno	-	-	-	-	-	-	-	-	-	308	83	225
5	Cilindrar	Torno	-	-	-	-	-	-	-	-	-	225	71	154
6	Desengrasar	Tanque químico	-	-	-	154	154	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
7	Fosforar	Tanque químico	-	-	-	154	154	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
8	Aplicar pegante	Tarea manual	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
9	Cortar	Torno	-	-	-	-	-	-	-	-	174	6	168	
10	Biselar	Torno	-	-	-	-	-	-	-	-	168	2	166	
11	Reducir	Troqueladora	-	-	-	-	-	166	-	166	NE	NE	NE	
12	Cilindrar	Torno	-	-	-	-	-	-	-	-	166	77	89	
13	Desengrasar	Tanque químico	-	-	-	89	89	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
14	Fosforar	Tanque químico	-	-	-	89	89	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
15	Aplicar pegante	Tarea manual	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
16	Vulcanizar	Vulcanizadora	-	-	-	-	85	154	89	60	303	NE	NE	
17	Acabado final	Tarea manual	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
18	Empacar	Tarea manual	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

ENERGÍA

Nº	OPERACIÓN	EQUIPO	FLUJOS										
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	Cortar	Torno	151,4	108,8	42,56	87,06	28,79	42,48	31,86	0,032	0,0	1,074	27,75
2	Biselar	Torno	76,83	50,68	26,15	40,55	4,731	26,12	19,59	0,019	27,75	0,210	32,29
3	Ampliar	Troqueladora	14,88	14,87	12,49	7,211	0,438	32,29	0,0	32,73	NE	NE	NE
4	Cilindrar	Torno	192,1	140,2	51,92	112,1	41,06	51,82	38,87	0,038	32,73	19,89	53,93
5	Cilindrar	Torno	190,6	138,0	52,64	110,4	38,30	52,65	39,41	0,039	53,93	29,12	63,15
6	Desengrasar	Tanque químico	1 132	57,28	57,23	53,93	111,2	NE	NE	NE	NE	NE	NE
7	Fosforar	Tanque químico	2 125	198,2	198,0	111,2	309,2	NE	NE	NE	NE	NE	NE
8	Aplicar pegante	Tarea manual	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
9	Cortar	Torno	148,0	108,2	39,72	92,00	24,19	39,60	32,48	0,033	0,0	0,835	23,38
10	Biselar	Torno	48,87	33,79	15,08	28,72	2,967	15,04	12,33	0,012	23,38	0,314	26,05
11	Reducir	Troqueladora	14,69	14,68	12,33	7,050	0,440	26,05	0,0	26,49	NE	NE	NE
12	Cilindrar	Torno	179,8	132,8	47,07	112,8	32,60	46,9	38,48	0,039	26,49	27,43	31,70
13	Desengrasar	Tanque químico	1 038	52,52	52,48	31,70	84,18	NE	NE	NE	NE	NE	NE
14	Fosforar	Tanque químico	1 992	185,8	185,7	84,18	269,9	NE	NE	NE	NE	NE	NE
15	Aplicar pegante	Tarea manual	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
16	Vulcanizar	Vulcanizadora	1 515	157,0	318,5	2,767	25,86	309,2	269,9	11,25	617,6	NE	NE
17	Acabado final	Tarea manual	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
18	Empacar	Tarea manual	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

**METODOLOGÍA PARA EL USO RACIONAL Y EFICIENTE DE LA ENERGÍA DESDE EL ENFOQUE EXERGÉTICO
EN INDUSTRIA CAUCHOS RECORD LTDA.**

ANEXO Q. Valoración Másica, Energética y Exergética de los Flujos.

EXERGÍA

Nº	OPERACIÓN	EQUIPO	FLUJOS										
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	Cortar	Torno	151,4	108,8	42,56	87,06	28,79	42,48	31,86	0,032	0,0	1,074	27,75
2	Biselar	Torno	76,83	50,68	26,15	40,55	4,731	26,12	19,59	0,019	27,75	0,210	32,29
3	Ampliar	Troqueladora	14,88	14,87	12,49	7,211	0,438	32,29	0,0	32,73	NE	NE	NE
4	Cilindrar	Torno	192,1	140,2	51,92	112,1	41,06	51,82	38,87	0,038	32,73	19,89	53,93
5	Cilindrar	Torno	190,6	138,0	52,64	110,4	38,30	52,65	39,41	0,039	53,93	29,12	63,15
6	Desengrasar	Tanque químico	743,1	11,57	11,57	53,93	65,50	NE	NE	NE	NE	NE	NE
7	Fosforar	Tanque químico	1 395	40,15	40,12	65,50	105,6	NE	NE	NE	NE	NE	NE
8	Aplicar pegante	Tarea manual	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
9	Cortar	Torno	148,0	108,2	39,72	92,00	24,19	39,60	32,48	0,033	0,0	0,835	23,38
10	Biselar	Torno	48,87	33,79	15,08	28,72	2,967	15,04	12,33	0,012	23,38	0,314	26,05
11	Reducir	Troqueladora	14,69	14,68	12,33	7,050	0,440	26,05	0,0	26,49	NE	NE	NE
12	Cilindrar	Torno	179,8	132,8	47,07	112,8	32,60	46,9	38,48	0,039	26,49	27,43	31,70
13	Desengrasar	Tanque químico	681,4	10,61	10,60	31,70	42,30	NE	NE	NE	NE	NE	NE
14	Fosforar	Tanque químico	1 308	37,65	37,63	42,30	79,93	NE	NE	NE	NE	NE	NE
15	Aplicar pegante	Tarea manual	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
16	Vulcanizar	Vulcanizadora	335,0	31,20	318,5	2,767	25,86	105,6	79,93	7,993	211,3	NE	NE
17	Acabado final	Tarea manual	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
18	Empacar	Tarea manual	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

ANEXO R. TEORÍA DEL COSTO EXERGÉTICO

La teoría del costo exergético, TCE, fue desarrollada por Valero, Muñoz y Lozano en 1986. Tiene como idea central determinar la eficiencia de los componentes de un sistema térmico. A continuación se muestra parte de la TCE, como los conceptos básicos y la definición y cálculo del costo exergético y el costo exergoeconómico. Para efectos de profundizar en el tema se invita a consultar la referencia bibliográfica [7], [13], [27], [28] y [29].

DEFINICIONES

La TCE se soporta sobre los siguientes conceptos básicos:

Sistema. Entidad compleja compuesta por un conjunto de componentes y de las relaciones entre ellos y su entorno. Puede representarse por medio gráfico.

Nivel de agregación. Colección de equipos y sus relaciones que constituyen el sistema total. Puede darse de manera sencilla, donde todo se presenta como una única componente, o más compleja con centenares de componentes identificados, separándose los flujos por su naturaleza, mecánica, eléctrica, térmica, etc.

El nivel de agregación depende del tipo y profundidad del análisis, de la cantidad de medidas disponibles, y permite separar la irreversibilidad total del sistema en tantas componentes como equipos se consideren. El nivel de agregación elegida influye en las conclusiones posibles a obtener del análisis termoeconómico.

Matriz de incidencia. Representación matricial de la relación entre flujos identificados y las componentes del sistema.

Producto. Bien obtenido de un equipo o componente del proceso como su propósito fundamental de funcionamiento.

Fuel. Bien consumido exergéticamente para adelantar algún proceso que permita obtener un producto o varios, o contribuya a obtenerlos.

Eficiencia. Producto obtenido por unidad de fuel utilizada para producirlo.

$$Eficiencia = \frac{Producto}{Fuel} \quad (T1)$$

Costo de un flujo. Consumo de recursos externos de la planta para producirlo. El análisis termoeconómico distingue entre costos exergéticos y costos exergoeconómicos.

COSTO EXERGÉTICO

Se denomina *costo exergético*, B^* , de un flujo físico a la cantidad necesaria de exergía para producirlo. El *costo exergético unitario*, k^* , corresponde al costo exergético de un flujo por unidad de exergía.

$$k_i^* = \frac{B_i^*}{B_i} \quad (T2)$$

El costo de un flujo es una propiedad emergente, no existe como una propiedad termodinámica de un flujo aislado, sino que debe ir asociado a un proceso de producción, por lo que se debe entonces, determinar el costo de los flujos internos y externos interrelacionados del sistema. Un flujo se denomina interno o externo según los límites que se han definido del sistema y no del equipo asociado.

Al definirse el sistema, los límites, el nivel de agregación y los equipos pertenecientes se procede a obtener los costos de los flujos identificados. Ello se establece mediante cinco reglas de asignación específicas, que describen el procedimiento matemático y se enuncian a continuación:

P1. El costo exergético es una propiedad conservativa. Para cada componente del sistema la suma de todos los costos exergéticos de los flujos de entrada es igual a la suma de los costos exergéticos de los flujos de salida.

P2. El costo exergético de los flujos depende de los costos de los recursos de entrada. En ausencia de asignaciones externas, el costo de los flujos de entrada al sistema es igual a su exergía, o en otras palabras, su costo exergético unitario es 1.

P3. Todos los costos generados en el proceso productivo deben ser incluidos en el costo final de los productos. En ausencia de asignaciones externa, se asigna un costo nulo a los flujos de pérdidas.

P4. Si el producto de una componente está conformado por varios flujos de la misma calidad termodinámica, todos ellos tienen el mismo costo exergético unitario.



Figura T1. Producto en dos flujos

P5. Si un flujo de salida de una componente es parte del fuel de dicha componente, fuel no utilizado, su costo exergético es el mismo que el flujo de entrada del que proviene.

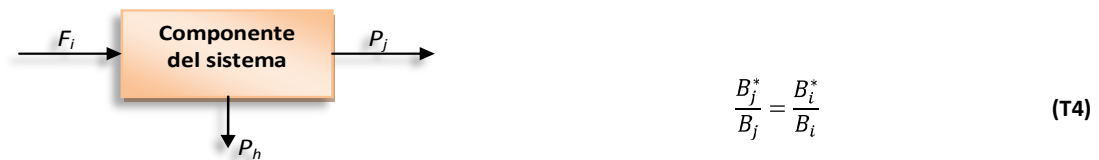


Figura T2. Producto y fuel no utilizado

La tabla T1 presenta la configuración matricial característica de cada proposición.

Tabla T1. Conformación matricial del sistema de ecuaciones para el cálculo de los costos.

Proposición	Número de ecuaciones por proposición		Matriz	Coefficientes
P1	n	Nº de componentes del sistema	a_n	$y_n = 0$
P2	e	Nº de flujos de entrada	a_e	y_e
P3	p	Nº de flujos de salida	a_p	y_p
P4	x1	Nº de bifurcaciones (productos)	a_{x1}	$y_{x1} = 0$
P5	x2	Nº de bifurcaciones de (fuel y producto)	a_{x2}	$y_{x2} = 0$
TOTAL	m	Nº de flujos identificados en el sistema	A	Y_e

El número total de ecuaciones, m, equivale a

$$m = n + e + p + x1 + x2 \quad (T5)$$

Las ecuaciones establecidas se presentan de la siguiente forma matricial:

$$Ax B^* = Y \quad (T6)$$

Donde A se encuentra conformada por las matrices respectivas de cada proposición: a_n , a_e , a_p , a_{x1} y a_{x2} , así:

$$A = \begin{pmatrix} a_n \\ a_e \\ a_p \\ a_{x1} \\ a_{x2} \end{pmatrix} \quad (T7)$$

Los costos exergéticos de los flujos del sistema, en total m flujos, se expresan en el vector B^* .

$$B^* = \begin{pmatrix} B_1^* \\ B_2^* \\ \vdots \\ B_{m-1}^* \\ B_m^* \end{pmatrix} \quad (T8)$$

El vector Y que contiene los coeficientes y_n , y_e , y_p , y_{x1} , y_{x2} respectivos a las proposiciones.

COSTO EXERGOECONÓMICO

El cálculo del costo económico de los flujos, está ligado de manera directa con la repercusión de los costos de producción a las distintas componentes que constituyen el proceso productivo, y en consecuencia, a la asignación correcta de los costos de los productos finales.

Para aquellas instalaciones en que la exergía juega un papel preponderante, la formación del costo económico de los flujos internos y productos finales está relacionada tanto con la eficiencia termodinámica del proceso como con la operación de las componentes del mismo.

Entonces, en principio se puede considerar el costo exergoeconómico de un flujo como la suma de dos contribuciones: la primera, que procede del costo monetario de la exergía de los recursos de y la segunda, que engloba el resto de los costos originados en el proceso productivo asociado a su obtención: capital, operación, mantenimiento, etc.

**METODOLOGÍA PARA EL USO RACIONAL Y EFICIENTE DE LA ENERGÍA DESDE EL ENFOQUE EXERGÉTICO
EN INDUSTRIA CAUCHOS RECORD LTDA.**

ANEXO R. Teoría del costo exergético

El cálculo de los costos exergéticos de los flujos se expresa de la siguiente manera:

$$Ax\Pi = Z \quad (19)$$

Donde A es la matriz, Π el vector de los costos exergoeconómicos de los flujos y Z el vector con los coeficientes de las ecuaciones, que contiene el valor económico la exergía. El *costo unitario*, c^* , se denomina costo termoeconómico.

$$c_i^* = \frac{\Pi_i}{B_i^*} \quad (110)$$

ANEXO S. SISTEMAS DE ECUACIONES.

**INDUSTRIA CAUCHOS
RECORD LTDA.**



SOPORTE MEDIANO TANDEM

Sistema de ecuaciones para la obtención de los costos exergéticos

$$A * B^* = Y_e$$

$$\begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & -1 & -1 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} B^*_1 \\ B^*_2 \\ B^*_3 \\ B^*_4 \\ B^*_5 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0,0 \\ 3\,762\,059,6 \\ 225\,645,8 \\ 205\,863,8 \\ 0,0 \end{bmatrix}$$

Sistema de ecuaciones para la obtención de los costos exergoeconómicos

$$A * \Pi^* = Z_e$$

$$\begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & -1 & -1 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} \Pi^*_1 \\ \Pi^*_2 \\ \Pi^*_3 \\ \Pi^*_4 \\ \Pi^*_5 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0,0 \\ 362,42 \\ 43,34 \\ 745,39 \\ 2\,500,00 \end{bmatrix}$$

INDUSTRIA CAUCHOS RECORD LTDA.



CAUCHO EJE CARDÁN

Sistema de ecuaciones para la obtención de los costos exergéticos

$$A * B^* = Y_e$$

$$\begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & -1 & -1 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -5,85 & 1 \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} B^*_1 \\ B^*_2 \\ B^*_3 \\ B^*_4 \\ B^*_5 \\ B^*_6 \\ B^*_7 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0,0 \\ 543\,278,0 \\ 223\,253,7 \\ 147\,610,5 \\ 0,0 \\ 0,0 \\ 0,0 \end{bmatrix}$$

Sistema de ecuaciones para la obtención de los costos exergoeconómicos

$$A * \Pi^* = Z_e$$

$$\begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & -1 & -1 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -5,85 & 1 \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} \Pi^*_1 \\ \Pi^*_2 \\ \Pi^*_3 \\ \Pi^*_4 \\ \Pi^*_5 \\ \Pi^*_6 \\ \Pi^*_7 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0,0 \\ 54,75 \\ 15,04 \\ 545,47 \\ 0,0 \\ 0,0 \\ 0,0 \end{bmatrix}$$

INDUSTRIA CAUCHOS RECORD LTDA.



SOPORTE TRAILER DITE

Sistema de ecuaciones para la obtención de los costos exergéticos

$$A * B^* = Y_e$$

$$\begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & -1 & -1 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -5,10 & 1 \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} B^*_1 \\ B^*_2 \\ B^*_3 \\ B^*_4 \\ B^*_5 \\ B^*_6 \\ B^*_7 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0,0 \\ 475\,444,1 \\ 223\,249,3 \\ 154\,938,7 \\ 0,0 \\ 0,0 \\ 0,0 \end{bmatrix}$$

Sistema de ecuaciones para la obtención de los costos exergoeconómicos

$$A * \Pi^* = Z_e$$

$$\begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & -1 & -1 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -5,10 & 1 \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} \Pi^*_1 \\ \Pi^*_2 \\ \Pi^*_3 \\ \Pi^*_4 \\ \Pi^*_5 \\ \Pi^*_6 \\ \Pi^*_7 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0,0 \\ 50,38 \\ 4,93 \\ 557,07 \\ 0,0 \\ 0,0 \\ 0,0 \end{bmatrix}$$

ANEXO T. COMPORTAMIENTO DE LOS EQUIPOS

En este anexo se presenta el comportamiento para siguientes equipos según los cálculos termoeconómicos efectuados:

- Cortadora
- Troqueladora
- Tornos (Revólver, Paralelo y Jumbo)
- Tanques de tratamientos químicos (Tanque de desengrase y Tanque de fosforado)
- Cincadora
- Generador de aceite caliente
- Sistema hidráulico
- Vulcanizadoras
- Molino

Nota: Para cada flujo se calcula el valor energético y el exergético, y se denomina de la siguiente manera: E (Energía) y B (Exergía)

CORTADORA

EQUIPO: CORTADORA – E&B		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
REPUESTO	OPER	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
		5 247,5	3 378,3	1 868,4	2 635,7	1 160,5	1 326,6	11,1	0,0	60,6	1 174,0	
Kodiak		8	3 363,1	2 166,5	1 196,6	1 689,8	585,6	849,6	7,1	0,0	30,5	562,3
			4 305,3	2 772,8	1 532,3	2 162,8	1 005,1	1 088,1	9,1	0,0	45,6	868,2

$$A * B^* = Y_e$$

$$\begin{bmatrix} 1 & -1 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & -1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & -1 & -1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -0,55 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -19,0 & 1 & 0 \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} B^*_1 \\ B^*_2 \\ B^*_3 \\ B^*_4 \\ B^*_5 \\ B^*_6 \\ B^*_7 \\ B^*_8 \\ B^*_9 \\ B^*_{10} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 4 305,3 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}$$

Costos exergéticos y costos exergoconómicos de los flujos del modelo exergético de la Cortadora.

Flujo	B(J)	Valorando los desechos				No valorando los desechos			
		k (tpu)	B (J)	c' (\$/kJ)	Π (\$)	k (tpu)	B (J)	c' (\$/kJ)	Π (\$)
1	25 831,8	1,0000	25 831,8	0,0780	2,0148	1,0000	25 831,8	0,0780	2,0148
2	16 635,0	1,0000	16 636,8	0,0780	1,2973	1,0000	16 636,8	0,0780	1,2973
3	9 193,8	1,0001	9 195,0	0,0780	0,7170	1,0001	9 195,0	0,0780	0,7170
4	12 976,8	1,2820	16 636,8	0,1000	1,2978	1,2820	16 636,8	0,1000	1,2978
5	6 030,6	2,7588	16 636,8	0,2152	1,2978	3,6547	16 636,8	0,2152	1,2978
6	6 528,6	1,4084	9 195	0,1098	0,7170	1,4084	9 195	0,1098	0,7170
7	54,6	168,4066	9 195	13,1319	0,7170	168,4066	9 195	13,1319	0,7170
8	0,0	-	0,0	-	0,0	-	0,0	-	0,0
9	273,6	4,7105	1 288,8	0,3684	0,1008	0,0	0,0	0,0	0,0
10	5 209,2	4,7115	24 543,0	0,3674	1,9140	4,9589	25 831,8	0,3688	2,0148

TROQUELADORA

EQUIPO: TROQUELADORA – E & B									
REPUESTO	OPER	1	2	3	4	5	6	7	8
Complemento Soporte Delantero Motor	1	13 482	13 469	11 313	8 105	1 360	0	558	802
	2	17 453	17 438	14 648	9 190	433	0	54	379
	6	13 625	13 611	11 433	8 231	1 274	0	560	714
Buje Muelle Delantero NPR	7	17 331	17 316	14 546	9 112	461	0	64	397
	3	18 486	18 471	15 515	9 429	593	0	0	593
	9	14 633	14 619	12 280	9 007	1 225	0	294	931
	10	17 464	17 450	14 658	8 246	425	0	0	425
	11	17 412	17 398	14 615	7 936	414	0	0	414
Soporte Trasero Motor	12	18 008	17 993	15 114	8 451	406	0	0	406
	2	15 823	15 810	13 281	7 743	581	0	0	581
	7	21 211	21 193	17 803	10 458	196	0	0	196
	12	19 014	18 997	15 958	9 872	310	0	0	310
Soporte Izquierdo Motor R4/R6	16	22 447	22 427	18 839	11 583	192	0	0	192
	1	14 256	14 242	11 963	8 898	1 684	0	469	1 215
	2	21 255	21 236	17 838	11 249	337	0	0	1 552
	3	18 414	18 398	15 454	9 961	365	0	6	359
	6	14 950	14 935	12 545	9 199	1 465	0	469	996
	7	19 411	19 395	16 292	9 628	360	0	0	360
Kodiak	8	21 465	21 445	18 014	12 210	315	0	8	307
	3	16 425	16 412	13 786	7 303	255	0	0	255
Buje Muelle Dodge	10	13 747	13 736	11 538	6 434	303	0	0	303
	3	14 882	14 870	12 491	7 211	438	0	0	438
	11	14 690	14 678	12 330	7 050	440	0	0	440
		17 274,5	17 197,3	14 445,8	8 937,9	601,4	0,0	107,9	493,5

$$A * B^* = Y_e$$

$$\begin{bmatrix} 1 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & -1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & -1 & -1 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -5,1 & 1 \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} B^*_1 \\ B^*_2 \\ B^*_3 \\ B^*_4 \\ B^*_5 \\ B^*_6 \\ B^*_7 \\ B^*_8 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 17 294,5 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}$$

Costos exergéticos y costos exergoeconómicos de los flujos del modelo exergético de la Troqueladora.

Flujo	B(J)	Valorando los desechos				No valorando los desechos			
		k* (tpu)	B* (J)	c* (\$/kJ)	Π (\$)	k* (tpu)	B* (J)	c* (\$/kJ)	Π (\$)
1	17 274,5	1,0000	17 294,5	0,0575	0,9925	1,0000	17 294,5	0,0575	0,9925
2	17 197,3	1,0057	17 294,5	0,0577	0,9925	1,0057	17 294,5	0,0577	0,9925
3	14 445,8	1,1972	17 294,5	0,0687	0,9925	1,1972	17 294,5	0,0687	0,9925
4	8 937,9	1,9350	17 294,5	0,1110	0,9925	1,9350	17 294,5	0,1110	0,9925
5	601,4	28,7571	17 294,5	1,6503	0,9925	28,7571	17 294,5	1,6503	0,9925
6	0,0	-	0,0	-	0,0	-	0,0	-	0,0
7	107,9	28,7757	3 104,9	1,5931	0,1719	0,0	0,0	0,0	0,0
8	493,5	28,7530	14 189,6	0,6014	0,8206	35,0446	17 294,5	2,0111	0,9925

TORNOS

EQUIPO: TORNO REVÓLVER – E & B												
REPUESTO	OPER	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Soporte Motor Bisón	1,2,3 y 4	111 267	73 464,2	37 764,7	60 240,6	25 760,6	37 763,6	26 434,5	28,9	0,0	18 160,5	7 600,1

$$A * B^* = Y_e$$

**METODOLOGÍA PARA EL USO RACIONAL Y EFICIENTE DE LA ENERGÍA DESDE EL ENFOQUE EXERGÉTICO
EN INDUSTRIA CAUCHOS RECORD LTDA.**

ANEXO T. Comportamiento de los Equipos.

$$\begin{bmatrix} 1 & -1 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & -1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 1 & -1 & -1 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & -0,52 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -0,42 & 1 & 0 \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} B^*_1 \\ B^*_2 \\ B^*_3 \\ B^*_4 \\ B^*_5 \\ B^*_6 \\ B^*_7 \\ B^*_8 \\ B^*_9 \\ B^*_{10} \\ B^*_{11} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 111\,267,1 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}$$

Costos exergéticos y costos exergoeconómicos de los flujos del modelo exergético del Torno Revólver.

Flujo	B(J)	Valorando los desechos				No valorando los desechos			
		k (tpu)	B (J)	c (\$/kJ)	Π (\$)	k (tpu)	B (J)	c (\$/kJ)	Π (\$)
1	111 267,1	1,0000	111 267,1	0,0755	8,4007	1,0000	111 267,1	0,0755	8,4007
2	73 464,2	1,0024	73 643,03	0,0755	5,5466	1,0024	73 643,03	0,0755	5,5466
3	37 802,9	1,0000	37 804,07	0,0755	2,8541	1,0000	37 804,07	0,0755	2,8541
4	60 240,6	1,2195	73 463,03	0,0921	5,5466	1,2194	73 463,03	0,0921	5,5466
5	25 760,6	2,8518	73 463,03	0,2153	5,5466	2,8518	73 463,03	0,2153	5,5466
6	37 763,6	1,0011	37 804,07	0,0756	2,8541	1,0011	37 804,07	0,0756	2,8541
7	26 434,5	1,4301	37 804,07	0,1080	2,8541	1,4301	37 804,07	0,1080	2,8541
8	28,9	1 308,0993	37 804,07	98,7578	2,8541	1 308,0993	37 804,07	98,7578	2,8541
9	0,0	-	0,0	-	0,0	-	0,0	-	0,0
10	18 160,5	4,3193	78 439,97	0,3261	5,9223	0,0	0,0	0,0	0,0
11	7 600,1	4,3193	32 827,13	0,3261	2,4784	14,6402	111 267,1	1,1053	8,4007

EQUIPO: TORNO PARALELO – E & B												
REPUESTO	OPER	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Buje Muelle Delantero NPR	1	175728	126854	48786,9	101483	34818,1	48785,4	36589,1	36,1	0,0	1244,8	33609,5
	2	53880,9	35448,3	18408,5	28358,7	3204,3	18407,9	13805,9	13,6	0,0	29,8	3188,1
	4	168770,9	120538	48152,1	96430,4	30632,6	48150,7	36113,0	35,7	0,0	2866,2	27730,7
	5	145312,8	101717,2	43527,4	81373,7	21895,5	43526,0	32644,5	32,2	0,0	13262,1	8665,6
	1	151377	108820	42484,9	87056,2	28792,7	42483,2	31862,4	31,5	0,0	1074,2	27749,9
Buje Muelle Dodge	2	76834,8	50684,1	26116,4	40547,3	4731,1	26115,6	19586,7	19,3	0,0	46,0	4704,4
	4	192085	140165	51824,8	112132,3	41059,5	51823,2	38867,4	38,4	0,0	11075,1	30022,8
	5	190599	137955	52550,2	110364	38296,3	52548,6	39411,5	38,9	0,0	12096,9	26238,3
		144323,5	102772,7	41481,4	82218,2	25428,8	41480,1	31110,1	30,71	0,0	5211,9	20238,7

$$A * B^* = Y_e$$

$$\begin{bmatrix} 1 & -1 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & -1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 1 & -1 & -1 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & -0,42 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -3,88 & 1 & 0 \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} B^*_1 \\ B^*_2 \\ B^*_3 \\ B^*_4 \\ B^*_5 \\ B^*_6 \\ B^*_7 \\ B^*_8 \\ B^*_9 \\ B^*_{10} \\ B^*_{11} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 144\,323,5 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}$$

Costos exergéticos y costos exergoeconómicos de los flujos del modelo exergético del Torno Paralelo.

Flujo	B(J)	Valorando los desechos				No valorando los desechos			
		k (tpu)	B (J)	c (\$/kJ)	Π (\$)	k (tpu)	B (J)	c (\$/kJ)	Π (\$)
1	144 323,5	1,0000	144 323,5	0,0755	10,8964	1,0000	144323,5	0,0755	10,8964
2	99 332,5	1,0244	101 758,1	0,0774	7,6865	1,0244	101758,1	0,0774	7,6865
3	41 481,4	1,0261	42 565,4	0,0774	3,2099	1,0261	42565,4	0,0774	3,2099
4	82 218,2	1,2377	101 758,1	0,0935	7,6865	1,2377	101758,1	0,0935	7,6865
5	25 428,8	4,0017	101 758,1	0,3023	7,6865	4,0017	101758,1	0,3023	7,6865
6	41 480,1	1,0262	42 565,4	0,0774	3,2099	1,0262	42565,4	0,0774	3,2099
7	31 110,1	1,3650	42 465,4	0,1032	3,2099	1,3650	42465,4	0,1032	3,2099
8	30,71	1 386,0440	42 565,4	104,5230	3,2099	1 386,0440	42565,4	104,5230	3,2099
9	0,0	-	0,0	-	0,0	-	0,0	-	0,0

**METODOLOGÍA PARA EL USO RACIONAL Y EFICIENTE DE LA ENERGÍA DESDE EL ENFOQUE EXERGÉTICO
EN INDUSTRIA CAUCHOS RECORD LTDA.**

ANEXO T. Comportamiento de los Equipos.

10	5 211,9	5,6707	29 555,1	0,4281	2,2314	0,0000	0,0	0,0	0,0
11	20 238,7	5,6707	114 768,4	0,4281	8,6650	7,1311	144323,5	0,5384	10,8964

EQUIPO: TORNO JUMBO – E & B												
REPUESTO	OPER	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Soporte Trasero Motor	1	159004	116514	42366,4	99036,5	27286,4	42364,0	34738,5	34,9	0,0	1526,3	25795,0
	3	178239	132453	45646,8	112585	35279,5	45644,3	37428,4	37,6	0,0	4702,0	30615,1
	4	158600	115390	43086,5	98081,4	25161,8	43084,1	35329,0	35,5	0,0	13501,6	11695,7
	5	59960,7	41150,9	18762,8	34978,3	3224,1	18761,8	15384,7	15,4	0,0	71,46	3311,0
	6	58158,7	39910,5	18202,7	33923,9	3117,6	18201,7	14925,4	15,0	0,0	70,66	3061,9
	11	145627	106868	38645,8	90837,6	25433,4	38643,7	31687,8	31,8	0,0	841,8	24623,4
	13	196856	146454	50247,5	124486	39446,5	50244,8	41200,7	41,4	0,0	17100,2	22387,7
	14	167051	122315	44606,7	103967	28475,0	44604,2	36575,5	36,7	0,0	13181,3	15330,4
	15	85107,5	58197,0	26844,0	49467,4	4036,6	26842,6	22010,9	22,1	0,0	113,8	3944,9
	2	164710	121665	43006,5	103415	29780,5	43004,1	35263,4	35,4	0,0	636,6	29179,3
Kodiak	4	345970	271807	73891,1	231036	104608	73887,0	60587,4	60,8	0,0	69081,4	35587,4
	9	156490	115885	40566,1	98502,6	29093,8	40563,9	33262,4	33,4	0,0	1213,6	27913,6
	11	181291	133318	47927,2	113320	31372,2	47924,6	39298,1	39,5	0,0	15979,0	15432,7
Buje Muelle Dodge	9	147953	108233	39605,9	91997,6	24185,5	39603,8	32475,1	32,6	0,0	835,1	23383,0
	10	48870,7	33790,7	15042,3	28722,1	2967,2	15041,4	12334,0	12,4	0,0	35,5	2944,1
	12	179815	132748	46927,0	112836	32598,0	46924,5	38478,1	38,6	0,0	15138,7	17497,9
		152 107	112294	39711,0	95449,5	27879,1	39708,8	32561,2	32,7	0,0	9626,8	17472,5

$$A * B^* = Y_e$$

$$\begin{bmatrix} 1 & -1 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & -1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 1 & -1 & -1 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & -0,36 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1,82 & 1 & 1 \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} B^*_1 \\ B^*_2 \\ B^*_3 \\ B^*_4 \\ B^*_5 \\ B^*_6 \\ B^*_7 \\ B^*_8 \\ B^*_9 \\ B^*_{10} \\ B^*_{11} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 152 106,5 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}$$

Costos exergéticos y costos exergoeconómicos de los flujos del modelo exergético del Torno Jumbo.

Flujo	B(J)	Valorando los desechos				No valorando los desechos			
		k (tpu)	B' (J)	c' (\$/kJ)	Π (\$)	k (tpu)	B' (J)	c' (\$/kJ)	Π (\$)
1	152 106,5	1,0000	152 106,5	0,0755	11,4840	1,0000	152 106,5	0,0755	11,4840
2	112 293,7	1,0000	112 297,2	0,0796	8,9412	1,0000	112 297,2	0,0796	8,9412
3	39 711,0	0,9830	39 809,3	0,0640	2,5428	0,9830	39 809,3	0,0640	2,5428
4	95 449,5	1,1765	112 297,2	0,0937	8,9412	1,1765	112 297,2	0,0937	8,9412
5	27 879,1	4,0280	112 297,2	0,0321	8,9412	4,0280	112 297,2	0,0321	8,9412
6	39 708,8	1,0025	39 809,3	0,0640	2,5428	1,0025	39 809,3	0,0640	2,5428
7	32 561,2	1,2226	39 809,3	0,0781	2,5428	1,2226	39 809,3	0,0781	2,5428
8	32,7	1 217,4100	39 809,3	77,7615	2,5428	1 217,4100	39 809,3	77,7615	2,5428
9	0,0	-	0,0	-	0,0	-	0,0	-	0,0
10	9 626,8	5,6129	54 034,3	0,7691	7,4044	0,0	0,0	0,0	0,0
11	17 472,5	5,6129	98 072,2	0,2335	4,0796	8,7055	152 106,5	0,6573	11,4840

TANQUES DE TRATAMIENTOS QUÍMICOS

EQUIPO: TANQUE DE DESENGRASE – E						
REPUESTO	OPER	1	2	3	4	5
Complemento Soporte Delantero Motor	3	205 901,9	10 416,8	10 408,6	0,0	10 408,6
Soporte Motor – Bisón	5	418 965,5	21 196,4	21 179,7	0,0	21 179,7
Buje Muelle Delantero – NPR	6	367 513,6	18 591,3	18 577,0	0,0	18 577,0
Soporte Trasero Motor	8	590 848,8	29 890,7	29 867,5	0,0	29 867,5

**METODOLOGÍA PARA EL USO RACIONAL Y EFICIENTE DE LA ENERGÍA DESDE EL ENFOQUE EXERGÉTICO
EN INDUSTRIA CAUCHOS RECORD LTDA.**

ANEXO T. Comportamiento de los Equipos.

	17	590 848,8	29 890,7	29 867,5	0,0	29 867,5
Soporte Izquierdo Motor R4/R6	4	418 965,5	21 192,9	21 176,9	0,0	21 176,9
	9	442 241,4	22 370,9	22 353,9	0,0	22 353,9
Kodiak	5	459 392,0	23 242,3	23 223,8	0,0	23 223,8
	12	459 392,0	23 242,3	23 223,8	0,0	23 223,8
Buje Muelle Dodge	6	1 132 204,4	57 278,7	57 233,9	0,0	57 233,9
	13	1 038 103,4	52 517,5	52 476,6	0,0	52 476,6
		514 076,8	26 007,0	25 986,7	0,0	25 986,7

EQUIPO:		TANQUE DE DESENGRASE – B				
REPUESTO	OPER	1	2	3	4	5
Complemento Soporte Delantero Motor	3	135 145,2	2 104,1	2 103,3	0,0	2 103,3
	8	137 495,6	2 140,9	2 140,0	0,0	2 140,0
Soporte Motor – Bisón	5	274 991,1	4 281,7	4 280,1	0,0	4 280,1
	6	241 220,3	3 754,8	3 753,5	0,0	3 753,5
Buje Muelle Delantero – NPR	13	229 159,3	3 567,3	3 566,1	0,0	3 566,1
	8	387 808,0	6 037,4	6 035,3	0,0	6 035,3
Soporte Trasero Motor	17	387 808,0	6 037,4	6 035,3	0,0	6 035,3
	4	274 991,1	4 279,8	4 278,5	0,0	4 278,5
Soporte Izquierdo Motor R4/R6	9	290 268,4	4 517,9	4 516,5	0,0	4 516,5
	5	301 525,3	4 695,2	4 693,3	0,0	4 693,3
Kodiak	12	301 525,3	4 695,2	4 693,2	0,0	4 693,2
	6	743 130,7	11 569,7	11 565,5	0,0	11 565,5
Buje Muelle Dodge	13	681 366,9	10 607,8	10 604,0	0,0	10 604,0
			337 418,1	5 253,0	5 251,1	0,0

$$A * B^* = Y_e$$

$$\begin{bmatrix} 1 & -1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 1 & -1 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} B^*_1 \\ B^*_2 \\ B^*_3 \\ B^*_4 \\ B^*_5 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 337 418,1 \\ 0 \end{bmatrix}$$

Costos exergéticos y costos exergoeconómicos de los flujos del modelo exergético del TTQ1.

Flujo	B(J)	k ⁺ (tpu)	B ⁺ (J)	c ⁺ (\$/kJ)	Π (\$)
1	337 418,1	1,0000	337 418,1	0,0144	4,8690
2	5 253,0	64,2334	337 418,1	0,9269	4,8690
3	5 251,1	64,2567	337 418,1	0,9272	4,8690
4	0,0	-	0,0	-	0,0
5	5 251,1	64,2567	337 418,1	0,9272	4,8690

EQUIPO:		TANQUE DE FOSFORADO – E				
REPUESTO	OPER	1	2	3	4	5
Complemento Soporte Delantero Motor	4	367 042,4	34 234,1	34 216,4	0,0	34 216,4
	9	366 594,8	34 193,4	34 175,5	0,0	34 175,5
Soporte Motor – Bisón	6	768 103,4	71 647,7	71 609,4	0,0	71 609,4
	7	624 773,1	58 260,4	58 232,7	0,0	58 232,7
Buje Muelle Delantero – NPR	14	548 645,3	51 159,9	51 135,9	0,0	51 135,9
	9	1 154 840,8	107 718,8	107 661,8	0,0	107 661,8
Soporte Trasero Motor	18	1 154 840,8	107 718,8	107 661,8	0,0	107 661,8
	6	863 657,0	80 568,1	80 523,6	0,0	80 523,6
Kodiak	13	845 281,3	78 851,5	78 808,4	0,0	78 808,4
	7	2 124 753,7	198 185,8	198 081,5	0,0	198 081,5
Buje Muelle Dodge	14	1 992 413,8	185 843,0	185 744,9	0,0	185 744,9
			982 813,3	91 671,0	91 622,9	0,0

$$A * B^* = Y_e$$

$$\begin{bmatrix} 1 & -1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 1 & -1 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} E^*_1 \\ E^*_2 \\ E^*_3 \\ E^*_4 \\ E^*_5 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 982 813,3 \\ 0 \end{bmatrix}$$

**METODOLOGÍA PARA EL USO RACIONAL Y EFICIENTE DE LA ENERGÍA DESDE EL ENFOQUE EXERGÉTICO
EN INDUSTRIA CAUCHOS RECORD LTDA.**

ANEXO T. Comportamiento de los Equipos.

EQUIPO:		TANQUE DE FOSFORADO – B				
REPUESTO	OPER	1	2	3	4	5
Complemento Soporte Delantero Motor	4	240 911,0	6 935,1	6 930,5	0,0	6 930,5
Soporte Motor – Bisón	6	504 150,4	14 516,5	14 506,1	0,0	14 506,1
Buje Muelle Delantero – NPR	7	410 074,5	11 798,0	11 791,5	0,0	11 791,5
	14	360 107,4	10 359,6	10 354,0	0,0	10 354,0
Soporte Trasero Motor	9	757 988,3	21 823,7	21 808,4	0,0	21 808,4
	18	757 988,3	21 823,7	21 808,4	0,0	21 808,4
Kodiak	6	566 867,6	16 326,3	16 313,9	0,0	16 313,9
	13	554 806,6	15 977,6	15 965,7	0,0	15 965,7
Buje Muelle Dodge	7	1 394 597,8	40 151,3	40 123,6	0,0	40 123,6
	14	1 307 735,5	37 651,1	37 625,0	0,0	37 625,0
		645 076,8	18 571,8	18 559,1	0,0	18 559,1

$$A * B^* = Y_e$$

$$\begin{bmatrix} 1 & -1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 1 & -1 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} B^*_1 \\ B^*_2 \\ B^*_3 \\ B^*_4 \\ B^*_5 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 645\,076,8 \\ 0 \end{bmatrix}$$

Costos exergéticos y costos exergoeconómicos de los flujos del modelo exergético del TTQ2.

Flujo	B(J)	k'(tpu)	B*(J)	c'(\$/kJ)	Π (\$)
1	645 076,8	1,0000	645 076,8	0,0144	9,3085
2	18 571,8	34,7342	645 076,8	0,5012	9,3085
3	18 559,1	34,7580	645 076,8	0,5016	9,3085
4	0,0	-	0,0	-	0,0
5	18 559,1	34,7580	645 076,8	0,5016	9,3085

CINCADORA

EQUIPO:		CINCADORA – E&B				
REPUESTO	OPER	1	2	3	4	5
Soporte Izquierdo Motor R4/R6	5	246 549,8	246 407,0	160 000,0	0,0	160 000,0
	10	203 288,7	203 175,4	130 285,7	0,0	130 285,7
		224 919,3	224 791,2	145 142,9	0,0	145 142,9

$$A * B^* = Y_e$$

$$\begin{bmatrix} 1 & -1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 1 & -1 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} B^*_1 \\ B^*_2 \\ B^*_3 \\ B^*_4 \\ B^*_5 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 224\,919,3 \\ 0 \end{bmatrix}$$

Costos exergéticos y costos exergoeconómicos de los flujos del modelo exergético de la cincadora.

Flujo	B(J)	k'(tpu)	B*(J)	c'(\$/kJ)	Π (\$)
1	224 919,3	1,0000	224 919,3	0,0755	16,9814
2	224 791,2	1,0006	224 919,3	0,0755	16,9814
3	145 142,9	1,5496	224 919,3	0,1170	16,9814
4	0,0	-	0,0	-	0,0
5	145 142,9	1,5496	224 919,3	0,1170	16,9814

GENERADOR DE ACEITE CALIENTE

EQUIPO		GENERADOR DE ACEITE CALIENTE – E (MJ)									
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
72,925	72,896	59,775	77,592	77,572	62,833	2 632,500	1 263,600	1 368,900	1 280,430	1 381,984	957,299

EQUIPO:		GENERADOR DE ACEITE CALIENTE – B (MJ)									
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
72,925	72,896	59,775	77,592	77,572	62,833	1 677,542	805,220	872,322	822,050	885,406	224,795

$$A * B^* = Y_e$$

$$\begin{bmatrix} 1 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & -1 & -1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & -1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1,083 & 1 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} B^*_1 \\ B^*_2 \\ B^*_3 \\ B^*_4 \\ B^*_5 \\ B^*_6 \\ B^*_7 \\ B^*_8 \\ B^*_9 \\ B^*_{10} \\ B^*_{11} \\ B^*_{12} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 72 924 483 \\ 77 591 650 \\ 1 677 542 322 \\ 0 \end{bmatrix}$$

Costos exergeticos y costos exergoeconomicos de los flujos del modelo exergetico.

Flujo	B(J)	k'(tpu)	B'(J)	c' (\$/kJ)	Π (\$)
1	72 924 483	1,0000	72 924 483	0,0755	5 505,8
2	72 895 907	1,0004	72 924 483	0,0755	5 505,8
3	59 774 644	1,2200	72 924 483	0,0921	5 505,8
4	77 591 650	1,0000	77 591 650	0,0755	5 858,2
5	77 572 119	1,0003	77 591 650	0,0755	5 858,2
6	62 833 416	1,2349	77 591 650	0,0932	5 858,2
7	1 677 542 322	1,0000	1 677 542 322	0,0144	24 206,9
8	805 220 314	1,0000	805 220 314	0,0144	11 619,3
9	872 322 007	1,0000	872 322 007	0,0144	12 587,6
10	822 050 315	1,0684	878 273 653	0,0208	17 125,1
11	885 406 387	1,0727	949 784 802	0,0208	18 445,8
12	224 794 544	8,1321	1 828 058 455	0,1582	35 570,9

SISTEMA HIDRÁULICO

EQUIPO:		SISTEMA HIDRÁULICO – B (J)											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
79 052 947	79 051 166	67 193 491	225 646	223 249	318 515	369 232	146 072	369 513	288 763	375 129	407 643	264 699	432 804

$$A * B^* = Y_e$$

$$\begin{bmatrix} 1 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & -1 & -1 & -1 & -1 & -1 & -1 & -1 & -1 & -1 & -1 & -1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & -1,011 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & -0,701 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & -0,863 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & -2,528 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & -0,395 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & -1,280 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & -0,770 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & -0,920 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & -1,540 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & -0,612 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} B^*_1 \\ B^*_2 \\ B^*_3 \\ B^*_4 \\ B^*_5 \\ B^*_6 \\ B^*_7 \\ B^*_8 \\ B^*_9 \\ B^*_{10} \\ B^*_{11} \\ B^*_{12} \\ B^*_{13} \\ B^*_{14} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 79 052 947 \end{bmatrix}$$

**METODOLOGÍA PARA EL USO RACIONAL Y EFICIENTE DE LA ENERGÍA DESDE EL ENFOQUE EXERGÉTICO
EN INDUSTRIA CAUCHOS RECORD LTDA.**

ANEXO T. Comportamiento de los Equipos.

Flujo	B(J)	k*(tpu)	B*(J)	c* (\$/kj)	Π (\$)
1	79 052 947	1,0000	79 052 947	0,0755	5968,50
2	79 051 166	1,0000	79 052 947	0,0755	5968,50
3	67 193 491	1,1765	79 052 947	0,0888	5968,50
4	225 646	23,1036	5 213 234	1,7443	393,60
5	223 249	23,1044	5 158 043	1,7444	389,43
6	318 515	23,1046	7 359 171	1,7444	555,62
7	369 232	23,1057	8 531 383	1,7445	644,12
8	146 072	23,1061	3 375 156	1,7445	254,82
9	369 513	23,1067	8 538 215	1,7446	644,64
10	288 763	23,1074	6 672 566	1,7446	503,78
11	375 129	23,1065	8 667 921	1,7445	654,43
12	407 643	23,1075	9 419 606	1,7446	711,18
13	264 699	23,1078	6 116 627	1,7447	461,81
14	432 804	23,1075	10 001 025	1,7446	755,08

VULCANIZADORAS

EQUIPO: VULCANIZADORAS – E										
REPUESTO	OPER	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Soporte Mediano Tandem	2	15 306 211	1 915 738,0	225 645,8	3 691,0	0,0	0,0	0,0	48 117,4	310 000,5
Complemento Soporte Delantero	11	1 894 469	151 384,6	225 645,8	2 629,2	0,0	0,0	0,0	2 456,3	27 906,7
Soporte Motor Bisón	8	1 686 741	168 919,2	369 232,5	4 787,0	0,0	0,0	0,0	7 023,4	36 449,6
Caucho Eje Cardán	1	2 260 285	459 398,7	223 249,3	3 192,6	0,0	0,0	0,0	33 714,3	195 845,5
Soporte Trailer Dite	1	1 962 499	289 167,7	223 249,3	2 705,9	0,0	0,0	0,0	38 220,4	193 807,7
Buje Muelle Delantero NPR	16	1 455 103	127 358,4	146 072,3	3 429,5	0,0	0,0	0,0	8 964,5	36 380,0
Soporte Trasero Motor	20	3 453 872	258 771,6	318 515,1	3 911,9	0,0	0,0	0,0	11 243,8	67 103,8
Soporte Izquierdo Motor R4/R6	11	3 285 622	257 060,6	225 645,8	2 507,2	0,0	0,0	0,0	9 113,2	43 660,5
Kodiak	15	3 310 879	242 201,8	369 232,5	3 222,0	0,0	0,0	0,0	11 260,2	50 259,1
Buje Muelle Dodge	16	1514 197	157 014,0	318 515,1	2 767,2	0,0	0,0	0,0	11 254,7	38 444,7
		3 612 987,8	402 701,5	264 500,4	3 284,4	0,0	0,0	0,0	18 136,8	99 985,8

EQUIPO: VULCANIZADORAS – B										
REPUESTO	OPER	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Soporte Mediano Tandem	2	3 762 060,0	380 748,0	225 645,8	3 691,0	0	0	0	33 596,3	193 127,5
Complemento Soporte Delantero	11	447 987,3	35 318,0	225 645,8	2 629,2	0	0	0	1 723,2	19 003,4
Soporte Motor Bisón	8	400 403,3	33 694,5	369 232,5	4 787,0	0	0	0	4 850,5	24 611,8
Caucho Eje Cardán	1	543 278,0	87 253,7	223 249,3	3 192,6	0	0	0	23 378,4	136 783,6
Soporte Trailer Dite	1	475 444,1	51 993,0	223 249,3	2 705,9	0	0	0	27 205,5	138 733,6
Buje Muelle Delantero NPR	16	331 591,7	26 804,9	146 072,3	3 429,5	0	0	0	6 386,6	25 281,9
Soporte Trasero Motor	20	760 562,4	51 769,3	318 515,1	3 911,9	0	0	0	7 990,6	46 980,2
Soporte Izquierdo Motor R4/R6	11	832 132,9	54 366,5	225 645,8	2 507,2	0	0	0	6 415,7	29 091,0
Kodiak	15	796 524,6	48 382,5	369 232,5	3 222,0	0	0	0	7 993,8	33 704,3
Buje Muelle Dodge	16	334 970,6	31 202,1	318 515,1	2 767,2	0	0	0	7 992,7	25 743,2
		868 495,5	80 153,3	264 500,4	3 284,4	0	0	0	12 753,3	67 306,1

$$A * B^* = Y_e$$

$$\begin{bmatrix} 1 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & -1 & -1 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -5,28 & 1 & 0 \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} B^*_1 \\ B^*_2 \\ B^*_3 \\ B^*_4 \\ B^*_5 \\ B^*_6 \\ B^*_7 \\ B^*_8 \\ B^*_9 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 868 495,5 \\ 264 500,4 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}$$

**METODOLOGÍA PARA EL USO RACIONAL Y EFICIENTE DE LA ENERGÍA DESDE EL ENFOQUE EXERGÉTICO
EN INDUSTRIA CAUCHOS RECORD LTDA.**

ANEXO T. Comportamiento de los Equipos.

Costos exergéticos y costos exergoeconómicos de los flujos del modelo exergético de la planchas de vulcanizado.

Flujo	B(J)	Valorando los desechos				No valorando los desechos			
		k' (tpu)	B' (J)	c' (\$/kJ)	Π (\$)	k' (tpu)	B' (J)	c' (\$/kJ)	Π (\$)
1	868 495,5	1,0000	868 495,5	0,0144	12,5324	1,0000	868 495,5	0,0144	12,5324
2	80 153,3	10,8354	868 495,5	0,1564	12,5324	10,8354	868 495,5	0,1564	12,5324
3	264 500,4	1,0000	264 500,4	0,0755	19,9698	1,0000	264 500,4	0,0755	19,9698
4	3 284,4	80,5323	264 500,4	6,0802	19,9698	80,5323	264 500,4	6,0802	19,9698
5	0,0	-	0,0	-	0,0	-	0	-	0,0
6	0,0	-	0,0	-	0,0	-	0	-	0,0
7	0,0	-	0,0	-	0,0	-	0	-	0,0
8	12 753,3	14,1464	180 413,4	0,4060	5,1775	0,0000	0	-	0,0
9	67 306,1	14,1530	952 582,5	0,4060	27,3247	16,8335	1 132 995,9	0,4829	32,5022

MOLINO

EQUIPO: MOLINO – E&B (MJ)											
Espesor pesadas	Diarias	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
5mm	4	14 076 629	14 056 191	9 839 334	9 099 951	370 297	370 221	222 132	536	0	9 100 487
7mm	3	16 495 085	16 476 851	11 531 696	10 646 709	443 218	443 126	265 876	642	0	10 647 351
8mm	3	18 017 956	17 994 504	12 596 153	11 617 691	489 031	488 930	293 358	708	0	11 620 399
10mm	2	19 757 908	19 733 705	13 813 594	12 667 712	573 879	573 761	344 256	831	0	12 668 543
		16 612 788	16 591 437	11 614 006	10 711 202	452 141	452 048	271 229	655	0	10 711 857

$$A * B^* = Y_e$$

$$\begin{bmatrix}
 1 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
 0 & 1 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
 0 & 0 & 1 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & -1 & 0 & 0 & 0 \\
 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & -1 & 0 \\
 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0
 \end{bmatrix}
 *
 \begin{bmatrix}
 B^*_1 \\
 B^*_2 \\
 B^*_3 \\
 B^*_4 \\
 B^*_5 \\
 B^*_6 \\
 B^*_7 \\
 B^*_8 \\
 B^*_9 \\
 B^*_{10}
 \end{bmatrix}
 =
 \begin{bmatrix}
 0 \\
 0 \\
 0 \\
 0 \\
 0 \\
 0 \\
 0 \\
 16 661 788 \\
 452 141,2 \\
 0
 \end{bmatrix}$$

Costos exergéticos y costos exergoeconómicos de los flujos del modelo exergético del molino.

Flujo	B(J)	k' (tpu)	B' (J)	c' (\$/kJ)	Π (\$)
1	16 612 787,7	1,0000	16 612 787,7	0,0755	1 254,27
2	16 591 436,9	1,0013	16 612 787,7	0,0756	1 254,27
3	11 614 005,8	1,4271	16 612 787,7	0,1077	1 254,27
4	10 711 202,3	1,5510	16 612 787,7	0,1171	1 254,27
5	452 141,2	1,0000	452 141,2	0,0755	34,14
6	452 047,6	1,0002	452 141,2	0,0755	34,14
7	271 228,6	1,6670	452 141,2	0,1259	34,14
8	654,9	690,3973	452 141,2	52,1301	34,14
9	0		0		35 274,91
10	10 711 857,1	1,5931	17 064 928,9	3,4133	36 563,31

ANEXO U. ANÁLISIS TERMOECONÓMICO POR EQUIPOS

En este anexo se presenta el análisis termoeconómico de los siguientes repuestos:

- Soporte Mediano Tandem
- Complemento Soporte Delantero
- Soporte Trailer Dite
- Buje Muelle Delantero NPR
- Soporte Izquierdo Motor
- Kodiak
- Buje Muelle Dodge

SOPORTE MEDIANO TANDEM

El diagrama del sistema de producción, figura U1, se presenta en un solo bloque, debido a que solo se emplea un equipo para la fabricación del repuesto, las planchas de vulcanizado.

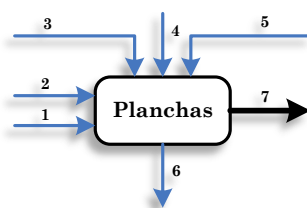


Figura U1. Diagrama por equipos del sistema del proceso de producción del repuesto Soporte Mediano Tandem.

La producción de este repuesto requiere 4,19MJ en total, y 21,7J para generar 1J de valor agregado en la pieza, lo que cuesta \$ 3 651,2 (ver tabla U1). Se presentan durante el proceso pérdidas exergéticas de 0,64MJ debido al desperdicio de caucho con un costo de \$540,9.

Tabla U1. Costos exergéticos y costos exergoeconómicos del repuesto Soporte Mediano Tandem.

Flujo	Valorando los desechos					No valorando los desechos				
	B(J)	k ⁺ (tpu)	B ⁺ (J)	c ⁺ (\$/kJ)	Π (\$)	k ⁺ (tpu)	B ⁺ (J)	c ⁺ (\$/kJ)	Π (\$)	
1	3 762 059,6	1,0000	3 762 059,6	0,0963	362,4	1,0000	3 762 059,6	0,0963	362,4	
2	225 645,8	1,0000	225 645,8	0,1921	43,3	1,0000	225 645,8	0,1921	43,3	
3	205 863,8	1,0000	205 863,8	3,6208	745,4	1,0000	205 863,8	3,6208	745,4	
4	0,0	-	0,0	-	2 500,0	-	0,0	-	2 500,0	
5	0,0	-	0,0	-	0,0	-	0,0	-	0,0	
6	33 596,3	19,1739	644 173,5	16,1003	540,9	0,0000	0,0	0,0000	0,0	
7	193 127,5	18,3785	3 549 395,7	16,1046	3 110,2	21,7140	4 193 569,2	18,9054	3 651,2	

METODOLOGÍA PARA EL USO RACIONAL Y EFICIENTE DE LA ENERGÍA DESDE EL ENFOQUE EXERGÉTICO EN INDUSTRIA CAUCHOS RECORD LTDA.

ANEXO U. Análisis termoeconómico por equipos.

El 90% de la exergía requerida proviene del gas natural consumido, que representa menos del 10% de los costos (ver tabla U2 y figuras U2 y U3). La materia prima representa casi el 90% de los costos.

Tabla U2. Flujos entrantes del repuesto Soporte Mediano Tandem.

	Flujo	Exergía (J)	Porcentaje (%)
Gas Natural	1	3 762 059,9	89,72
Electricidad	2	225 645,8	5,38
MP – Caucho	3	205 863,8	4,90
MP – Acero	4	-	-
PIEZA PRODUCIDA	7	4 193 596,5	100,00

	Flujo	Costo (\$)	Porcentaje (%)
Gas Natural	1	362,4	9,93
Electricidad	2	43,3	1,19
MP – Caucho	3	745,4	20,42
MP – Acero	4	2 500,0	68,47
PIEZA PRODUCIDA	7	3 651,1	100,00

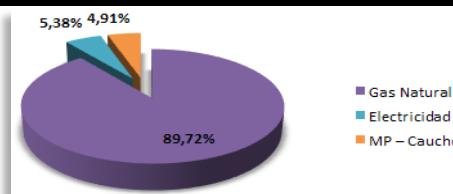


Figura U2. Participación exergética en el proceso de producción del repuesto Soporte Mediano Tandem.

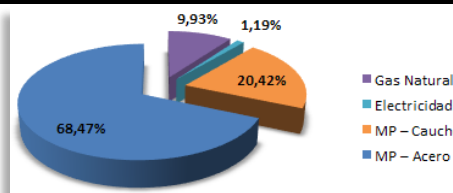


Figura U3. Participación económica en el proceso de producción del repuesto Soporte Mediano Tandem.

La eficiencia de la operación de vulcanizado no supera el 0,5%. Las pérdidas totales superan los 4,17MJ. Se aprovechan solo \$1,95 en la fabricación del repuesto y \$403,75 perdidos debido a las irreversibilidades del equipo de vulcanizado. El costo de 1 kJ perdido equivale a \$0,0968, medida que indica el ahorro potencial en función de la exergía que se logre conservar (ver tabla U3).

Tabla U3. Fuels, productos e irreversibilidades por equipo del repuesto Soporte Mediano Tandem.

Elemento	Exergía (J)			η_B	K_B	Costo (\$)			I (%) Parcial	I (%) Global	I \$/kJ
	F	P	I			P	F	I			
Planchas	4 193 569,2	20 860,0	4 172 709,2	0,0048	209,64	405,70	1,95	403,75	99,52	100,00	0,0968

COMPLEMENTO SOPORTE DELANTERO

El diagrama de producción característica del repuesto Complemento Soporte Delantero se muestra en la figura U4. Se identifican en total veintisiete (27) flujos, de un total nueve (9) operaciones. La materia prima: dos piezas de acero, se representan con los flujos 2 y 13, y caucho, con el flujo 25.

La pieza producida tiene un valor agregado de 39,2kJ y requirió 1,50MJ, con un costo de \$1 987. Por 1J de valor agregado a la pieza se consumen 38,3J (ver tabla U4). Se tienen pérdidas de exergía

**METODOLOGÍA PARA EL USO RACIONAL Y EFICIENTE DE LA ENERGÍA DESDE EL ENFOQUE EXERGÉTICO
EN INDUSTRIA CAUCHOS RECORD LTDA.**

ANEXO U. Análisis termoeconómico por equipos.

de 80kJ debido a desperdicio de material, con un costo de \$983,22, de los cuales 61,9kJ se deben al caucho desechado en el vulcanizado, el resto, 19,1kJ corresponden al acero desprendido de las dos piezas que conforman el repuesto.

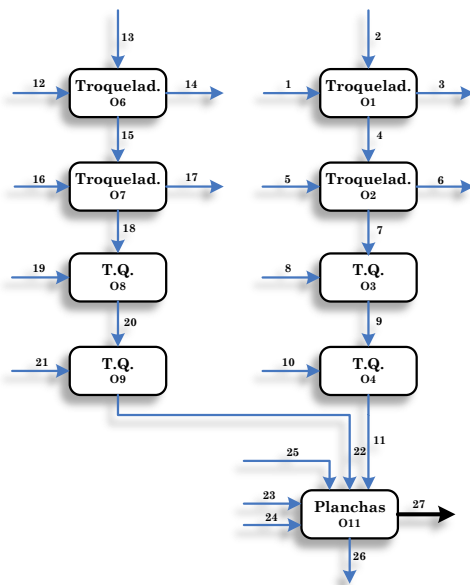


Figura U4. Diagrama por equipos del sistema del proceso de producción del repuesto Complemento Soporte Delantero.

Tabla U4. Costos exergéticos y costos exergoeconómicos del repuesto Complemento Soporte Delantero.

Flujo	B(J)	Valorando los desechos				No valorando los desechos			
		k (tpu)	B (J)	c (\$/kJ)	Π (\$)	k (tpu)	B (J)	c (\$/kJ)	Π (\$)
1	13 481,5	1,0000	13 481,5	0,0757	1,02	1,0000	13 481,5	0,0757	1,02
2	0,0	-	0,0		923,76	-	0,0		923,76
3	557,8	10,0705	5 617,3	690,8032	385,33	0,0000	0,0	0,0000	0,00
4	802,2	9,8033	7 864,2	672,4757	539,46	16,8057	13 481,5	1 152,8048	924,78
5	17 452,9	1,0000	17 452,9	0,0756	1,32	1,0000	17 452,9	0,0756	1,32
6	154,4	20,4961	3 164,6	437,8238	67,60	0,0000	0,0	0,0000	0,00
7	1 081,0	20,4926	22 152,5	437,7243	473,18	28,6165	30 934,4	856,7068	926,10
8	135 145,2	1,0000	135 145,2	0,0144	1,95	1,0000	135 145,2	0,0144	1,95
9	3 184,4	49,3963	157 297,7	149,2055	475,13	52,1541	166 079,6	291,4364	928,05
10	240 911,0	1,0000	240 911,0	0,0144	3,48	1,0000	240 911,0	0,0144	3,48
11	10 114,9	39,3685	398 208,7	47,3173	478,61	40,2367	406 990,6	92,0948	931,53
12	13 624,9	1,0000	13 624,9	0,0756	1,03	1,0000	13 624,9	0,0756	1,03
13	0,0	-	0,0		948,75	-	0,0		948,75
14	560,0	10,5784	5 923,9	737,4107	412,95	0,0000	0,0	0,0000	0,00
15	714,0	10,7857	7 701,0	751,8627	536,83	19,0825	13 624,9	1 330,2241	949,78
16	17 330,7	1,0000	17 330,1	0,0756	1,31	1,0000	17 330,7	0,0756	1,31
17	162,1	21,1536	3 429,0	454,7810	73,72	0,0000	0,0	0,0000	0,00
18	1 013,0	21,3255	21 602,7	458,4600	464,42	30,5583	30 955,6	938,8845	951,09
19	137 495,6	1,0000	137 495,6	0,0144	1,98	1,0000	137 495,6	0,0144	1,98
20	3 153,0	50,4593	159 098,3	147,9226	466,40	53,4257	168 451,2	302,2740	953,07
21	240 617,2	1,0000	240 617,2	0,0144	3,47	1,0000	240 617,2	0,0144	3,47
22	10 075,5	39,6720	399 715,5	46,6349	469,87	40,6003	409 068,4	94,9372	956,54
23	447 987,3	1,0000	447 981,3	0,1042	46,69	1,0000	447 981,3	0,1042	46,69
24	225 645,8	1,0000	225 645,8	0,0290	6,55	1,0000	225 645,8	0,0290	6,55
25	13 000,7	1,0000	13 000,7	3,5044	45,56	1,0000	13 000,7	3,5044	45,56
26	1 723,2	35,8962	61 856,3	25,3250	43,64	0,0000	0,0	0,0000	0,00
27	39 193,8	36,2990	1 422 695,6	25,6074	1 003,65	38,3399	1 502 686,8	50,6935	1 986,87

La tabla U5 y las figuras U5 y U6 muestra que el gas natural suministra el 80% de la exergía consumida y la energía eléctrica el 19,13% con costos similares, 2,90% y 2,29% del total, respectivamente. Se consume en el proceso de fabricación un total de 1,50MJ de exergía.

**METODOLOGÍA PARA EL USO RACIONAL Y EFICIENTE DE LA ENERGÍA DESDE EL ENFOQUE EXERGÉTICO
EN INDUSTRIA CAUCHOS RECORD LTDA.**

ANEXO U. Análisis termoeconómico por equipos.

Tabla U5. Flujos entrantes del repuesto Complemento Soporte Delantero.

	Flujo	Exergía (J)	Porcentaje (%)
Electricidad	1	13 481,5	0,90
	5	17 452,9	1,16
	12	13 624,9	0,91
	16	17 330,7	1,15
	24	225 645,8	15,02
	<i>Subtotal</i>	<i>287 535,8</i>	<i>19,13</i>
Gas Natural	8	135 145,2	8,99
	10	240 911,0	16,03
	19	137 495,6	9,15
	21	240 617,2	16,01
	23	447 987,3	29,81
	<i>Subtotal</i>	<i>1 202 156,3</i>	<i>80,00</i>
MP – Caucho	25	13 007,0	0,87
MP – Acero	2	-	-
	13	-	-
	<i>Subtotal</i>	<i>-</i>	<i>-</i>
PIEZA PRODUCIDA	27	1 502 699,1	100,00

	Flujo	Costo (\$)	Porcentaje (%)
Electricidad	1	1,02	0,05
	5	1,32	0,07
	12	1,03	0,05
	16	1,31	0,07
	24	6,55	0,33
	<i>Subtotal</i>	<i>11,23</i>	<i>0,57</i>
Gas Natural	8	1,95	0,10
	10	3,48	0,18
	19	1,98	0,10
	21	3,47	0,17
	23	46,69	2,35
	<i>Subtotal</i>	<i>57,57</i>	<i>2,90</i>
MP – Caucho	25	45,56	2,29
MP – Acero	2	923,76	46,50
	13	948,75	47,74
	<i>Subtotal</i>	<i>1 872,51</i>	<i>94,24</i>
PIEZA PRODUCIDA	27	1 986,87	100,00

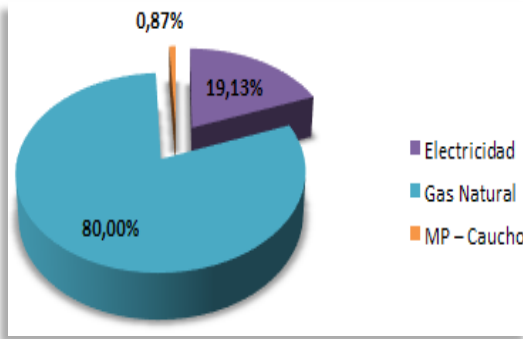


Figura U5. Participación exergética en el proceso de producción del repuesto Complemento Soporte Delantero.

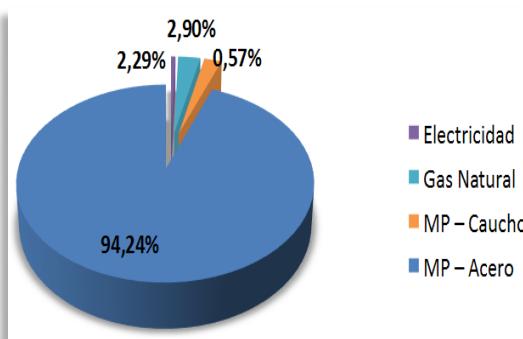


Figura U6. Participación económica en el proceso de producción del repuesto Complemento Soporte Delantero.

El 94,24% de los costos corresponden al acero utilizado. El costo de los demás recursos, gas natural, electricidad y caucho, aunque suministran la totalidad de la exergía consumida, representan a penas el 5,76% de los costos.

Las irreversibilidades en cada etapa del proceso, por equipo, se muestran por operaciones en la tabla U6. Se tiene una eficiencia total del proceso de 1,97%, con irreversibilidades de 1,46MJ. El costo de las irreversibilidades se encuentra en \$0,0418/kJ.

Los equipos térmicos presentan eficiencias entre el 2 y 3%, mientras que el equipo eléctrico, la Troqueladora, alcanza un 5,70% (ver tabla U7 y figura U7). El consumo de operación de los equipos térmicos es bastante mayor en comparación al consumo eléctrico. Lo cual se compensa por el precio más económico del gas natural.

METODOLOGÍA PARA EL USO RACIONAL Y EFICIENTE DE LA ENERGÍA DESDE EL ENFOQUE EXERGÉTICO EN INDUSTRIA CAUCHOS RECORD LTDA.

ANEXO U. Análisis termoeconómico por equipos.

Tabla U6. Fuels, productos e irreversibilidades por equipo del repuesto Complemento Soporte Delantero.

Operación	Elemento	Exergía (J)			η_b	K_b	Costo (\$)			I (%) Parcial	I (%) Global	I \$/kJ
		F	P	I			P	F	I			
O1	Troqueladora	13 481,5	1 360,0	12 121,5	0,1009	9,9129	1,02	0,1029	0,9171	89,91	1,50	0,0085
O2		17 452,9	432,8	17 020,1	0,0248	40,3256	1,32	0,0327	1,2873	97,52	2,11	0,0019
O6		13 624,9	1 274,0	12 350,9	0,0735	13,6034	1,03	0,0757	0,9543	92,65	1,56	0,0061
O7		17 330,7	461,1	16 869,6	0,0266	37,5856	1,31	0,0348	1,2752	97,34	2,09	0,0021
	<i>Subtotal</i>	<i>61 890,0</i>	<i>3 527,9</i>	<i>58 362,1</i>	<i>0,0570</i>	<i>17,5430</i>	<i>4,68</i>	<i>0,2668</i>	<i>4,4132</i>	<i>94,30</i>	<i>7,23</i>	<i>0,0756</i>
O3	TTQ1	135 145,2	2 103,4	133 041,8	0,0153	65,3683	1,95	0,0298	1,9202	98,47	3,15	0,0002
O8		137 495,6	2 140,0	135 355,6	0,0156	64,2503	1,98	0,0309	1,9491	98,44	3,19	0,0002
	<i>Subtotal</i>	<i>272 640,8</i>	<i>4 243,4</i>	<i>268 397,4</i>	<i>0,0156</i>	<i>64,2506</i>	<i>3,93</i>	<i>0,0613</i>	<i>3,8687</i>	<i>98,44</i>	<i>6,34</i>	<i>0,0144</i>
O4	TTQ2	240 911,0	6 930,5	233 980,5	0,0288	34,7610	3,48	0,1002	3,3798	97,12	5,54	0,0004
O9		240 617,2	6 922,5	233 694,7	0,0288	34,7587	3,47	0,0999	3,3701	97,12	5,52	0,0004
	<i>Subtotal</i>	<i>481 528,2</i>	<i>13 853,0</i>	<i>467 675,2</i>	<i>0,0288</i>	<i>34,7598</i>	<i>6,95</i>	<i>0,2002</i>	<i>6,7498</i>	<i>97,12</i>	<i>11,06</i>	<i>0,0144</i>
O11	Planchas	673 633,1	7 725,9	665 907,2	0,0147	87,1915	46,69	0,6863	46,0037	98,53	75,37	0,0691
TOTAL		1 489 692,1	29 380,2	1 460 311,9	0,0197	50,7039	62,25	1,2146	61,0354	98,03	100,00	0,0418

Tabla U7. Irreversibilidades y valor agregado ganado por equipo en la producción del repuesto Complemento Soporte Delantero.

	Troqueladora		TTQ1		TTQ2		Planchas	
Irreversibilidades _ equipo	58 362,1	94,30%	268 397,4	98,44%	467 675,2	97,12%	665 907,2	98,85%
Irreversibilidades _ masa	1 253,5	2,03%	-	-	-	-	642,4	0,10%
VA ganado	2 274,4	3,67%	4 243,4	1,56%	13 853,0	2,88%	7 083,5	1,05%
TOTAL	61 890,0	100,00%	272 640,8	100,00%	481 528,2	100,00%	673 633,1	100,00%

Se tiene 1,25kJ como el valor exergético de las irreversibilidades del acero, cuando su costo exergético alcanza 19,1kJ, de manera similar el caucho registra un valor de 0,64kJ que tiene un costo exergético de 61,9kJ.

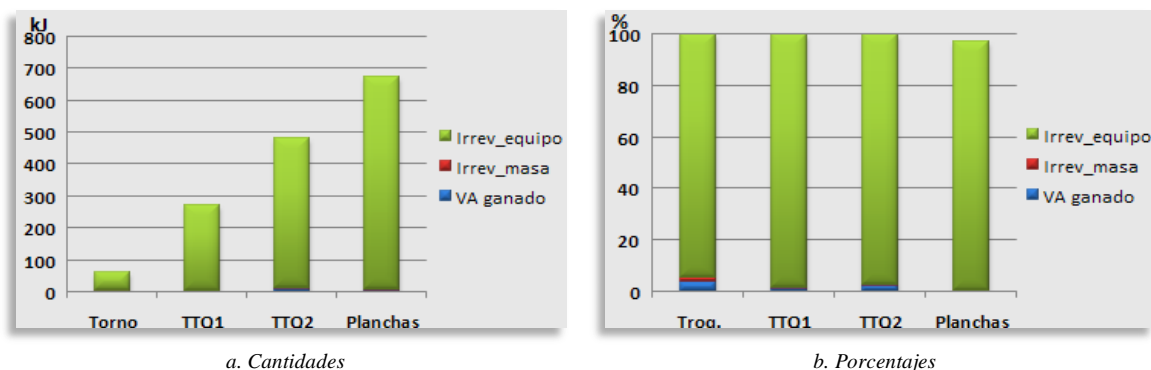


Figura T7. Distribución de la exergía consumida por equipo en la producción del repuesto Complemento Soporte Delantero.

La figura U8 indica la participación exergética y económica en cada equipo de las irreversibilidades totales presentadas, como se aprecia en las planchas de vulcanizado se presentan las mayores irreversibilidades, 45,60%, y el mayor costo acumulado, 75,37%. Mientras que la troqueladora presenta un 4,0% de pérdida de exergía que corresponden a un 7,23% del costo.

METODOLOGÍA PARA EL USO RACIONAL Y EFICIENTE DE LA ENERGÍA DESDE EL ENFOQUE EXERGÉTICO EN INDUSTRIA CAUCHOS RECORD LTDA.

ANEXO U. Análisis termoeconómico por equipos.

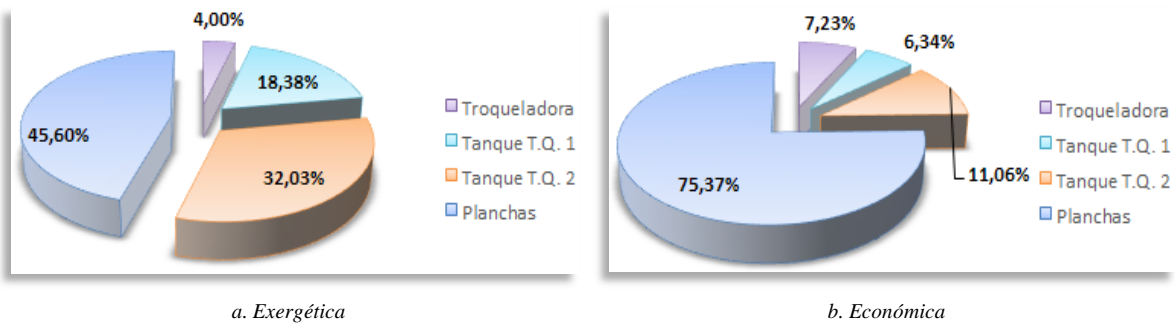


Figura U8. Participación de las irreversibilidades por equipo en la producción del repuesto Complemento Soporte Delantero.

La contribución de cada equipo al valor agregado del repuesto depende de las operaciones realizadas, entre más operaciones se tiene una mayor participación. La operación de fosforado entrega el 50,46% del valor agregado de la pieza, el desengrase el 15,46%, el vulcanizado el 25,80% y el 8,28% corresponde a lo aportado por las cuatro operaciones realizadas en la troqueladora (ver figura U9).

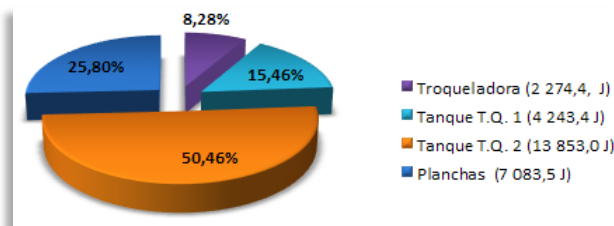


Figura U9. Valor agregado entregado por equipo en la producción del repuesto Complemento Soporte Delantero.

CAUCHO EJE CARDÁN

Dado que el repuesto se fabrica con solo caucho se tiene un único equipo en el proceso de producción, las planchas de vulcanizado (ver figura U10). Se identifican siete (7) flujos: cinco (5) entrantes y (2) salientes. Como el repuesto no necesita acero los flujos 4 y 5 no existen.

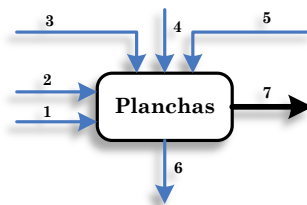


Figura U10. Diagrama por equipos del sistema del proceso de producción del repuesto Caucho Eje Cardán.

METODOLOGÍA PARA EL USO RACIONAL Y EFICIENTE DE LA ENERGÍA DESDE EL ENFOQUE EXERGÉTICO EN INDUSTRIA CAUCHOS RECORD LTDA.

ANEXO U. Análisis termoeconómico por equipos.

Los valores de los costos exergéticos y exergoeconómicos se muestran en la tabla U8. El valor agregado del repuesto de caucho es de 136,8kJ. Por 1J entregado a la pieza se consumieron 6,68J, en total 914,1kJ que costaron \$615,26. Las irreversibilidades por sobrantes de caucho se valoran en 23,7kJ. Las pérdidas durante el vulcanizado se calculan en 133,5kJ costando \$89,82.

Tabla U8. Costos exergéticos y costos exergoeconómicos del repuesto Caucho Eje Cardán.

Flujo	B(J)	Valorando los desechos				No valorando los desechos			
		k* (tpu)	B* (J)	c* (\$/kJ)	Π (\$)	k* (tpu)	B* (J)	c* (\$/kJ)	Π (\$)
1	543 278,0	1,0000	543 278,0	0,1008	54,75	1,0000	543 278,0	0,1008	54,75
2	223 253,7	1,0000	223 253,7	0,0674	15,04	1,0000	223 253,7	0,0674	15,04
3	147 610,5	1,0000	147 610,5	3,6953	545,47	1,0000	147 610,5	3,6953	545,47
4	0,0	-	0,0	-	0,00	-	0,0	-	0,00
5	0,0	-	0,0	-	0,00	-	0,0	-	0,00
6	23 378,4	5,7083	133 451,4	3,8420	89,82	0,0000	0,0	0,0000	0,00
7	136 783,6	5,7075	780 690,8	3,8414	525,44	6,6831	914 142,2	4,4981	615,26

El gas natural suministra el 59,43% de la exergía consumida y representa el 8,90% de los costos, la electricidad suministra el 24,42%, pero su costo es diez veces menor, 2,44%, y el caucho representa el 16,15% de la exergía consumida en el proceso y equivale al 88,66% del costo (ver tabla U9 y figuras U11 y U12).

El valor exergético del caucho representa el consumo de energía eléctrica para su fabricación en el molino. Su costo no es proporcional a dicho consumo, puesto que los insumos para la fabricación del caucho representan casi la totalidad del costo. Por ello, para elevar la eficiencia económica del proceso se debe disminuir el desperdicio de éste insumo.

Tabla U9. Flujos entrantes del repuesto Caucho Eje Cardán.

Flujo	Exergía (J)	Porcentaje (%)
Gas Natural	543 278,0	59,43
Electricidad	223 253,7	24,42
MP – Caucho	147 610,5	16,15
MP – Acero	-	-
PIEZA PRODUCIDA	914 142,2	100,00

Flujo	Exergía (J)	Porcentaje (%)
Gas Natural	54,75	8,90
Electricidad	15,04	2,44
MP – Caucho	545,47	88,66
MP – Acero	-	-
PIEZA PRODUCIDA	615,26	100,00

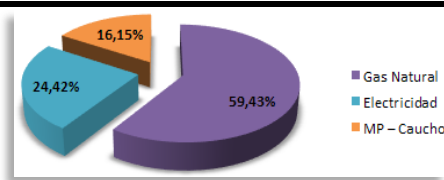


Figura U11. Participación exergética en el proceso de producción del repuesto Caucho Eje Cardán.

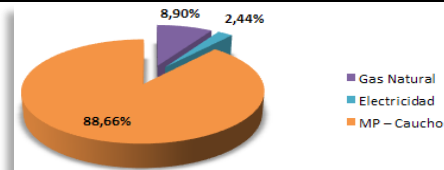


Figura U12. Participación económica en el proceso de producción del repuesto Caucho Eje Cardán.

**METODOLOGÍA PARA EL USO RACIONAL Y EFICIENTE DE LA ENERGÍA DESDE EL ENFOQUE EXERGÉTICO
EN INDUSTRIA CAUCHOS RECORD LTDA.**

ANEXO U. Análisis termoeconómico por equipos.

La exergía destruida en el proceso, 753,98kJ, representa el 98,36% de la exergía consumida. La eficiencia en la operación de vulcanizado no supera el 2% (ver tabla U10). El valor de las pérdidas se cuantifica en \$0,0910/kJ. Este indicador permite calcular el ahorro económico.

Tabla U10. Fuels, productos e irreversibilidades por equipo del repuesto Caucho Eje Cardán.

Elemento	Exergía (J)			η_B	K_B	Costo (\$)			I (%) Parcial	I (%) Global	I \$/kJ
	F	P	I			P	F	I			
Planchas	766 531,7	12 551,5	753 980,2	0,0164	61,0709	69,79	1,1446	68,6454	98,36	100,00	0,0910

SOPORTE TRAILER DITE

El análisis termoeconómico de este repuesto se asemeja al realizado al repuesto anterior. Se identifican siete (7) flujos en su diagrama (ver figura U13). Los flujos 4 y 5 no existen debido a que la pieza en su totalidad es caucho.

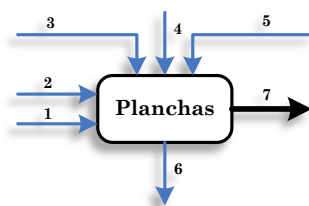


Figura U13. Diagrama por equipos del sistema del proceso de producción del repuesto Soporte Trailer Dite.

Según los datos que muestra la tabla U11 el valor agregado de este repuesto es de 138,7kJ. Se requirieron 853,6kJ para su fabricación, de los cuales 139,9kJ, con un valor de \$100,4, representan el costo de los desperdicios de caucho sucedidos en el proceso. El repuesto tiene un costo total de \$612,38. En definitiva, se necesitan 6,15J para entregar 1J como valor agregado.

Tabla U11. Costos exergéticos y costos exergoeconómicos del repuesto Soporte Trailer Dite.

Flujo	B(J)	Valorando los desechos				No valorando los desechos			
		k [*] (tpu)	B (J)	c (\$/kJ)	Π (\$)	k [*] (tpu)	B (J)	c (\$/kJ)	Π (\$)
1	475 444,1	1,0000	475 444,1	0,1152	50,38	1,0000	475 444,1	0,1060	50,38
2	223 249,3	1,0000	223 249,3	0,0674	4,93	1,0000	223 249,3	0,0221	4,93
3	154 938,7	1,0000	154 938,7	3,5206	557,07	1,0000	154 938,7	3,5954	557,07
4	0,0	-	0,0	0,00	0,00	-	0,0	0,00	0,00
5	0,0	-	0,0	0,00	0,00	-	0,0	0,00	0,00
6	27 205,5	5,1438	139 939,7	3,3015	100,39	0,0000	0,0	0,0000	0,00
7	138 733,6	5,1443	713 692,4	3,7874	511,99	6,1530	853 632,1	4,4141	612,38

De manera similar al repuesto anterior el gas natural suministra más de la mitad de la exergía consumida, el 55,70%, tiene un costo del 91% (ver tabla U12 y figuras U14 y U15). La energía

**METODOLOGÍA PARA EL USO RACIONAL Y EFICIENTE DE LA ENERGÍA DESDE EL ENFOQUE EXERGÉTICO
EN INDUSTRIA CAUCHOS RECORD LTDA.**

ANEXO U. Análisis termoeconómico por equipos.

eléctrica suministra el 26,15% con un costo del 0,81%. Esta diferencia con el repuesto anterior se debe a la forma en que se realizó la valoración exergética y económica del flujo 2, que representa el accionamiento hidráulico en la prensa de vulcanizado (Ver Anexo W).

Tabla U12. Flujos entrantes del repuesto Soporte Trailer Dite.

	Flujo	Exergía (J)	Porcentaje (%)
Gas Natural	1	475 444,1	55,70
Electricidad	2	223 249,3	26,15
MP – Caucho	3	154 938,7	18,15
MP – Acero	4	-	-
PIEZA PRODUCIDA	7	853 632,1	100,00

	Flujo	Exergía (J)	Porcentaje (%)
Gas Natural	1	50,38	8,23
Electricidad	2	4,93	0,81
MP – Caucho	3	557,07	90,97
MP – Acero	4	-	-
PIEZA PRODUCIDA	7	612,38	100,00

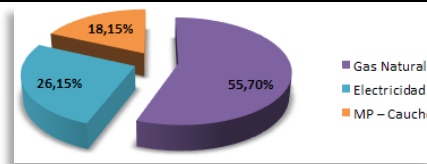


Figura U14. Participación exergética en el proceso de producción del repuesto Soporte Trailer Dite.

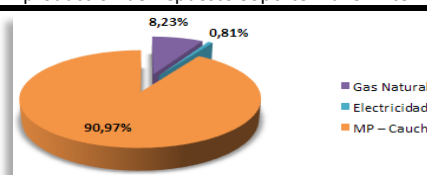


Figura U15. Participación económica en el proceso de producción del repuesto Soporte Trailer Dite.

En la operación de vulcanizado presenta irreversibilidades cuantificadas en 687,7kJ con un costo de \$54,4 respecto al gas natural y la energía eléctrica consumidos. La eficiencia del proceso se ubica en el 1,57% (ver tabla U13). El valor de las irreversibilidades se cuantifica en \$0,0792/kJ.

Tabla U13. Fuels, productos e irreversibilidades por equipo del repuesto Soporte Trailer Dite.

Elemento	Exergía (J)			η_B	K_B	Costo (\$)			I (%) Parcial	I (%) Global	I \$/kJ
	F	P	I			P	F	I			
Planchas	698 693,4	11 000,4	687 693,0	0,0157	63,5153	55,31	0,8684	54,4416	98,43	100,00	0,0792

BUJE MUELLE DELANTERO NPR

En el diagrama de producción (ver figura U16) se identifican cuarenta y dos (42) flujos. Se emplean cinco equipos para la producción. El acero se representa por los flujos 2 y 22, el caucho por el flujo 40.

El costo exergético y exergoeconómico de cada flujo se presenta en la tabla U14. El valor agregado de la pieza se valoró en 89,86kJ. Se tiene que para producir el repuesto Buje Muelle Delantero – NPR se requirieron 2,37MJ con un costo de \$1 028,51. En total, por cada Joule entregado al repuesto se consumieron 26,4J. Las pérdidas exergéticas por desperdicio de caucho alcanzaron un costo de 76,9kJ, mientras que el desperdicio de acero en el proceso costó 3kJ.

**METODOLOGÍA PARA EL USO RACIONAL Y EFICIENTE DE LA ENERGÍA DESDE EL ENFOQUE EXERGÉTICO
EN INDUSTRIA CAUCHOS RECORD LTDA.**

ANEXO U. Análisis termoeconómico por equipos.

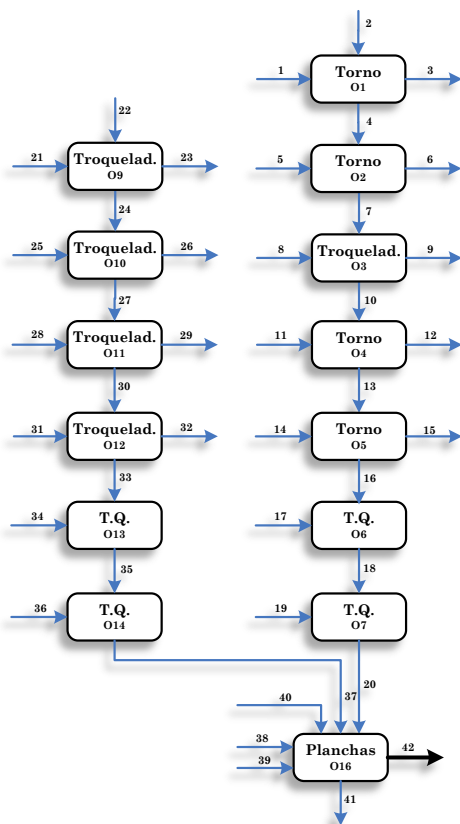


Figura U16. Diagrama por equipos del sistema del proceso de producción del repuesto Buje Muelle Delantero – NPR.

Tabla U14. Costos exergéticos y costos exergoeconómicos del repuesto Buje Muelle Delantero – NPR.

Flujo	B(J)	Valorando los desechos				No valorando los desechos			
		k [*] (tpu)	B [*] (J)	c [*] (\$/kJ)	Π (\$)	k [*] (tpu)	B [*] (J)	c [*] (\$/kJ)	Π (\$)
1	175 728,1	1,0000	175 728,1	0,0757	13,30	1,0000	175 728,1	0,0757	13,30
2	0,0	-	0,0	-	258,67	-	0,0	-	258,67
3	1 244,8	5,0418	6 276,0	7,8004	9,71	0,0000	0,0	0,0000	0,00
4	33 609,5	5,0418	169 452,1	7,8032	262,26	5,2285	175 728,1	8,0921	271,97
5	53 880,9	1,0000	53 880,9	0,0757	4,08	1,0000	53 880,9	0,0757	4,08
6	341,0	6,0642	2 067,9	7,2434	2,47	0,0000	0,0	0,0000	0,00
7	36 486,5	6,0643	221 265,1	7,2320	263,87	6,2930	229 609,0	7,5658	276,05
8	18 485,5	1,0000	18 485,8	0,0757	1,40	1,0000	18 485,8	0,0757	1,40
9	0,0	-	0,0	-	0,00	-	0,0	-	0,00
10	37 079,2	6,4659	239 750,9	7,1541	265,27	6,6909	248 094,8	7,4826	277,45
11	168 770,9	1,0000	168 770,9	0,0757	12,77	1,0000	168 770,9	0,0757	12,77
12	6 331,5	6,0301	38 179,6	4,1049	25,99	0,0000	0,0	0,0000	0,00
13	61 415,9	6,0301	370 342,2	4,1041	252,06	6,7876	416 865,7	4,7255	290,22
14	145 312,8	1,0000	145 312,8	0,0756	10,99	1,0000	145 312,8	0,0756	10,99
15	50 407,2	6,0175	303 326,5	3,0696	154,73	0,0000	0,0	0,0000	0,00
16	32 936,5	6,4466	212 328,5	3,2884	108,31	17,0686	562 178,5	9,1452	301,21
17	241 220,3	1,0000	241 220,3	0,0144	3,48	1,0000	241 220,3	0,0144	3,48
18	36 690,0	12,3616	453 548,8	3,0469	111,79	21,8969	803 398,8	8,3044	304,69
19	410 074,5	1,0000	410 074,5	0,0144	5,92	1,0000	410 074,5	0,0144	5,92
20	48 481,5	17,8135	863 623,3	2,4279	117,71	25,0296	1 213 473,3	6,4068	310,61
21	14 633,1	1,0000	14 633,1	0,0759	1,11	1,0000	14 633,1	0,0759	1,11
22	0,0	-	0,0	-	572,92	-	0,0	-	572,92
23	294,0	11,8507	3 484,1	1148,5034	337,66	0,0000	0,0	0,0000	0,00
24	931,0	11,9753	11 149,0	282,8894	263,37	15,7176	14 633,1	616,5736	574,03
25	17 464,0	1,0000	17 464,0	0,0756	1,32	1,0000	17 464,0	0,0756	1,32
26	0,0	-	0,0	-	0,00	0,0	-	0,0	0,00
27	1 356,4	21,0948	28 613,0	175,2359	237,69	23,6634	32 097,1	424,1743	575,35
28	17 412,2	1,0000	17 412,2	0,0758	1,32	1,0000	17 412,2	0,0758	1,32
29	0,0	-	0,0	-	0,00	0,0	-	0,0	0,00
30	1 770,3	25,9985	46 025,2	135,0110	239,01	27,9666	49 509,3	325,7470	576,67
31	18 008,0	1,0000	18 008,0	0,0755	1,36	1,0000	18 008,0	0,0755	1,36

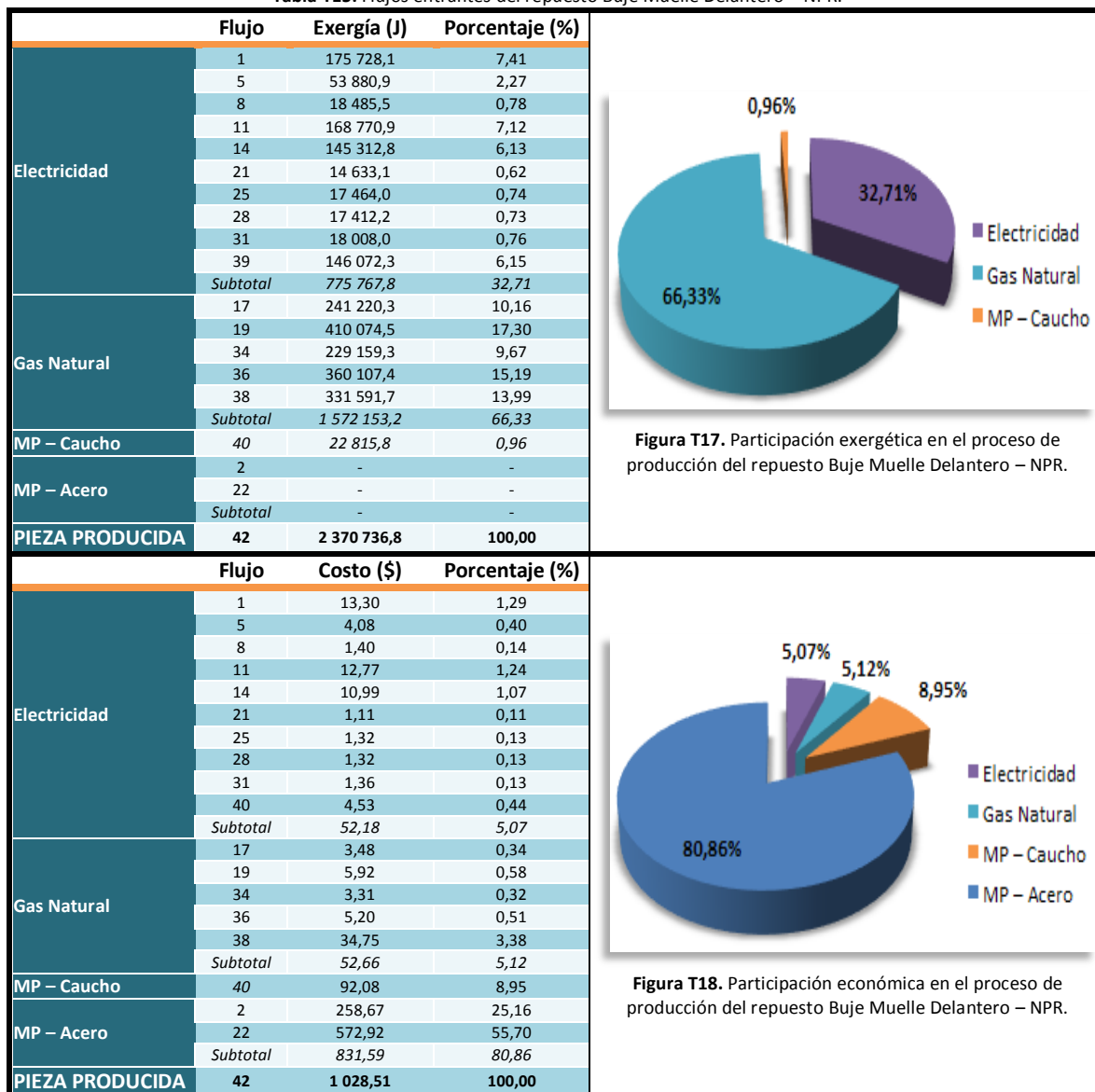
**METODOLOGÍA PARA EL USO RACIONAL Y EFICIENTE DE LA ENERGÍA DESDE EL ENFOQUE EXERGÉTICO
EN INDUSTRIA CAUCHOS RECORD LTDA.**

ANEXO U. Análisis termoeconómico por equipos.

32	0,0	-	0,0	-	0,00	0,0	-	0,0	0,00
33	2 176,2	29,4243	64 033,2	110,4540	240,37	31,0253	67 517,3	265,6144	578,03
34	229 159,3	1,0000	229 159,3	0,0144	3,31	1,0000	229 159,3	0,0144	3,31
35	5 742,3	51,0584	293 192,5	42,4360	243,68	51,6651	296 676,6	101,2382	581,34
36	360 107,4	1,0000	360 107,4	0,0144	5,20	1,0000	360 107,4	0,0144	5,20
37	16 096,3	40,5870	653 299,9	15,4619	248,88	40,8034	656 784,0	36,4394	586,54
38	331 591,7	1,0000	331 591,7	0,1048	34,75	1,0000	331 591,7	0,1048	34,75
39	146 072,3	1,0000	146 072,3	0,0310	4,53	1,0000	146 072,3	0,0310	4,53
40	22 815,8	1,0000	22 815,8	4,0358	92,08	1,0000	22 815,8	4,0358	92,08
41	6 386,6	20,9608	133 868,5	5,1733	33,04	0,0000	0,0	0,0000	0,00
42	89 859,7	20,9608	1 883 534,5	5,1737	464,91	26,3826	2 370 736,8	11,4457	1 028,51

El gas natural representa el 66,5% de la exergía consumida, 1,57MJ, tiene un costo \$52,66 que equivale al 5,12% (ver tabla U15 y figuras U17 y U18). La electricidad cuesta \$52,18 lo que representa el 5,07% del costo de los fuels utilizados.

Tabla T15. Flujos entrantes del repuesto Buje Muelle Delantero – NPR.



**METODOLOGÍA PARA EL USO RACIONAL Y EFICIENTE DE LA ENERGÍA DESDE EL ENFOQUE EXERGÉTICO
EN INDUSTRIA CAUCHOS RECORD LTDA.**

ANEXO U. Análisis termoeconómico por equipos.

El acero aunque no tiene valoración exergética representa el 80,86% de los costos, por tanto el mayor costo de irreversibilidades por desperdicios de material se debe a éste.

En la tabla U16 se presenta por operación y equipo el fuel, el producto y las irreversibilidades. Se tiene que las operaciones más eficientes son las realizadas en el torno con un 16,68%. Los tanques de tratamientos químicos y troqueladora presentan eficiencias entre 2 y 4%.

Tabla U16. Fuels, productos e irreversibilidades por equipo del repuesto Buje Muelle Delantero – NPR.

Operación	Elemento	Exergía (J)			η_B	K_B	Costo (\$)			I (%) Parcial	I (%) Global	I \$/kJ
		F	P	I			F	P	I			
O1	Torno	175 728,1	34 854,3	140 873,8	0,1983	5,0418	13,30	2,64	10,66	80,17	11,04	0,0757
O2		53 880,9	3 218,0	50 662,9	0,0597	16,7436	4,08	0,24	3,84	94,03	3,98	0,0758
O4		168 770,9	30 668,2	138 102,7	0,1817	5,5031	12,77	2,32	10,45	81,83	10,82	0,0757
O5		145 312,8	21 927,8	123 385,0	0,1509	6,6269	10,99	1,66	9,33	84,91	9,66	0,0756
		Subtotal	543 692,7	90 668,3	453 024,4	0,1668	5,9965	41,14	6,86	34,28	83,32	35,49
O3	Troqueladora	18 485,5	592,5	17 893,0	0,0321	31,1992	1,40	0,04	1,36	96,79	1,41	0,0760
O9		14 633,1	1 225,0	13 408,1	0,0837	11,9454	1,11	0,09	1,02	91,63	1,06	0,0761
O10		17 464,0	425,4	17 038,6	0,0244	41,0531	1,32	0,03	1,29	97,56	1,34	0,0757
O11		17 412,2	413,9	16 998,3	0,0238	42,0686	1,32	0,03	1,29	97,62	1,34	0,0759
O12		18 008,0	405,9	17 602,1	0,0225	44,3656	1,36	0,03	1,33	97,75	1,38	0,0756
	Subtotal	86 002,8	3 062,7	82 940,1	0,0356	28,0807	6,51	0,23	6,28	96,44	6,50	0,0757
O3	TTQ1	241 220,3	3 753,5	237 466,8	0,0156	64,2654	3,48	0,06	3,42	98,44	3,54	0,0144
O8		229 159,3	3 566,1	225 593,2	0,0156	64,2605	3,31	0,05	3,26	98,44	3,38	0,0145
	Subtotal	470 379,6	7 319,6	463 060,0	0,0156	64,2630	6,79	0,11	6,68	98,44	6,92	0,0144
O4	TTQ2	410 074,5	11 791,5	398 283,0	0,0288	34,7771	5,92	0,17	5,75	97,12	5,95	0,0144
O9		360 107,4	10 354,0	349 753,4	0,0288	34,7795	5,20	0,15	5,05	97,12	5,23	0,0144
	Subtotal	770 181,9	22145,5	748 036,4	0,0288	34,7783	11,12	0,32	10,80	97,12	11,18	0,0144
O11	Planchas	477 664,0	8 852,7	468 811,3	0,0185	53,9569	39,28	0,7267	38,55	98,12	39,91	0,0082
	TOTAL	2 347 921,0	132 048,8	2 215 872,2	0,0769	13,0057	104,84	12,23	96,59	92,31	100,00	0,0436

El torno se presenta como el equipo con el mayor costo de irreversibilidades con un 35,49%, solo superado por las planchas de vulcanizado con un 39,81%. El precio de las irreversibilidades en los equipos eléctricos se promedió en \$0,075/kJ, bastante mayor que en los equipos térmicos que registran \$0,014/kJ. En total, el proceso de producción de este repuesto presenta irreversibilidades valoradas en \$0,0436/kJ.

De la exergía suministrada por el gas natural y la electricidad, 2,35MJ, 2,22MJ se registran como irreversibilidades en los equipos en su funcionamiento. Así la eficiencia del proceso se encuentra 7,7%.

El mayor consumo de exergía lo realiza el TTQ2, 770kJ, tiene una eficiencia de 2,87% (ver tabla U17 y figura U19). Las irreversibilidades debidas a desperdicios de masa casi en su totalidad corresponden a las operaciones de desprendimiento de material en el torno, aunque presenta una eficiencia del 16,68%.

**METODOLOGÍA PARA EL USO RACIONAL Y EFICIENTE DE LA ENERGÍA DESDE EL ENFOQUE EXERGÉTICO
EN INDUSTRIA CAUCHOS RECORD LTDA.**

ANEXO U. Análisis termoeconómico por equipos.

Tabla U17. Irreversibilidades y valor agregado ganado por equipo en la producción del repuesto Buje Muelle Delantero – NPR.

	Torno		Troqueladora		TTQ1		TTQ2		Planchas	
Irreversibilidades_ equipo	453 024,4	83,32%	82 940,1	96,44%	398 283,0	97,13%	748 036,4	97,12%	468 811,3	98,15%
Irreversibilidades_ masa	17 403,0	3,20%	294,0	0,34%	-	-	-	-	587,4	0,12%
VA ganado	73 265,3	13,48%	2 768,7	3,22%	11 791,5	2,87%	22 145,5	2,88%	8 265,3	1,73%
TOTAL	543 692,7	100,00%	86 002,8	100,00%	410 074,5	100,00%	770 181,9	100,00%	477 664,0	100,00%

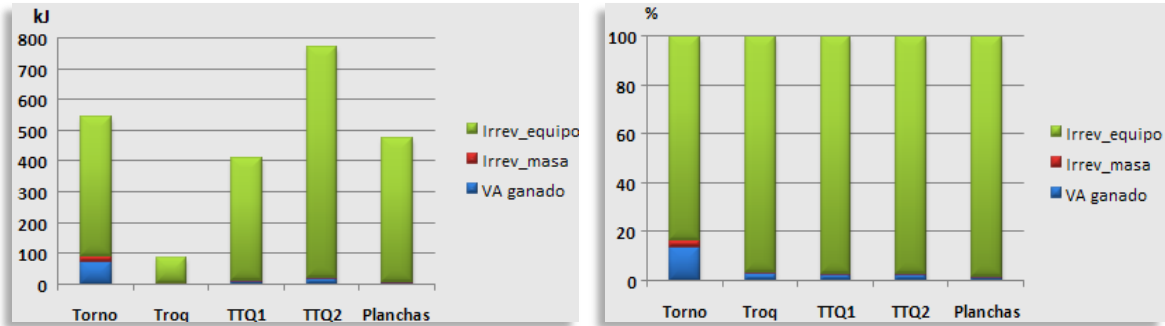


Figura U19. Distribución de la exergía consumida por equipo en la producción del repuesto Buje Muelle Delantero – NPR.

En la figura U20 se aprecia por equipo la contribución a la irreversibilidad total del proceso.

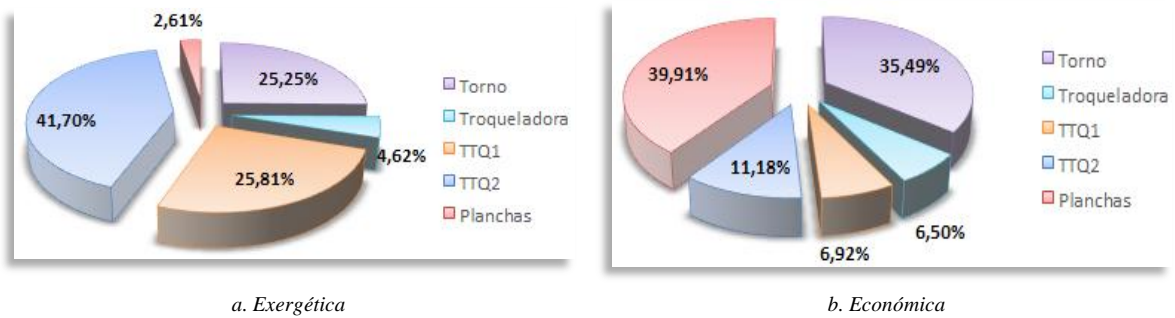


Figura U20. Participación de las irreversibilidades por equipo en la producción del repuesto Buje Muelle Delantero – NPR.

El torno se proporciona el 61,97% del valor agregado de la pieza, la operación de fosforado suministra el 18,73% y el vulcanizado el 6,99%.

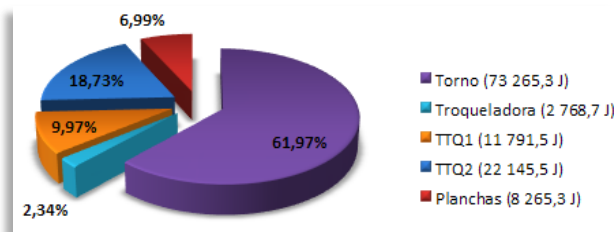


Figura U21. Valor agregado entregado por equipo en la producción del repuesto Buje Muelle Delantero – NPR.

SOPORTE TRASERO MOTOR

Para la fabricación del repuesto Soporte Trasero Motor intervienen cinco (5) equipos, en los que se realizan diecisiete (17) operaciones, tal como se muestra en el diagrama del sistema de producción (ver figura U22). Con un total de cincuenta y cuatro (54) flujos, donde los flujos 2 y 26 corresponden al acero y el flujo 52 al caucho.

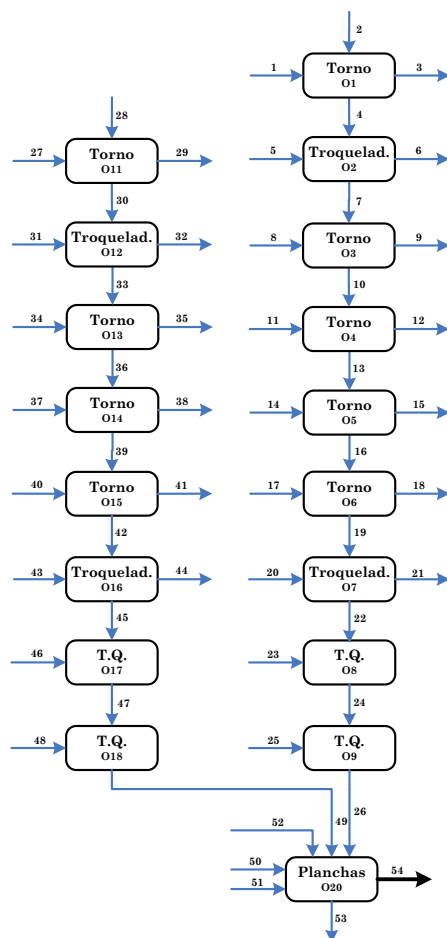


Figura U22. Diagrama por equipos del sistema del proceso de producción del repuesto Soporte Trasero Motor.

Los costos exergéticos y exergoeconómicos de los flujos identificados se encuentran en la tabla U18. Se tiene un consumo de exergía total de 4,7MJ.

Tabla U18. Costos exergéticos y costos exergoeconómicos del repuesto Soporte Trasero Motor.

Flujo	B(J)	Valorando los desechos				No valorando los desechos			
		k^* (tpu)	B^* (J)	c^* (\$/kJ)	Π (\$)	k^* (tpu)	B^* (J)	c^* (\$/kJ)	Π (\$)
1	159 004,1	1,0000	159 004,1	0,0757	12,03	1,0000	159 004,1	0,0757	12,03
2	0,0	-	0,0		301,87	-	0,0		301,87
3	1 526,3	5,7876	8 833,6	11,4263	17,44	0,0000	0,0	0,0000	0,00
4	25 795,0	5,8217	150 170,5	11,4929	296,46	6,1641	159 004,1	12,1690	313,90
5	15 823,3	1,0000	15 823,3	0,0758	1,20	1,0000	15 823,3	0,0758	1,20
6	0,0	-	0,0		0,00	-	0,0		0,00
7	26 376,3	6,2933	165 993,8	11,2851	297,66	6,6282	174 827,4	11,9463	315,10
8	178 238,9	1,0000	178 238,9	0,0757	13,49	1,0000	178 238,9	0,0757	13,49

**METODOLOGÍA PARA EL USO RACIONAL Y EFICIENTE DE LA ENERGÍA DESDE EL ENFOQUE EXERGÉTICO
EN INDUSTRIA CAUCHOS RECORD LTDA.**

ANEXO U. Análisis termoeconómico por equipos.

9	8 213,6	5,5880	45 898,0	5,0514	41,49	0,0000	0,0	0,0000	0,00
10	53 479,8	5,5785	298 335,0	5,0423	269,66	6,6019	353 066,3	6,1442	328,59
11	158 600,4	1,0000	158 600,4	0,0757	12,00	1,0000	158 600,4	0,0757	12,00
12	42 158,0	5,7045	240 492,3	3,5163	148,24	0,0000	0,0	0,0000	0,00
13	36 519,1	5,9268	216 443,1	3,6534	133,42	14,0109	511 666,7	9,3264	340,59
14	59 960,7	1,0000	59 960,7	0,0757	4,54	1,0000	59 960,7	0,0757	4,54
15	877,0	7,0038	6 142,3	3,5006	3,07	0,0000	0,0	0,0000	0,00
16	38 881,6	6,9509	270 261,5	3,4693	134,89	14,7017	571 627,4	8,8764	345,13
17	58 158,7	1,0000	58 158,7	0,0757	4,40	1,0000	58 158,7	0,0757	4,40
18	947,7	7,8760	7 464,1	3,3449	3,17	0,0000	0,0	0,0000	0,00
19	41 066,5	7,8155	320 956,1	3,3149	136,13	15,3358	629 786,1	8,5120	349,56
20	21 210,9	1,0000	21 210,9	0,0613	1,30	1,0000	21 210,9	0,0754	1,60
21	0,0	-	0,0	0,00	0,00	-	0,0	0,00	0,00
22	41 262,0	8,2925	342 167,0	3,3379	137,73	15,7772	650 997,0	8,5098	351,13
23	387 808,0	1,0000	387 808,0	0,0144	5,60	1,0000	387 808,0	0,0144	5,60
24	47 297,3	15,4338	729 975,0	3,0304	143,33	21,9633	1 038 805,0	7,5423	356,73
25	757 988,3	1,0000	757 988,3	0,0144	10,94	1,0000	757 988,3	0,0144	10,94
26	69 105,7	21,5317	1 487 963,3	2,2324	154,27	26,0007	1 796 793,3	5,3204	367,67
27	145 627,4	1,0000	145 627,4	0,0757	11,02	1,0000	145 627,4	0,0757	11,02
28	0,0	-	0,0	0,00	461,21	-	0,0	0,00	461,24
29	841,8	5,7665	4854,2	18,6980	15,74	0,0000	0,0	0,0000	0,00
30	24 623,4	5,7170	140 773,1	18,5401	456,52	5,9142	145 627,4	19,1793	472,26
31	19 014,1	1,0000	19 014,1	0,0757	1,44	1,0000	19 014,1	0,0757	1,44
32	0,0	-	0,0	0,00	0,00	-	0,0	0,00	0,00
33	24 933,1	6,4086	159 787,3	18,3676	457,96	6,6033	164 641,5	18,9988	473,70
34	196 855,8	1,0000	196 855,8	0,0756	14,89	1,0000	196 855,8	0,0756	14,89
35	27 897,4	5,5342	154 390,9	7,3376	204,70	0,0000	0,0	0,0000	0,00
36	36 523,6	5,5376	202 252,1	7,3692	269,15	9,8976	361 497,3	13,3774	488,59
37	167 050,9	1,0000	167 050,9	0,0757	12,64	1,0000	167 050,9	0,0757	12,64
38	36 523,6	5,1589	188 419,9	3,9224	143,26	0,0000	0,0	0,0000	0,00
39	34 968,7	5,1727	180 883,1	3,9329	137,53	15,1149	528 548,2	14,3337	501,23
40	85 107,5	1,0000	85 107,5	0,0757	6,44	1,0000	85 107,5	0,0757	6,44
41	1 094,2	6,7525	7 388,6	3,6556	4,00	0,0000	0,0	0,0000	0,00
42	37 933,1	6,8173	258 602,0	3,6899	139,97	16,1773	613 655,7	13,3833	507,67
43	22 446,9	1,0000	22 446,9	0,0757	1,70	1,0000	22 446,9	0,0757	1,70
44	0,0	-	0,0	0,00	0,00	-	0,0	0,00	0,00
45	38 125,4	7,3717	281 048,9	3,7159	141,67	16,6845	636 102,6	13,3604	509,37
46	387 808,0	1,0000	387 808,0	0,0144	5,60	1,0000	387 808,0	0,0144	5,60
47	44 160,7	15,1460	668 856,9	3,3349	147,27	23,1860	1 023 910,6	11,6613	514,97
48	757 988,3	1,0000	757 988,3	0,0144	10,94	1,0000	757 988,3	0,0144	10,94
49	65 969,1	21,6290	1 426 845,2	2,3982	158,21	27,0111	1 781 898,9	7,9721	525,91
50	760 562,4	1,0000	760 562,4	0,1176	89,43	1,0000	760 562,4	0,1176	89,43
51	318 515,1	1,0000	318 515,1	0,0380	12,10	1,0000	318 515,1	0,0380	12,10
52	44 110,5	1,0000	44 110,5	4,0360	178,03	1,0000	44 110,5	4,0360	178,03
53	7 990,6	21,0560	168 249,9	3,0874	24,67	0,0000	0,0	0,0000	0,00
54	182 055,0	21,2559	3 869 746,6	3,1165	567,37	25,8267	4 701 880,2	6,4439	1 173,14

El repuesto tiene un valor agregado de 182kJ y costo de \$1 173. Por cada kJ entregado a la pieza en proceso se consumieron 25,8kJ. Las irreversibilidades por desperdicio de material se calcularon en 832,1kJ, de los cuales 168,2kJ corresponde a caucho desechado y 663,9kJ a acero desprendido.

El gas natural suministra el 64,91%, 3,05MJ, de la exergía consumida en el proceso de producción, y que representa el 10,44% del consumo, \$122,41. La energía eléctrica contribuye con el 34,15% de la exergía, 1,60MJ, con un costo \$109,5 equivalente al 9,33% del costo total. El acero representa el 65,05% de los costos (ver tabla U19).

El torno se presenta como el equipo más eficiente con una cantidad de exergía aprovechada equivalente al 16,40% de la exergía consumida. Los equipos térmicos presentan eficiencias entre 1 y 3%. El proceso en su totalidad alcanza una eficiencia del 5,05% (ver tabla U20).

**METODOLOGÍA PARA EL USO RACIONAL Y EFICIENTE DE LA ENERGÍA DESDE EL ENFOQUE EXERGÉTICO
EN INDUSTRIA CAUCHOS RECORD LTDA.**

ANEXO U. Análisis termoeconómico por equipos.

Tabla U19. Flujos entrantes del repuesto Soporte Trasero Motor.

	Flujo	Exergía (J)	Porcentaje (%)
Electricidad	1	159 004,1	3,38
	5	15 823,3	0,34
	8	178 238,9	3,79
	11	158 600,4	3,37
	14	59960,7	1,28
	17	58 158,7	1,24
	20	21 210,9	0,45
	27	145 627,4	3,10
	31	19 014,1	0,40
	34	196 855,8	4,19
	37	167 050,9	3,55
	40	85 107,5	1,81
	43	22 446,9	0,48
	51	318 515,1	6,77
	Subtotal	1 605 614,7	34,15
Gas Natural	23	387 808,0	8,25
	25	757 988,3	16,12
	46	387 808,0	8,25
	48	757 988,3	16,12
	50	760 562,4	16,18
		Subtotal	3 052 155,0
MP – Caucho	52	44 110,5	0,94
MP – Acero	2	-	-
	28	-	-
		Subtotal	-
PIEZA PRODUCIDA	TOTAL	4 701 880,2	100,00

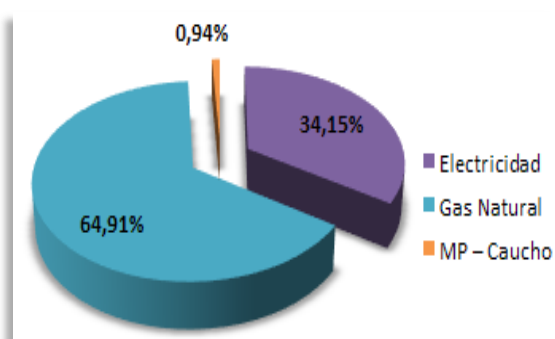


Figura U23. Participación exergética en el proceso de producción del repuesto Soporte Trasero Motor.

	Flujo	Costo (\$)	Porcentaje (%)
Electricidad	1	12,03	1,03
	5	1,20	0,10
	8	13,49	1,15
	11	12,00	1,02
	14	4,54	0,39
	17	4,40	0,38
	20	1,60	0,14
	27	11,02	0,94
	31	1,44	0,12
	34	14,89	1,27
	37	12,64	1,08
	40	6,44	0,55
	43	1,70	0,14
	51	12,10	1,03
	Subtotal	109,49	9,33
Gas Natural	23	5,60	0,48
	25	10,94	0,93
	46	5,60	0,48
	48	10,94	0,93
	50	89,43	7,62
		Subtotal	122,51
MP – Caucho	52	178,03	15,18
MP – Acero	2	301,87	25,73
	28	461,24	39,32
		Subtotal	763,11
PIEZA PRODUCIDA	TOTAL	1 173,14	100,00

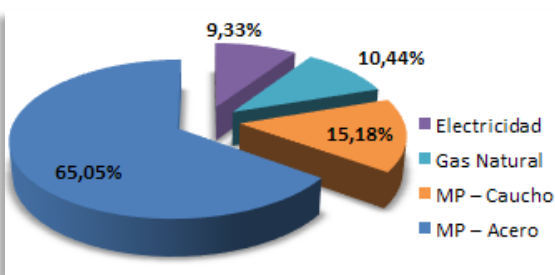


Figura U24. Participación económica en el proceso de producción del repuesto Soporte Trasero Motor.

El costo de las irreversibilidades del torno se encuentra en \$0,0784/kJ y para la troqueladora en \$0,0719/kJ. Para los equipos térmicos no sobrepasan los \$0,0150/kJ. Por ello, se hace menos prioritario, en principio, reducir las pérdidas de la exergía en una transformación térmica, en comparación con una transformación eléctrica o mecánica.

**METODOLOGÍA PARA EL USO RACIONAL Y EFICIENTE DE LA ENERGÍA DESDE EL ENFOQUE EXERGÉTICO
EN INDUSTRIA CAUCHOS RECORD LTDA.**

ANEXO U. Análisis termoeconómico por equipos.

Tabla U20. Fuels, productos e irreversibilidades por equipo del repuesto Soporte Trasero Motor.

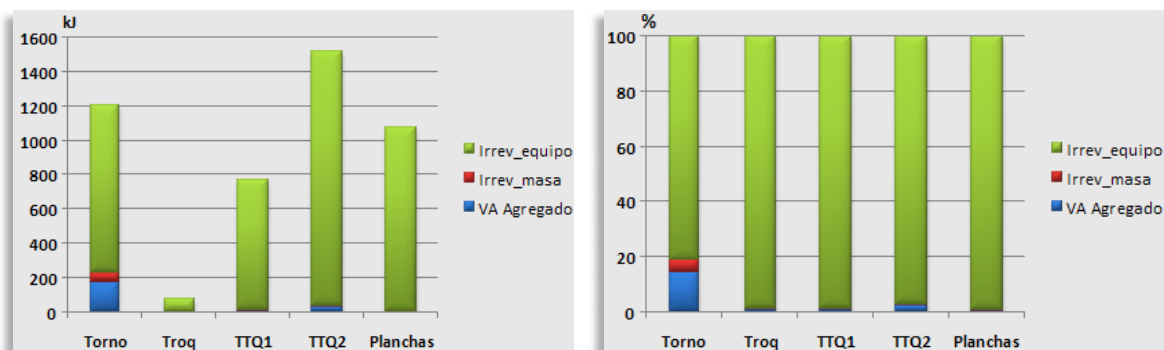
Operación	Elemento	Exergía (J)			η_b	K_b	Costo (\$)			I (%) Parcial	I (%) Global	I \$/kJ
		F	P	I			P	F	I			
O1	Torno	159 004,1	27 321,3	131 682,8	0,1718	5,8198	12,03	2,0671	9,9629	82,82	4,64	0,0757
O3		178 238,9	35 317,1	142 921,8	0,1981	5,0468	13,49	2,6730	10,8170	80,19	5,04	0,0757
O4		158 600,4	25 197,3	133 403,1	0,1589	6,2943	12,00	1,9065	10,0935	84,11	4,70	0,0757
O5		59 960,7	3 239,5	56 721,2	0,0540	18,5092	4,54	0,2453	4,2947	94,60	2,00	0,0757
O6		58 158,7	3 132,6	55 026,1	0,0539	18,5656	4,40	0,2370	4,1630	94,61	1,94	0,0757
O11		145 627,4	25 465,2	120 162,2	0,1749	5,7187	11,02	1,9270	9,0930	82,51	4,23	0,0757
O13		196 855,8	39 487,9	157 367,9	0,2006	4,9852	14,89	2,9868	11,9032	79,94	5,54	0,0756
O14		167 050,9	34 968,7	132 082,2	0,2093	4,7772	12,64	2,6459	9,9941	79,07	4,65	0,0757
O15		85 107,5	4 058,6	46 080,2	0,0477	20,9697	6,44	0,3071	6,1329	95,23	2,86	0,1331
Subtotal		1 208 604,4	198 188,2	1 010 416,2	0,1640	6,0983	91,45	14,9961	76,4539	83,60	35,60	0,0784
O2	Troqueladora	15 823,3	581,3	15 242,0	0,0367	27,2205	1,20	0,0441	1,1559	96,33	0,54	0,0758
O7		21 210,9	195,5	21 015,4	0,0092	108,4957	1,30	0,0120	1,2880	99,08	0,60	0,0613
O12		19 014,1	309,7	18 704,4	0,0163	61,3952	1,44	0,0235	1,4165	98,37	0,66	0,0757
O16		22 446,9	192,3	22 254,6	0,0086	116,7285	1,70	0,0146	1,6854	99,14	0,78	0,0757
Subtotal		78 495,2	1 278,8	77 216,4	0,0163	61,3819	5,64	0,0919	5,5481	98,37	2,58	0,0719
O8	TTQ1	387 808,0	6 035,3	381 772,7	0,0156	64,2566	5,60	0,0872	5,5128	98,44	2,57	0,0144
O17		387 808,0	6 035,3	381 772,7	0,0156	64,2566	5,60	0,0872	5,5128	98,44	257	0,0144
Subtotal		775 616,0	12 070,6	763 545,4	0,0156	64,2566	11,2	0,1743	11,0257	98,44	5,13	0,0144
O9	TTQ2	757 988,3	21 508,4	736 479,9	0,0284	35,2415	10,94	0,3104	10,6296	97,16	4,95	0,0144
O18		757 988,3	21 508,4	736 479,9	0,0288	34,7567	10,94	0,3148	10,6252	97,12	4,95	0,0144
Subtotal		1 515 976,6	43 316,8	1 472 659,8	0,0286	34,9974	21,88	0,6252	21,2548	97,14	9,90	0,0144
O20	Planchas	1 0790 77,5	10 860,3	1 068 217,2	0,0101	99,3598	101,53	1,0254	100,5046	98,99	46,79	0,0940
TOTAL		4 657 769,7	265 714,7	4 392 055,0	0,0505	17,5292	231,7	16,9129	214,7871	92,81	100,00	0,0489

Según la tabla U21 y la figura U25 el equipo TTQ2 presenta el mayor consumo de exergía 1,52MJ y también las mayores irreversibilidades 1,47MJ, el 97,14%. Este equipo presenta a pesar de esto la mayor eficiencia entre los equipos térmicos con un 2,86%.

Tabla T21. Irreversibilidades y valor agregado ganado por equipo en la producción del repuesto Soporte Trasero Motor.

	Torno		Troqueladora		TTQ1		TTQ2		Planchas	
Irreversibilidades_ equipo	1 010 416,2	83,60%	77 216,4	98,37%	763 545,4	98,44%	1 472 659,8	97,14%	1 068 217,2	98,99%
Irreversibilidades_ masa	55 828,6	4,62%	-	-	-	-	-	-	629,1	0,06%
VA ganado	142 359,6	11,78%	1 278,8	1,63%	12 070,6	1,56%	43 316,8	2,86%	10 231,2	0,95%
TOTAL	1 208 604,4	100,00%	78 495,2	100,00%	775 616,0	100,00%	1 515 976,6	100,00%	1 079 077,5	100,00%

El consumo de la troqueladora se encuentra cuantitativamente en menor proporción a los demás equipos, 1,69%, por lo que la cantidad de exergía entregada a la pieza, 0,48%, y convertida en irreversible, 1,76%, es bastante menor en comparación a lo sucedido en los demás equipos.



a. Cantidades

b. Porcentajes

Figura U25. Distribución de la exergía consumida por equipo en la producción del repuesto Soporte Trasero Motor.

METODOLOGÍA PARA EL USO RACIONAL Y EFICIENTE DE LA ENERGÍA DESDE EL ENFOQUE EXERGÉTICO EN INDUSTRIA CAUCHOS RECORD LTDA.

ANEXO U. Análisis termoeconómico por equipos.

La figura U26 indica la participación de cada equipo en las irreversibilidades exergéticas y económicas del proceso de producción.

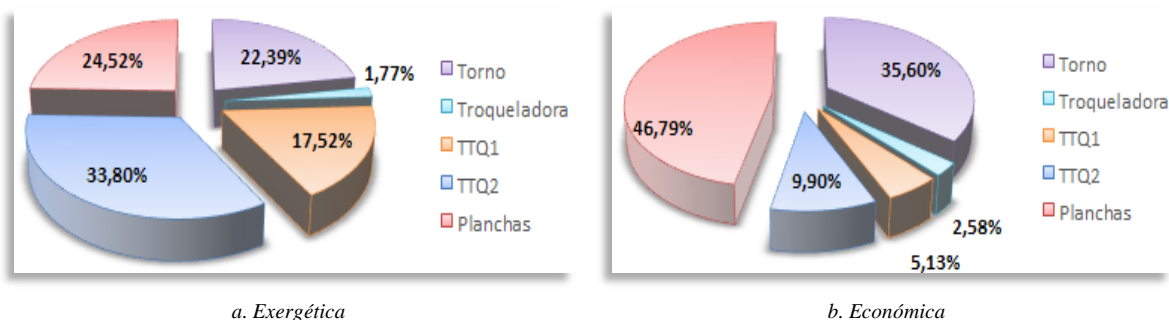


Figura U26. Participación de las irreversibilidades por equipo en la producción del repuesto Soporte Trasero Motor.

El repuesto recibe el 72,61% de su valor agregado en las operaciones realizadas en el torno, el 17,74% en el fosforado, el 4,94% en el desengrase, el 4,19% en el vulcanizado. Las operaciones en la troqueladora realizan una modesta contribución del 0,52% (ver figura U27).

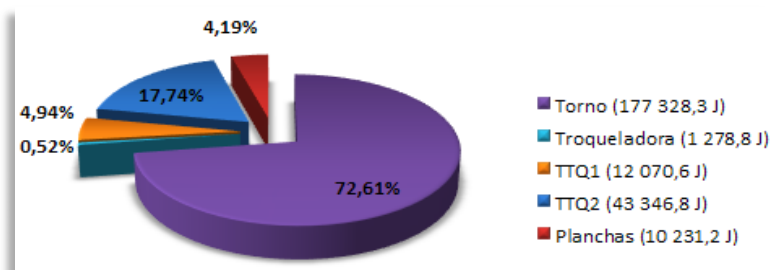


Figura U27. Valor agregado entregado por equipo en la producción del repuesto Soporte Trasero Motor.

SOPORTE IZQUIERDO MOTOR

En el proceso de producción de este repuesto se identifican 33 flujos. Los flujos 2 y 16 representan el acero y flujo 31 el caucho. En total se tienen once (11) operaciones realizadas en cuatro (4) equipos de producción (ver figura U28).

Para producir este repuesto se consumen 2,21MJ generándose un valor agregado de 331,7kJ, con un costo de \$2 567,61. El costo exergético de las irreversibilidades por desperdicio de material asciendan a 52,13kJ, de los cuales 41,44kJ corresponden a caucho desechado y el resto, 10,69kJ, a acero desprendido. El costo este caucho es de \$34,64 y el del acero \$766,23.

**METODOLOGÍA PARA EL USO RACIONAL Y EFICIENTE DE LA ENERGÍA DESDE EL ENFOQUE EXERGÉTICO
EN INDUSTRIA CAUCHOS RECORD LTDA.**

ANEXO U. Análisis termoeconómico por equipos.

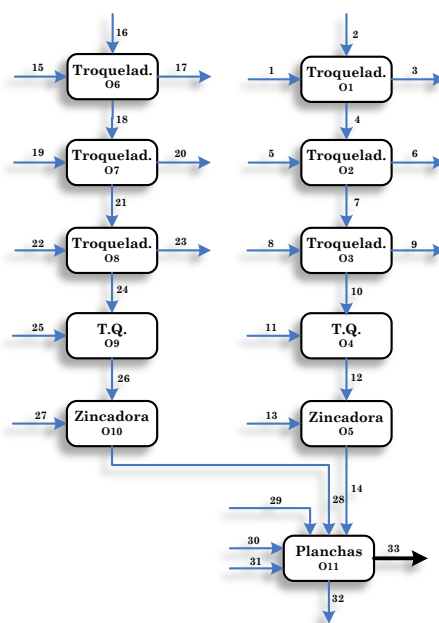


Figura U28. Diagrama por equipos del sistema del proceso de producción del repuesto Soporte Izquierdo Motor R4/R6.

Tabla U22. Costos exergéticos y costos exergoeconómicos del repuesto Soporte Izquierdo Motor R4/R6.

Flujo	B(J)	Valorando los desechos				No valorando los desechos			
		k' (tpu)	B' (J)	c' (\$/kJ)	Π (\$)	k' (tpu)	B' (J)	c' (\$/kJ)	Π (\$)
1	14 255,9	1,0000	14 255,9	0,0758	1,08	1,0000	14 255,9	0,0758	1,08
2	0,0	-	0,0	-	- 1 200,83	-	0,0	-	- 1 200,83
3	469,2	8,4399	3 960,0	711,5516	333,86	0,0000	0,0	0,0000	0,00
4	1 214,9	8,4747	10 295,9	714,5033	868,05	11,7342	14 255,9	989,3078	1 201,91
5	21 255,2	1,0000	21 255,2	0,0757	1,61	1,0000	21 255,2	0,0757	1,61
6	0,0	-	0,0	-	0,0	-	0,0	-	0,00
7	1 551,7	20,3332	31 551,1	560,4563	869,66	22,8853	35 511,1	775,6138	1 203,52
8	18 414,2	1,0000	18 414,2	0,0755	1,39	1,0000	18 414,2	0,0755	1,39
9	30,4	26,0888	793,1	454,9342	13,83	0,0000	0,0	0,0000	0,00
10	1 886,3	26,0681	49 172,2	454,4452	857,22	28,5879	53 925,3	638,7690	1 204,91
11	274 991,1	1,0000	274 991,1	0,0144	3,97	0,1000	27 499,1	0,0144	3,97
12	6 164,8	52,5829	324 163,3	139,6947	861,19	53,3539	328 916,4	196,0940	1 208,88
13	246 549,8	1,0000	246 549,8	0,0756	18,65	1,0000	246 549,8	0,0756	18,65
14	166 164,8	3,4346	570 713,1	5,2950	879,84	3,4632	575 466,2	7,3874	1 227,53
15	14 949,6	1,0000	14 949,6	0,0756	1,13	1,0000	14 949,6	0,0756	1,13
16	0,0	-	0,0	-	- 1 132,08	-	0,0	-	- 1 132,08
17	468,5	10,2933	4 822,4	780,2561	365,55	0,0000	0,0	0,0000	0,00
18	996,3	10,1647	10 127,1	770,5109	767,66	15,0051	14 949,6	1137,4184	1 133,21
19	19 411,0	1,0000	19 411,0	0,0757	1,47	1,0000	19 411,0	0,0757	1,47
20	0,0	-	0,0	-	0,0	-	0,0	-	0,00
21	1356,4	21,7768	29 538,1	567,0377	769,13	25,3322	34 360,6	836,5379	1 134,68
22	21 465,1	1,0000	21 465,1	0,0755	1,62	1,0000	21 465,1	0,0755	1,62
23	39,8	30,5126	1 214,4	461,0553	18,35	0,0000	0,0	0,0000	0,00
24	1 631,8	30,5116	49 788,9	461,0859	752,40	34,2111	55 825,7	696,3476	1 136,30
25	290 268,4	1,0000	290 268,4	0,0144	4,19	1,0000	290 268,4	0,0144	4,19
26	6 148,3	55,3092	340 057,3	123,0568	756,59	56,2910	346 094,1	185,4968	1 140,49
27	203 288,7	1,0000	203 288,7	0,0757	15,38	1,0000	203 288,7	0,0757	15,38
28	136 434,0	3,9825	543 346,0	5,6582	771,97	4,0267	549 382,8	8,4720	1 155,87
29	832 132,9	1,0004	832 432,9	0,0916	76,21	1,0000	832 132,9	0,0916	76,21
30	225 645,8	1,0000	225 645,8	0,0748	16,88	1,0000	225 645,8	0,0748	16,88
31	24 336,8	1,0000	24 336,8	3,3332	81,12	1,0000	24 336,8	3,7441	91,12
32	6 415,7	6,4587	41 437,3	5,3993	34,64	0,0000	0,0	0,0000	0,00
33	331 689,8	6,4962	2 154 737,4	5,4309	1 801,38	6,6534	2 206 864,5	7,7410	2 567,61

El gas natural suministra el 63,32% de la exergía requerida en el proceso, con un costo \$84,37 que representa el 3,30%. La energía eléctrica proporciona el 35,58% que cuesta \$59,21, siendo el 2,32% del costo total (ver tabla U23).

**METODOLOGÍA PARA EL USO RACIONAL Y EFICIENTE DE LA ENERGÍA DESDE EL ENFOQUE EXERGÉTICO
EN INDUSTRIA CAUCHOS RECORD LTDA.**

ANEXO U. Análisis termoeconómico por equipos.

Tabla U23. Flujos entrantes del repuesto Soporte Izquierdo Motor R4/R6.

	Flujo	Exergía (J)	Porcentaje (%)
Electricidad	1	14 255,9	0,65
	5	21 255,2	0,96
	8	18 414,2	0,83
	13	246 549,8	11,17
	15	14 949,6	0,68
	19	19 411,0	0,88
	22	21 465,1	0,97
	27	203 288,7	9,21
	30	225 645,8	10,22
	<i>Subtotal</i>	785 235,3	35,58
Gas Natural	11	274 991,1	12,46
	25	290 268,4	13,15
	29	832 132,9	37,70
	<i>Subtotal</i>	1 397 392,4	63,32
MP – Caucho	31	24 336,8	1,10
MP – Acero	2	-	-
	16	-	-
	<i>Subtotal</i>	-	-
PIEZA PRODUCIDA	33	2 206 964,5	100,00

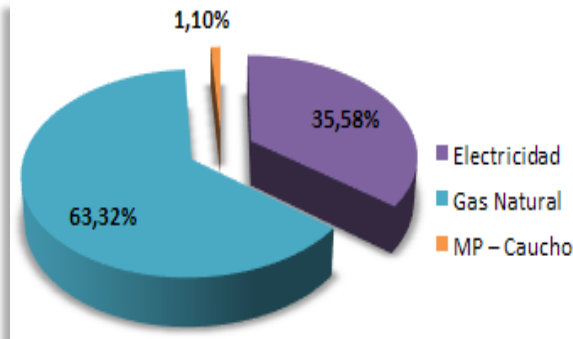


Figura U29. Participación exergética en el proceso de producción del repuesto Soporte Izquierdo Motor R4/R6.

	Flujo	Costo (\$)	Porcentaje (%)
Electricidad	1	1,08	0,04
	5	1,61	0,06
	8	1,39	0,05
	13	18,65	0,73
	15	1,13	0,04
	19	1,47	0,06
	22	1,62	0,06
	27	15,38	0,60
	30	16,88	0,66
	<i>Subtotal</i>	59,21	2,32
Gas Natural	11	3,97	0,16
	25	4,19	0,16
	29	76,21	2,98
	<i>Subtotal</i>	84,37	3,30
MP – Caucho	31	81,12	3,17
MP – Acero	2	1 200,83	46,95
	16	1 132,08	44,26
	<i>Subtotal</i>	2 332,91	91,21
PIEZA PRODUCIDA	33	2 557,61	100,00

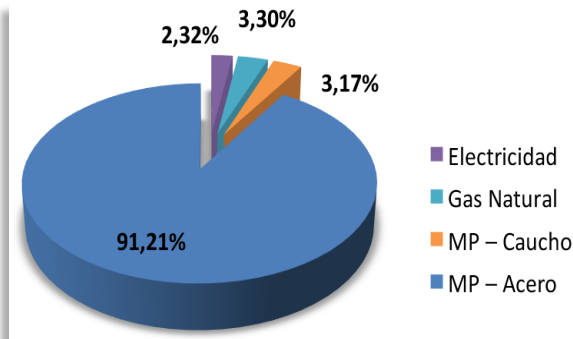


Figura U30. Participación económica en el proceso de producción del repuesto Soporte Izquierdo Motor R4/R6.

La materia prima, acero y caucho, tiene un precio de \$2 414,03 que constituye el 94,37% del costo de los recursos requeridos en la producción, donde el acero participa con el 91,21%. En proceso de producción de este repuesto se tiene que la Zincadora presenta un rendimiento del 64%, seguida por la Troqueladora con el 4,1%, y con los equipos térmicos entre el 1% y 2%. Las irreversibilidades de los equipos ascienden a 1,87MJ con un costo de \$0,0709/kJ, para los equipos eléctricos se sitúa en promedio en \$0,0756/kJ (ver tabla U24).

Tabla U24. Fuels, productos e irreversibilidades por equipo del repuesto Soporte Izquierdo Motor R4/R6.

Operación	Elemento	Exergía (J)			η_B	K_B	Costo (\$)			I (%) Parcial	I (%) Global	I \$/kJ	
		F	P	I			P	F	I				
O1	Troqueladora	14 255,9	1 684,1	12 571,8	0,1181	8,4650	1,08	0,1276	0,9524	88,19	0,72	0,0758	
O2		21 255,2	336,8	20 918,4	0,0158	63,1093	1,61	0,0255	1,5845	98,42	1,20	0,0757	
O3		18 414,2	365,0	18 049,2	0,0198	50,4499	1,39	0,0276	1,3624	98,02	1,03	0,0755	
O6		14 949,6	1 464,8	13 484,8	0,0980	10,2059	1,13	0,1107	1,0193	90,20	0,77	0,0756	
O7		19 411,0	360,1	19 050,9	0,0186	53,9045	1,47	0,0273	1,4427	98,14	1,09	0,0757	
O8		21 465,1	315,2	21 149,9	0,0147	68,0999	1,62	0,0238	1,5962	98,53	1,20	0,0755	
		<i>Subtotal</i>	109 751,0	4 526,0	105 225,0	0,0412	24,2490	8,3	0,3423	7,9577	95,88	6,00	0,0756

**METODOLOGÍA PARA EL USO RACIONAL Y EFICIENTE DE LA ENERGÍA DESDE EL ENFOQUE EXERGÉTICO
EN INDUSTRIA CAUCHOS RECORD LTDA.**

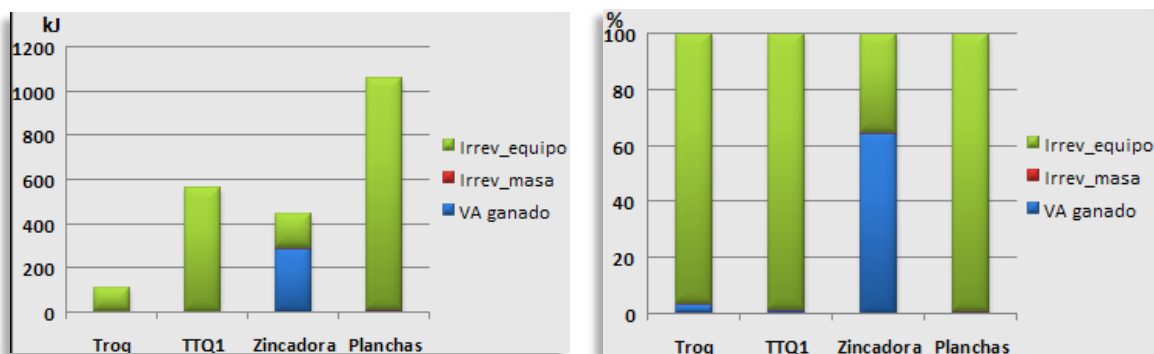
ANEXO U. Análisis termoeconómico por equipos.

O4	TTQ1	274 991,1	4 278,5	270 712,6	0,0156	64,2728	3,97	0,0618	3,9082	98,44	2,95	0,0144
O9		290 268,4	4 516,5	285 751,9	0,0156	64,2684	4,19	0,0652	4,1248	98,44	3,11	0,0144
	<i>Subtotal</i>	<i>565 259,5</i>	<i>8 795,0</i>	<i>556 464,5</i>	<i>0,0156</i>	<i>64,2706</i>	<i>8,16</i>	<i>0,1273</i>	<i>8,0327</i>	<i>98,44</i>	<i>15,36</i>	<i>0,0366</i>
O5	Zincadora	246 549,8	160 000,0	86 549,8	0,6490	1,5409	18,65	12,1030	6,5470	35,10	4,98	0,0756
O10		203 288,7	130 285,7	73 003,0	0,6409	1,5603	15,38	9,8569	5,5231	35,91	4,18	0,0757
	<i>Subtotal</i>	<i>449 838,5</i>	<i>290 285,7</i>	<i>159 552,8</i>	<i>0,6453</i>	<i>1,5496</i>	<i>34,03</i>	<i>21,9599</i>	<i>12,0701</i>	<i>35,47</i>	<i>9,16</i>	<i>0,0756</i>
O11	Planchas	1 057 778,7	11 169,9	1 046 608,8	0,0106	94,6990	93,09	0,9830	92,1070	98,94	69,48	0,0880
TOTAL		2 182 627,7	314 776,6	1 867 851,1	0,1442	6,9339	156,10	23,6070	132,4930	85,58	100,00	0,0709

Las irreversibilidades debido al desperdicio de material se presentan en el torno y las planchas de vulcanizado, donde la mayoría se deben a las operaciones realizadas en el primero (ver tabla U25).

Tabla U25. Irreversibilidades y valor agregado ganado por equipo en la producción del repuesto Soporte Izquierdo Motor R4/R6.

	Troqueladora		TTQ1		Zincadora		Planchas	
Irreversibilidades _ equipo	105 225,0	95,88%	556 464,5	98,44%	159 552,8	35,47%	1 046 608,8	98,94%
Irreversibilidades _ masa	951,0	0,86%	-	-	-	-	211,9	0,02%
VA ganado	3 575,0	3,26%	8 795,0	1,56%	290 285,7	64,53%	10 958,0	1,04%
TOTAL	109 751,0	100,00%	565 259,5	100,00%	449 838,5	100,00%	1 057 778,7	100,00%

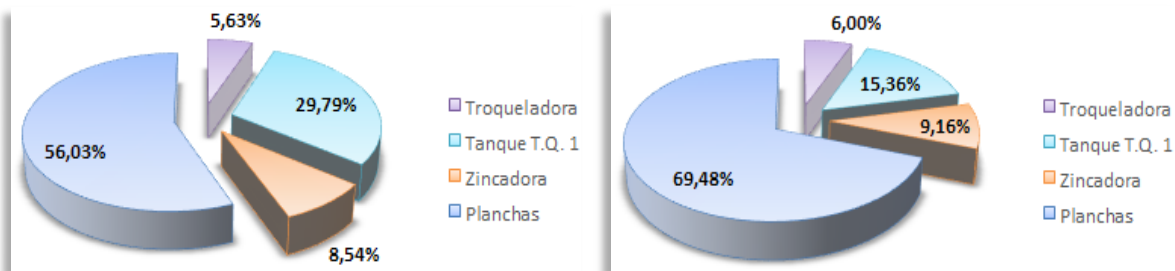


a. Cantidades

b. Porcentajes

Figura U31. Distribución de la exergía consumida por equipo en la producción del repuesto Soporte Izquierdo Motor R4/R6.

En la figura U31 se ilustra de manera gráfica que la Zincadora proporciona casi la totalidad del valor agregado al repuesto y que los mayores consumos de exergía e irreversibilidades se dan en el TTQ1 y las planchas de vulcanizado. La participación de los equipos en las irreversibilidades suscitadas en el proceso manifiestan un comportamiento similar entre lo exergético y lo económico (ver figura U32).



a. Exergética

b. Económica

Figura U32. Participación de las irreversibilidades por equipo en la producción del repuesto Soporte Izquierdo Motor R4/R6.

**METODOLOGÍA PARA EL USO RACIONAL Y EFICIENTE DE LA ENERGÍA DESDE EL ENFOQUE EXERGÉTICO
EN INDUSTRIA CAUCHOS RECORD LTDA.**

ANEXO U. Análisis termoeconómico por equipos.

Como se indicó con anterioridad la Zincadora se muestra como el equipo más eficiente del proceso de producción y el responsable en su mayoría del valor agregado ganado por el repuesto, el 92,56%. El valor generado en los demás equipos de producción presenta una participación modesta con tan solo una generación de valor del 7,44% en conjunto.

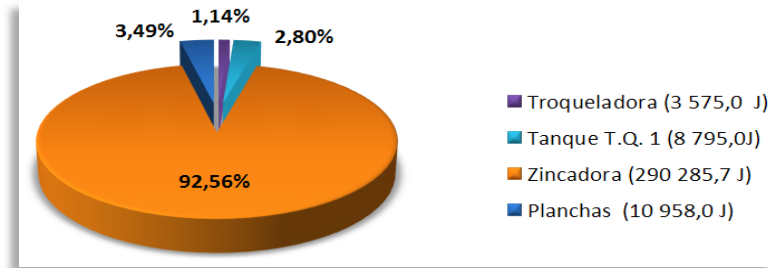


Figura U33. Valor agregado entregado por equipo en la producción del repuesto Soporte Izquierdo Motor R4/R6.

KODIAK

Se tiene treinta y nueve (39) flujos en el sistema de producción. El suministro de acero se identifica con los flujos 2 y 19, el caucho se identifica con el flujo 37 y la pieza terminada con el flujo 39 (ver figura U34).

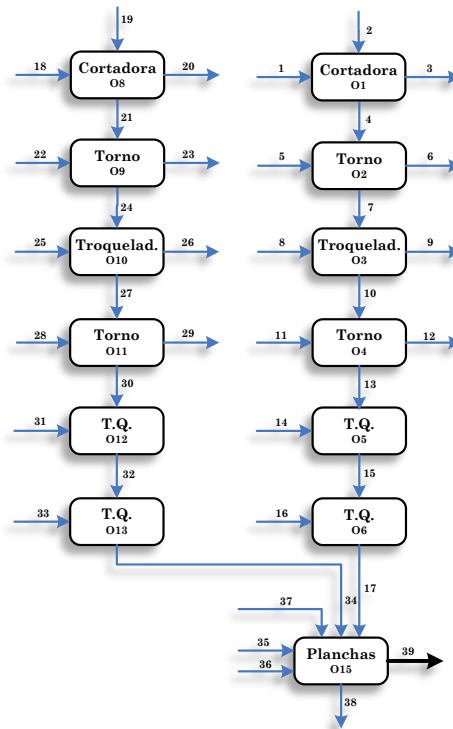


Figura U34. Diagrama por equipos del sistema del proceso de producción del repuesto Kodiak.

**METODOLOGÍA PARA EL USO RACIONAL Y EFICIENTE DE LA ENERGÍA DESDE EL ENFOQUE EXERGÉTICO
EN INDUSTRIA CAUCHOS RECORD LTDA.**

ANEXO U. Análisis termoeconómico por equipos.

El repuesto tiene un valor agregado de 162,45kJ con un costo exergético unitario, k^* , de 23,45, por lo que se requirió una cantidad de exergía igual a 3,81MJ para producirla. La pieza debido a recursos energéticos y materia prima tiene un costo de \$851,56.

Las irreversibilidades por desperdicio dadas en el proceso tienen un costo de 689kJ, donde 153kJ corresponden a caucho desechado y 536kJ representan el acero desprendido (ver tabla U26).

Tabla U26. Costos exergéticos y costos exergoeconómicos del repuesto Kodiak.

Flujo	B(J)	Valorando los desechos				No valorando los desechos			
		k^* (tpu)	B [*] (J)	c [*] (\$/kJ)	Π (\$)	k^* (tpu)	B [*] (J)	c [*] (\$/kJ)	Π (\$)
1	5 247,5	1,0000	5 247,5	0,0762	0,40	1,0000	5 247,5	0,0762	0,40
2	0,0		0,0		301,87		0,0		301,87
3	60,6	4,2442	257,2	244,5545	14,82	0,0000	0,0	0,0000	0,00
4	1 174,0	4,2507	4 990,3	244,8467	287,45	4,4698	5 247,5	257,4702	302,27
5	164 709,7	1,0000	164 709,7	0,0756	12,46	1,0000	164 709,7	0,0756	12,46
6	661,7	5,4800	3 626,1	9,6872	6,41	0,0000	0,0	0,0000	0,00
7	30 328,2	5,4759	166 073,9	9,6775	293,50	5,6039	169 957,2	10,3775	314,73
8	16 424,6	1,0000	16 424,6	0,0755	1,24	1,0000	16 424,7	0,0755	1,24
9	0,0		0,0		0,00		0,0		0,00
10	30 583,2	5,9673	182 498,6	9,6373	294,74	6,0943	186 381,9	10,3315	315,97
11	345 969,8	1,0000	345 969,8	0,0757	26,18	1,0000	345 969,8	0,0757	26,18
12	89 266,3	3,8948	347 676,6	2,3652	211,13	0,0000	0,0	0,0000	0,00
13	45 985,7	3,9315	180 791,8	2,3875	109,79	11,5765	532 351,7	7,4404	342,15
14	301 525,3	1,0000	301 525,3	0,0144	4,35	1,0000	301 525,3	0,0144	4,35
15	50 679,0	9,5147	482 197,1	2,2522	114,14	16,4541	833 877,0	6,8174	345,50
16	566 867,6	1,0000	566 867,6	0,0144	8,18	1,0000	566 867,6	0,0144	8,18
17	78 526,8	13,3593	1 049 064,7	1,5577	122,32	1,7838	140 074,5	4,5167	354,68
18	3 363,1	1,0000	3 363,1	0,0743	0,25	1,0000	3 363,1	0,0743	0,25
19	0,0		0,0		243,31		0,0		243,31
20	30,5	5,6852	173,4	411,4754	12,55	0,0000	0,0	0,0000	0,00
21	562,3	5,6726	3 189,7	410,8305	231,01	5,9810	3 363,1	433,1496	243,56
22	156 490,2	1,0000	156 490,2	0,0757	11,84	1,0000	156 490,2	0,0757	11,84
23	1 237,1	5,3781	6 653,3	8,1804	10,12	0,0000	0,0	0,0000	0,00
24	28 452,4	5,3783	153 026,6	8,1796	232,73	5,6183	159 853,3	8,9764	255,40
25	13 746,5	1,0000	13 746,5	0,0757	1,04	1,0000	13 746,5	0,0757	1,04
26	0,0		0,0		0,00		0,0		0,00
27	28 755,3	5,7997	166 773,1	8,1296	233,77	6,0371	173 599,8	8,9180	256,44
28	181 290,7	1,0000	181 290,7	0,0757	13,72	1,0000	181 290,7	0,0757	13,72
29	30 606,7	5,7727	176 682,1	4,1047	125,63	0,0000	0,0	0,0000	0,00
30	29 560,3	5,7977	171 381,7	4,1224	121,86	12,0056	354 890,5	9,1393	270,16
31	301 525,3	1,0000	301 525,3	0,0144	4,35	1,0000	301 525,3	0,0144	4,35
32	34 253,6	13,8061	472 907,0	3,6846	126,21	19,1634	656 415,8	8,0140	274,51
33	554 806,6	1,0000	554 806,6	0,0144	8,01	1,0000	554 806,6	0,0144	8,01
34	5 0219,4	20,4645	1 027 713,6	2,6727	134,22	24,1186	1 211 222,4	5,6257	282,52
35	796 524,6	1,0000	796 524,6	0,1025	81,62	1,0000	796 524,6	0,1025	81,62
36	369 232,5	1,0000	369 232,5	0,0432	13,14	1,0000	369 232,5	0,0432	13,14
37	31 942,1	1,0000	31 942,1	3,7443	119,60	1,0000	31 942,1	3,7443	119,60
38	7 993,8	19,2313	153 731,3	2,7822	22,24	0,0000	0,0	0,0000	0,00
39	162 450,5	19,2104	3 120 746,1	2,7792	451,48	23,4512	3 809 666,2	5,2593	851,56

En la tabla U27 se indica la participación de los flujos entrantes en el sistema en la exergía consumida y en el costo total registrado.

El gas natural suministra 2,52MJ, 66,18%, y la energía eléctrica 1,26MJ, 32,98%, con un precio de \$106,51 y \$80,27, respectivamente. La materia prima, acero y caucho, cuestan \$664,78, el 78,1% del total.

**METODOLOGÍA PARA EL USO RACIONAL Y EFICIENTE DE LA ENERGÍA DESDE EL ENFOQUE EXERGÉTICO
EN INDUSTRIA CAUCHOS RECORD LTDA.**

ANEXO U. Análisis termoeconómico por equipos.

Tabla U27. Flujos entrantes del repuesto Kodiak.

	Flujo	Exergía (J)	Porcentaje (%)
Electricidad	1	5 247,5	0,14
	5	164 709,7	4,32
	8	16 424,6	0,43
	11	345 969,8	9,08
	18	3 363,1	0,09
	22	156 490,2	4,11
	25	13 746,5	0,36
	28	181 290,7	4,76
	36	369 232,5	9,69
	<i>Subtotal</i>	<i>1 256 474,6</i>	<i>32,98</i>
Gas Natural	14	301 525,3	7,91
	16	566 867,6	14,88
	31	301 525,5	7,91
	33	554 806,6	14,56
	35	796 524,6	20,91
	<i>Subtotal</i>	<i>2 521 249,6</i>	<i>66,18</i>
MP – Caucho	37	31 942,1	0,84
MP – Acero	2	-	-
	19	-	-
	<i>Subtotal</i>	<i>-</i>	<i>-</i>
PIEZA PRODUCIDA	39	3 809 666,3	100,00

	Flujo	Costo (\$)	Porcentaje (%)
Electricidad	1	0,40	0,05
	5	12,46	1,46
	8	1,24	0,15
	11	26,18	3,07
	18	0,25	0,03
	22	11,84	1,39
	25	1,04	0,12
	28	13,72	1,61
	36	13,14	1,54
	<i>Subtotal</i>	<i>80,27</i>	<i>9,43</i>
Gas Natural	14	4,35	0,51
	16	8,18	0,96
	31	4,35	0,51
	33	8,01	0,94
	35	81,62	9,58
	<i>Subtotal</i>	<i>106,51</i>	<i>12,51</i>
MP – Caucho	37	119,60	14,04
MP – Acero	2	301,87	35,45
	19	243,31	28,57
	<i>Subtotal</i>	<i>545,18</i>	<i>64,02</i>
PIEZA PRODUCIDA	39	851,56	100,00

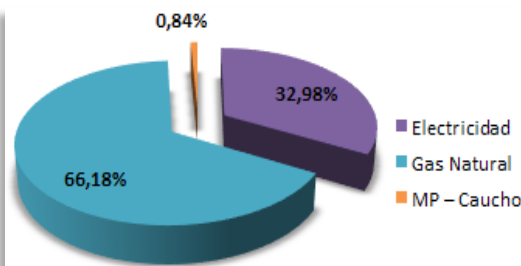


Figura T35. Participación exergética en el proceso de producción del repuesto Kodiak.

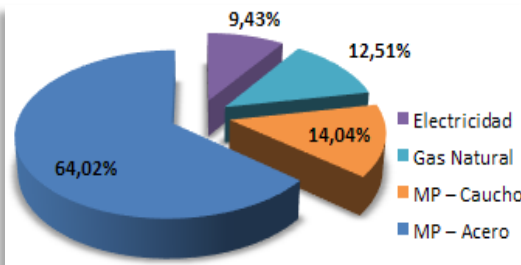


Figura T36. Participación económica en el proceso de producción del repuesto Kodiak.

Los equipos de producción presentan diferencias notorias en sus eficiencias (ver tablas U28 y U29). La Cortadora y el Torno registran eficiencias por encima del 20%, a diferencia de la Troqueladora que no supera el 2% a pesar de que funciona con electricidad. Los equipos térmicos, TTQ1, TTQ2 y las planchas de vulcanizado tienen eficiencias exergéticas entre el 1 y 4%.

Las irreversibilidades propias del funcionamiento de los equipos en este sistema de producción alcanzan los 3,5MJ y tienen un costo de \$0,048/kJ. En el torno en particular éstas tienen un costo de \$0,0953/kJ, en contraste con las presentadas en los tanques de tratamientos químicos que se cuantifican en \$0,0144/kJ.

**METODOLOGÍA PARA EL USO RACIONAL Y EFICIENTE DE LA ENERGÍA DESDE EL ENFOQUE EXERGÉTICO
EN INDUSTRIA CAUCHOS RECORD LTDA.**

ANEXO U. Análisis termoeconómico por equipos.

Tabla U28. Fuels, productos e irreversibilidades por equipo del repuesto Kodiak.

Operación	Elemento	Exergía (J)			η_b	K_b	Costo (\$)			I (%) Parcial	I (%) Global	I \$/kJ
		F	P	I			F	P	I			
O1	Cortadora	5 247,5	1 234,6	4 012,9	0,2353	4,2504	0,45	0,0941	0,3059	76,47	0,18	0,0762
O8		3 363,1	592,8	2 770,3	0,1763	5,6732	0,25	0,0441	0,2059	82,37	0,12	0,0743
	Subtotal	8 610,6	1827,4	6 783,2	0,2122	4,7119	0,70	0,1379	0,5121	78,78	0,30	0,0755
O2	Torno	164 709,7	29 815,9	134 893,8	0,1810	5,5242	12,46	2,2555	10,2045	81,90	5,99	0,0756
O4		345 969,8	104 668,8	241 301,0	0,3025	3,3054	26,18	7,9204	18,2596	69,75	10,72	0,0757
O9		156 490,2	29 127,2	127 363,0	0,1861	5,3726	11,84	2,2038	9,6362	81,39	5,66	0,0757
O11		181 290,7	31 411,7	14 987,9	0,1733	5,7714	13,72	2,3772	11,3428	82,67	6,66	0,7568
	Subtotal	848 460,4	195 023,6	518 545,7	0,2299	4,3506	64,2	14,7567	49,4433	77,01	29,02	0,0953
O3	Troqueladora	16 424,6	255,0	16 169,6	0,0155	64,4102	1,24	0,0193	1,2207	98,45	0,72	0,0755
O10		13 746,5	302,9	13 443,6	0,0220	45,3830	1,04	0,0229	1,0171	97,80	0,60	0,0757
	Subtotal	30 171,1	557,9	29 613,2	0,0185	54,0798	2,3	0,0422	2,2378	98,15	1,31	0,0756
O5	TTQ1	301 525,3	4 693,3	296 832,0	0,0156	64,2459	4,35	0,0677	4,2823	98,44	2,51	0,0144
O12		301 525,3	4 693,3	296 832,0	0,0156	64,2459	4,35	0,0677	4,2823	98,44	2,51	0,0144
	Subtotal	603 050,6	9 386,6	593 664,0	0,0156	64,2459	8,7	0,1354	8,5646	98,44	5,03	0,0144
O6	TTQ2	566 867,6	27 847,8	539 019,8	0,0491	20,3559	8,18	0,4018	7,7782	95,09	4,57	0,0144
O13		554 806,6	15 965,8	538 840,8	0,0288	34,7497	8,01	0,2305	7,7795	97,12	4,57	0,0144
	Subtotal	1 121 674,2	43 813,6	1 077 860,6	0,0391	25,6011	16,2	0,6324	15,5576	96,09	9,13	0,0144
O15	Planchas	1 165 757,1	9 756,0	1 156 001,1	0,0075	133,1381	94,76	0,7107	94,0493	99,25	55,20	0,0814
	TOTAL	3 777 724,0	260 361,1	3 517 358,9	0,0689	14,5096	186,8	16,4183	170,3817	90,18	100,00	0,0484

Tabla U29. Irreversibilidades y valor agregado ganado por equipo en la producción del repuesto Kodiak.

	Cortadora	Torno	Troqueladora	TTQ1	TTQ2	Planchas
Irreversibilidades _ equipo	6 783,2 78,78%	518 454,7 61,11%	29 613,2 98,15%	593 664,0 98,44%	1 077 860,6 96,09%	1 156 001,1 99,16%
Irreversibilidades _ masa	91,1 1,06%	89 910,7 10,24%	- -	- -	- -	457,6 0,04%
VA ganado	1 736,3 20,16%	243 095,0 28,65%	557,9 1,85%	9 386,6 1,56%	43 816,6 3,91%	9 298,4 0,80%
TOTAL	8 610,6 100,00%	848 460,4 100,00%	30 171,1 100,00%	603 050,6 100,00%	1 121 674,2 100,00%	1 165 757,1 100,00%

En la figura U37 se ilustra como el TTQ2 y las planchas de vulcanizado se presentan como los equipos de mayor consumo exergético y también con las mayores irreversibilidades. El torno registra el mayor valor agregado entregado a la pieza terminada y las mayores irreversibilidades por desperdicio de material.

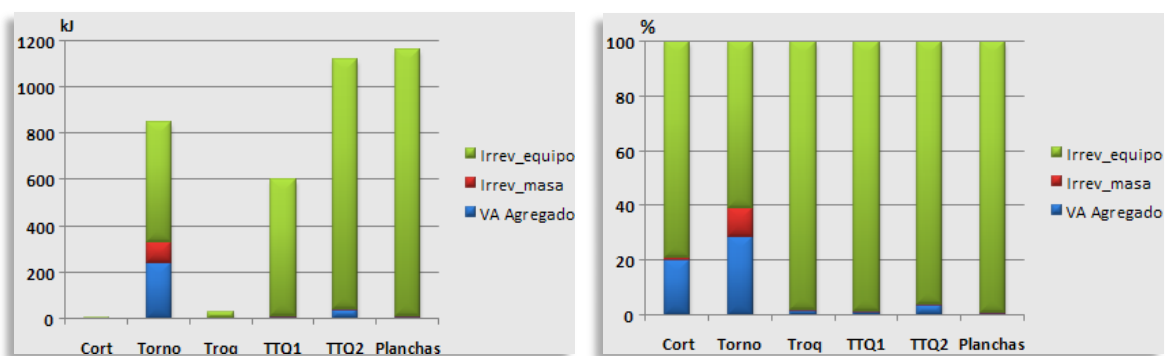


Figura U37. Distribución de la exergía consumida por equipo en la producción del repuesto Kodiak.

La Cortadora debido a su bajo consumo de exergía no tiene una representación significativa en las irreversibilidades del proceso, tal como se muestra en la figura U38. Aunque la cantidad de exergía desperdiciada en el TTQ2 alcanza el 31,87% este porcentaje solo representa el 9,13% de los costos.

**METODOLOGÍA PARA EL USO RACIONAL Y EFICIENTE DE LA ENERGÍA DESDE EL ENFOQUE EXERGÉTICO
EN INDUSTRIA CAUCHOS RECORD LTDA.**

ANEXO U. Análisis termoeconómico por equipos.

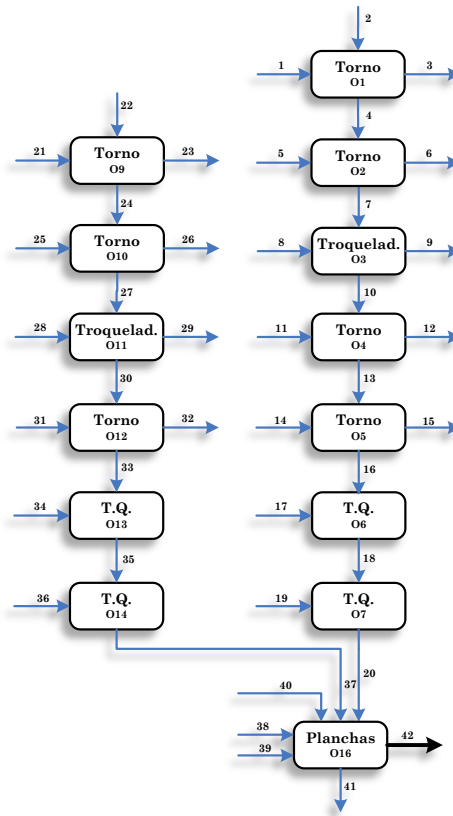


Figura U40. Diagrama por equipos del sistema del proceso de producción del repuesto Buje Muelle Dodge.

Tabla U30. Costos exergéticos y costos exergoeconómicos del repuesto Buje Muelle Dodge.

Flujo	B(J)	Valorando los desechos				No valorando los desechos			
		k'(tpu)	B (J)	c (\$/kJ)	Π (\$)	k'(tpu)	B (J)	c (\$/kJ)	Π (\$)
1	151 377,1	1,0000	151 377,1	0,0756	11,45	1,0000	151 377,1	0,0756	11,45
2	0,0	-	0,0	-	214,69	-	0,0	-	214,69
3	1 074,2	5,2582	5 648,4	7,8570	8,44	0,0000	0,0	0,0000	0,00
4	27 749,9	5,2515	145 728,7	7,8454	217,71	5,4551	151 377,1	8,1492	226,14
5	76 834,8	1,0000	76 834,8	0,0756	5,81	1,0000	76 834,8	0,0756	5,81
6	209,7	6,8474	1 435,9	6,8670	1,44	0,0000	0,0	0,0000	0,00
7	32 290,6	6,8480	221 127,6	6,8772	222,07	7,0674	228 211,9	7,1832	231,95
8	14 881,7	1,0000	14 881,7	0,0759	1,13	1,0000	14 881,7	0,0759	1,13
9	0,0	-	0,0	-	0,0	-	0,0	-	0,00
10	32 728,7	7,2111	236 009,3	6,8197	223,20	7,4275	243 093,6	7,1216	233,08
11	192 085,7	1,0000	192 085,7	0,0756	14,53	1,0000	192 085,7	0,0756	14,53
12	19 894,8	5,8000	115 389,5	3,2209	64,08	0,0000	0,0	0,0000	0,00
13	53 931,8	5,7982	312 705,5	3,2198	173,65	8,0691	435 179,3	4,5912	247,61
14	190 598,6	1,0000	190 598,6	0,0757	14,42	1,0000	190 598,6	0,0757	14,42
15	29 115,4	5,4532	158 771,0	2,0378	59,33	0,0000	0,0	0,0000	0,00
16	63 151,7	5,4556	344 533,1	2,0386	128,74	9,9091	625 777,9	4,1492	262,03
17	743 130,7	1,0000	743 130,7	0,0144	10,72	1,0000	743 130,7	0,0144	10,72
18	65 497,3	16,6062	1 087 663,8	2,1292	139,46	20,9002	1 368 908,6	4,1643	272,75
19	1 394 597,8	1,0000	1 394 597,8	0,0144	20,12	1,0000	1 394 597,8	0,0144	20,12
20	105 620,8	23,5016	2 482 261,6	1,5109	159,58	26,1644	2 763 506,4	2,7728	292,87
21	147 952,8	1,0000	147 952,8	0,0756	11,19	1,0000	147 952,8	0,0756	11,19
22	0,0	-	0,0	-	211,79	-	0,0	-	211,79
23	835,1	6,1092	5 101,8	9,1965	7,68	0,0000	0,0	0,0000	0,00
24	23 383,0	6,1092	142 851,0	9,2071	215,29	6,3274	147 952,8	9,5360	222,98
25	48 870,7	1,0000	48 870,7	0,0757	3,70	1,0000	48 870,7	0,0757	3,70
26	313,8	7,2734	2 282,4	8,3174	2,61	0,0000	0,0	0,0000	0,00
27	26 048,7	7,2725	189 439,3	8,3067	216,38	7,5560	196 823,5	8,7022	226,68
28	14 689,9	1,0000	14 689,9	0,0756	1,11	1,0000	14 689,9	0,0756	1,11
29	0,0	-	0,0	-	0,0	-	0,0	-	0,00
30	26 488,8	7,7062	204 129,1	8,2106	217,49	7,9850	211 513,4	8,5995	227,79
31	179 814,9	1,0000	179 814,9	0,0756	13,60	1,0000	179 814,9	0,0756	13,60
32	27 425,6	6,4812	177 751,9	3,9011	106,99	0,0000	0,0	0,0000	0,00

**METODOLOGÍA PARA EL USO RACIONAL Y EFICIENTE DE LA ENERGÍA DESDE EL ENFOQUE EXERGÉTICO
EN INDUSTRIA CAUCHOS RECORD LTDA.**

ANEXO U. Análisis termoeconómico por equipos.

33	31 699,8	6,5045	206 192,2	3,9152	124,11	12,3448	391 328,3	7,6149	241,39
34	681 366,9	1,0000	681 366,9	0,0144	9,83	1,0000	681 366,9	0,0144	9,83
35	42 303,8	20,9806	887 559,1	3,1661	133,94	25,3569	1 072 695,2	5,9385	251,22
36	1 307 735,5	1,0000	1 307 735,5	0,0144	18,87	1,0000	1 307 735,5	0,0144	18,87
37	79 928,7	27,4657	2 195 294,6	1,9081	152,51	29,7819	2 380 430,7	3,3791	270,09
38	334 970,6	1,0000	334 970,6	0,1088	36,45	1,0000	334 970,6	0,1088	36,45
39	318 515,1	1,0000	318 515,1	0,0148	4,72	1,0000	318 515,1	0,0148	4,72
40	25 857,9	1,0000	25 857,9	4,0359	104,36	1,0000	25 857,9	4,0359	104,36
41	7 992,7	24,4289	195 252,8	2,0869	16,68	0,0000	0,0	0,0000	0,00
42	211 292,7	24,4289	5 161 647,0	2,0869	440,94	27,5603	5 823 280,7	3,3531	708,49

En la tabla U31 se aprecia que el 76,62% de la exergía utilizada, 4,46MJ, provienen de gas natural a un precio de \$95,99 (13,55%). La energía eléctrica cuesta \$81,66 (11,53%) y aporta el 22,94% de la exergía. Las dos piezas de acero requeridas se cotizan en \$426,48 (60,20%) (ver figuras U41 y U42).

Tabla T31. Flujos entrantes del repuesto Buje Muelle Dodge.

	Flujo	Exergía (J)	Porcentaje (%)
Electricidad	1	151 377,1	2,60
	5	76 834,8	1,32
	8	14 881,7	0,26
	11	192 085,7	3,30
	14	190 598,6	3,27
	21	147 952,8	2,54
	25	48 870,7	0,84
	28	14 689,9	0,25
	31	179 814,9	3,09
	39	318 515,1	5,47
Subtotal	1 335 621,3	22,94	
Gas Natural	17	743 130,7	12,76
	19	1 394 597,8	23,95
	34	681 366,9	11,70
	36	1 307 735,5	22,46
	38	334 970,6	5,75
Subtotal	4 461 801,5	76,62	
MP – Caucho	40	25 857,9	0,44
MP – Acero	2	-	-
22	-	-	-
Subtotal	-	-	-
PIEZA PRODUCIDA	42	5 823 280,7	100,00

	Flujo	Costo (\$)	Porcentaje (%)
Electricidad	1	11,45	1,62
	5	5,81	0,82
	8	1,13	0,16
	11	14,53	2,05
	14	14,42	2,04
	21	11,19	1,58
	25	3,70	0,52
	28	1,11	0,16
	31	13,60	1,92
	39	4,72	0,67
Subtotal	81,66	11,53	
Gas Natural	17	10,72	1,51
	19	20,12	2,84
	34	9,83	1,39
	36	18,87	2,66
	38	36,45	5,14
Subtotal	95,99	13,55	
MP – Caucho	40	104,36	14,73
MP – Acero	2	214,69	30,30
22	211,79	29,89	
Subtotal	426,48	60,20	
PIEZA PRODUCIDA	42	708,49	100,00

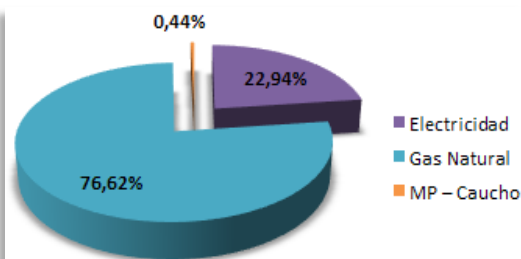


Figura U41. Participación exergética en el proceso de producción del repuesto Buje Muelle Dodge.

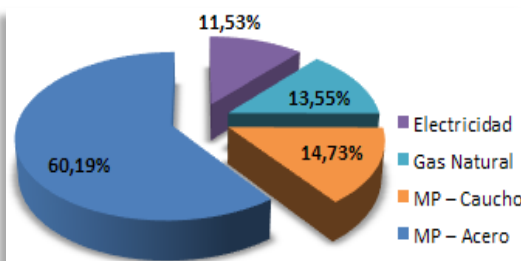


Figura U42. Participación económica en el proceso de producción del repuesto Buje Muelle Dodge.

**METODOLOGÍA PARA EL USO RACIONAL Y EFICIENTE DE LA ENERGÍA DESDE EL ENFOQUE EXERGÉTICO
EN INDUSTRIA CAUCHOS RECORD LTDA.**

ANEXO U. Análisis termoeconómico por equipos.

En general, el proceso presenta una eficiencia del 5,16%. La eficiencia del torno sobrepasa el 20%, mientras lo demás equipo no alcanzan el 3%. Las irreversibilidades presentes en los equipos de este sistema de producción tienen un costo de \$160,7 (\$0,0292/kJ) lo que corresponde al 22,7% del valor de la pieza (ver tablas U32 y U33). El desprendimiento de material ocurrido en las operaciones en el torno representa el 99,5% de las pérdidas por desperdicio de material.

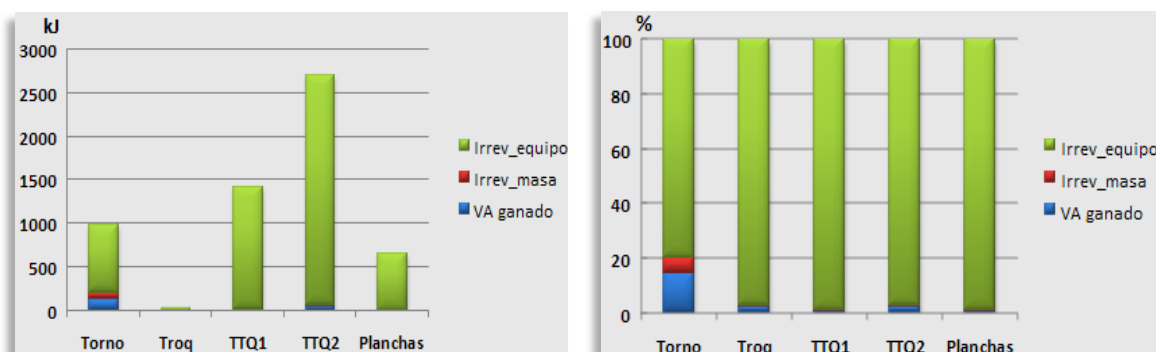
Tabla U32. Fuels, productos e irreversibilidades por equipo del repuesto Buje Muelle Dodge.

Operación	Elemento	Exergía (J)			η_B	K_B	Costo (\$)			I (%) Parcial	I (%) Global	I \$/kJ
		F	P	I			F	P	I			
O1	Torno	151 377,1	28 824,1	122 553,0	0,1904	5,2518	11,45	2,1802	9,2698	80,96	5,77	0,0756
O2		76 834,8	31 426,1	45 408,7	0,4090	2,4449	5,81	2,3763	3,4337	59,10	2,14	0,0756
O4		192 085,7	41 097,9	150 987,8	0,2140	4,6739	14,53	3,1088	11,4212	78,60	7,11	0,0756
O5		190 598,6	38 335,3	152 263,3	0,2011	4,9719	14,42	2,9003	11,5197	79,89	7,17	0,0757
O9		147 952,8	24 218,1	123 734,7	0,1637	6,1092	11,19	1,8317	9,3583	83,63	5,82	0,0076
O10		48 870,7	2 979,5	45 891,2	0,0610	16,4023	3,7	0,2256	3,4744	93,90	2,16	0,0757
O12		179 814,9	32 636,6	147 178,3	0,1815	5,5096	13,6	2,4684	11,1316	81,85	6,93	0,0756
	Subtotal	987 534,6	199 517,6	788 017,0	0,2020	4,9496	74,7	15,0921	59,6079	79,80	37,10	0,0313
O3	Troqueladora	14 881,7	438,1	14 443,6	0,0294	33,9687	1,13	0,0333	1,0967	97,06	0,68	0,0759
O11		14 689,9	440,1	14 249,8	0,0300	33,3786	1,11	0,0333	1,0767	97,00	0,67	0,0756
	Subtotal	29 571,6	878,2	28 693,4	0,0297	33,6730	2,24	0,0665	2,1735	97,03	1,35	0,0757
O6	TTQ1	743 130,7	2 345,6	740 785,1	0,0032	316,8190	10,72	0,0338	10,6862	99,68	6,65	0,0144
O13		681 366,9	10 604,0	670 762,9	0,0156	64,2556	9,83	0,1530	9,6770	98,44	6,02	0,0144
	Subtotal	1 424 497,6	12 949,6	1 411 548,0	0,0091	110,0032	20,55	0,1868	20,3632	99,09	12,67	0,0144
O7	TTQ2	1 394 597,8	40 123,5	1 354 474,3	0,0288	34,7576	20,12	0,5789	19,5411	97,12	12,16	0,0144
O14		1 307 735,5	37 624,9	1 270 110,6	0,0288	34,7572	18,87	0,5429	18,3271	97,12	11,41	0,0144
	Subtotal	2 702 333,3	77 748,4	2 624 584,9	0,0288	34,7574	38,99	1,1218	37,8682	97,12	23,57	0,0144
O16	Planchas	653 485,7	7 878,0	645 607,7	0,0121	82,9507	41,17	0,4963	40,6737	98,79	25,31	0,0630
	TOTAL	5 797 422,8	298 971,8	5 498 451,0	0,0516	19,3912	177,65	16,9635	160,6865	94,84	100,00	0,0292

Tabla U33. Irreversibilidades y valor agregado ganado por equipo en la producción del repuesto Buje Muelle Dodge.

	Torno	Troqueladora	TTQ1	TTQ2	Planchas
Irreversibilidades _equipo	788 017,0 79,80%	28 693,4 97,03%	1 411 548,0 99,09%	2 624 584,9 97,12%	645 607,7 98,79%
Irreversibilidades _masa	54 599,7 5,53%	- -	- -	- -	287,1 0,05%
VA ganado	144 917,9 14,67%	878,2 2,97%	12 949,6 0,91%	77 748,4 2,88%	7 590,9 1,16%
TOTAL	987 534,6 100,00%	29 571,6 100,00%	1 424 497,6 100,00%	2 702 333,3 100,00%	653 485,7 100,00%

El TTQ2 se tiene como el equipo que consume la mayor cantidad de exergía y presenta las mayores irreversibilidades del proceso (ver figura U43). Se aprecia que una parte importante del valor agregado ganado por la pieza se debe a las operaciones realizadas en el torno.



a. Cantidades

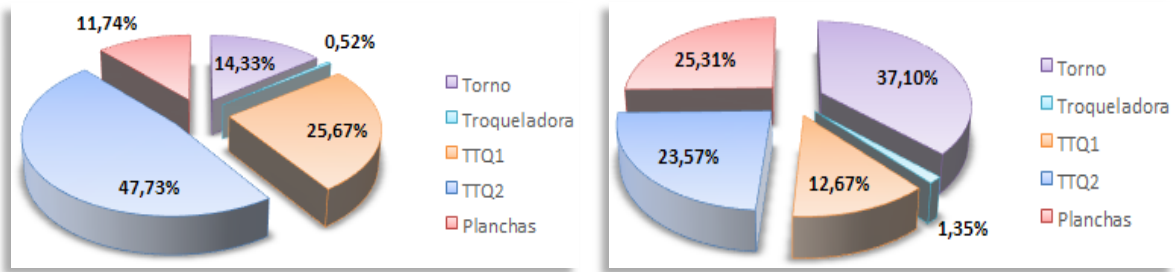
b. Porcentajes

Figura U43. Distribución de la exergía consumida por equipo en la producción del repuesto Buje Muelle Dodge.

**METODOLOGÍA PARA EL USO RACIONAL Y EFICIENTE DE LA ENERGÍA DESDE EL ENFOQUE EXERGÉTICO
EN INDUSTRIA CAUCHOS RECORD LTDA.**

ANEXO U. Análisis termoeconómico por equipos.

En la figura U44 se aprecia de forma porcentual como participa la exergía desperdiciada y su costo en la participación de las irreversibilidades por equipo. La figura U45 muestra la contribución de cada equipo en el valor agregado de la pieza terminada.



a. Exergética *b. Económica*
Figura U44 Participación de las irreversibilidades por equipo en la producción del repuesto Buje Muelle Dodge.

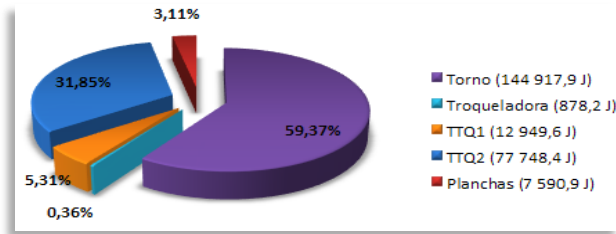


Figura U45. Valor agregado entregado por equipo en la producción del repuesto Buje Muelle Dodge.

ANEXO V. ANÁLISIS TERMOECONÓMICO POR EQUIPO

En este anexo se presenta el análisis termoeconómico de los siguientes equipos:

- Troqueladora
- Cortadora
- Cincadora
- Molino

TROQUELADORA

La troqueladora presenta una eficiencia exergética del 2,9% (no considerando las irreversibilidades ocurridas en la operación donde alcanza el 3,48%). Los conductores se presentan como el componente con mayor rendimiento (99,6%), el martillo con la menor eficiencia (6,7%) y también las mayores irreversibilidades, 8 336,5J que corresponden al 99,3% de la exergía entrante a este componente (ver tabla V1 y figura V1).

Tabla V1. Fuels, productos e irreversibilidades de los componentes del modelo exergético de la troqueladora.

Elemento	Exergía		I	η_B	K_B	
	F	P				
Conductores	17 274,5	17 197,3	77,2	0,4%	0,996	1,0045
Motor	17 197,3	14 445,8	2 751,5	16,0%	0,840	1,1905
Reductor	14 445,8	8 937,9	5 507,9	38,1%	0,619	1,6162
Martillo	8 937,9	601,4	8 336,5	99,3%	0,067	14,8618
Operación	601,4	493,5	107,9	17,9%	0,821	1,2186
TOTAL	17 274,5	493,5	16 781,0	97,1%	0,029	35,0041

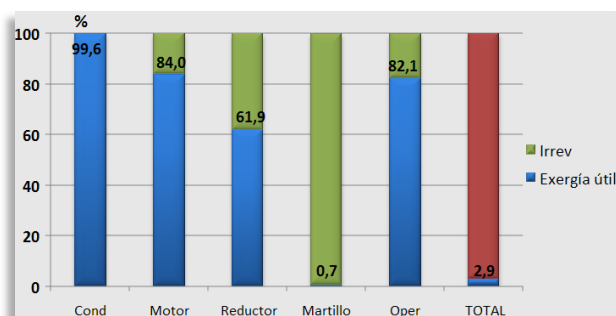


Figura V1. Distribución de la exergía consumida por los componentes del modelo exergético de la troqueladora.

**METODOLOGÍA PARA EL USO RACIONAL Y EFICIENTE DE LA ENERGÍA DESDE EL ENFOQUE EXERGÉTICO
EN INDUSTRIA CAUCHOS RECORD LTDA.**

ANEXO V. Análisis termoeconómico por equipo.

La mitad de las irreversibilidades que se dan en la troqueladora se deben al martillo (49,68%), donde el rozamiento y la necesidad de ganar energía potencial, que no aporta valor al repuesto, generan esta gran pérdida de exergía.

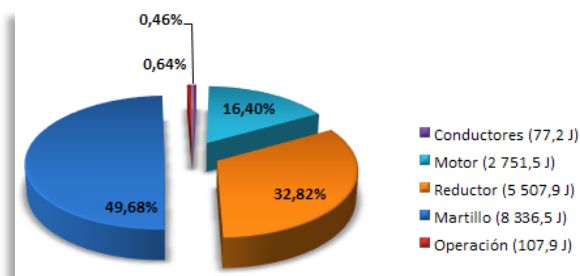


Figura V2. Irreversibilidades por componente del modelo exergético de la troqueladora.

Las pérdidas en el motor se relacionan de manera directa con la eficiencia de diseño, por lo que si es posible debe revisarse de manera más detallada su funcionamiento.

CORTADORA

La cortadora presenta un rendimiento del 20,17%. En cada operación requiere 25,83kJ, por lo que el costo de operación tiene un costo de \$2,01.

El principio de funcionamiento eléctrico de la cortadora, según las consideraciones definidas para este trabajo, da que el rendimiento energético y exergético son iguales. Esto se cumple para todos los equipos eléctricos.

Según los datos de la tabla V2 y figura V3 el componente que más irreversibilidades ocasiona es la hoja de corte con un 53,5% (6,9kJ), aún cuando la bomba se presenta como el componente más ineficiente, 0,8%.

Tabla V2. Fuels, productos e irreversibilidades de los componentes del modelo exergético de la cortadora.

Elemento	Exergía		I	η_B	K_B
	P	F			
Conductores	25 831,8	25 830,6	1,2	0,0046%	1,0000
Motor 1	16 635,8	12 976,8	3 660,0	22,0%	0,7800
Hoja Corte	12 976,8	6 030,6	6 946,2	53,5%	0,4647
Motor 2	9 193,8	6 528,6	2 665,2	29,0%	0,7101
Bomba	6 528,6	54,6	6 474,0	99,2%	0,0084
Operación	6 084,0	5 209,2	877,2	14,4%	0,8560
TOTAL	25 831,8	5 209,2	3 437,1	79,8%	0,2017

METODOLOGÍA PARA EL USO RACIONAL Y EFICIENTE DE LA ENERGÍA DESDE EL ENFOQUE EXERGÉTICO EN INDUSTRIA CAUCHOS RECORD LTDA.

ANEXO V. Análisis termoeconómico por equipo.

Los conductores eléctricos, como se esperaba, ocasionan pérdidas mínimas, aún cuando cumplen con la capacidad amperométrica exigida por norma.

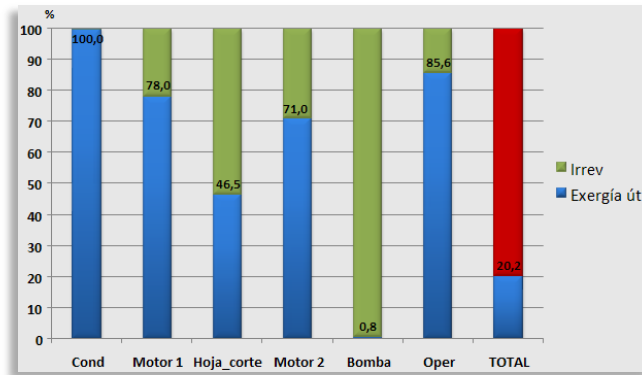


Figura V3. Distribución de la exergía consumida por los componentes del modelo exergético de la cortadora.

La operación presenta irreversibilidades del 4,25% (ver figura V4), producto de la cantidad de masa que se desprende en el proceso de cortado, que se mantendría constante en una eventual mejora, por lo que, aunque los demás componentes del modelo mejoren su eficiencia exergética, en éste disminuirá inevitablemente, aumentándose en porcentaje sus irreversibilidades. Considerándose en definitiva que la eficiencia exergética del equipo es de 23,55%.

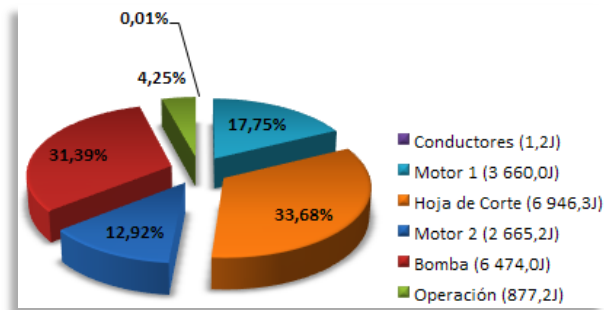


Figura V4 Irreversibilidades por componente del modelo exergético de la Cortadora por pieza.

CINCADORA

La cincadora presenta la eficiencia más alta del sistema, con un 64,5%. Esto se debe a dos cosas fundamentalmente: a su principio de funcionamiento y a las consideraciones de modelado.

Dado que la cincadora funciona con un convertidor CA/CC registra un nivel considerable de eficiencia (64,5%). El modelado influye en la cuantificación de los flujos entre componentes, la

METODOLOGÍA PARA EL USO RACIONAL Y EFICIENTE DE LA ENERGÍA DESDE EL ENFOQUE EXERGÉTICO EN INDUSTRIA CAUCHOS RECORD LTDA.

ANEXO V. Análisis termoeconómico por equipo.

cual, debido a las condiciones de inseguridad e inaccesibilidad, se realizó de forma precaria. Como mejora en el modelado de este equipo se debe profundizar en la cuantificación de los flujos.

Tabla V3. Fuels, productos e irreversibilidades de los componentes del modelo exergético de la Zincadora.

Elemento	Exergía		I	η_B	K_B	
	F	P				
Conductores	224 919,3	224 791,2	128,1	0,05%	0,9994	1,0006
Unidad	224 791,2	145 142,9	79 648,3	35,43%	0,6457	1,5488
Operación	145 142,9	145 142,9	0,0	0,0%	1,0000	1,0000
TOTAL	224 919,3	145 142,9	79 776,4	35,48%	0,6320	1,5823

La operación no registra irreversibilidad, pues se distribuye el consumo entre las piezas a procesar.

Por lo que, en definitiva, el 99,84% de las irreversibilidades se deben a la unidad.

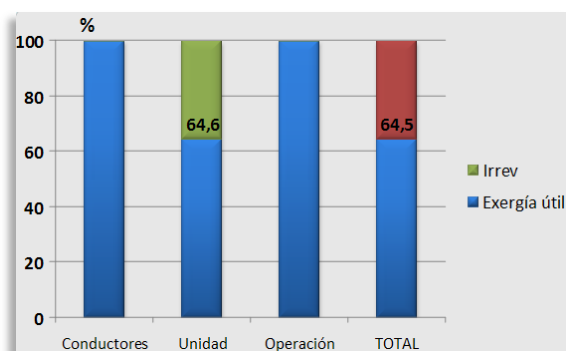


Figura V5. Distribución de la exergía consumida por los componentes del modelo exergético de la cincadora.

MOLINO

Este equipo eléctrico presenta un rendimiento del 64,48%. Donde su bomba se establece como el componente de menor rendimiento (0,24%), aunque representa solo 4,24% de las irreversibilidades del equipo (ver tabla V4 y figura V6).

Tabla V4. Fuels, productos e irreversibilidades de los componentes del modelo exergético del molino.

Elemento	Exergía		I	η_B	K_B	
	F	P				
Conductores	16 612 787,7	16 591 436,9	21 350,8	0,13%	0,9987	1,0013
Motor Principal	16 591 436,9	11 614 005,8	4 977 431,1	30,00%	0,7000	1,4286
Transmisión	11 614 005,8	10 711 202,3	902 803,5	7,77%	0,9223	1,0843
Conductores	452 141,2	452 047,6	93,6	0,02%	0,9998	1,0002
Motor 2	452 047,6	271 228,6	180 819,0	40,00%	0,6000	1,6667
Bomba	271 228,6	654,9	270 573,7	99,76%	0,0024	414,1527
Operación	10 711 857,1	10 711 857,1	0,0	-	1,0000	1,0000
TOTAL	16 612 787,7	10 711 857,1	5 900 930,6	35,52%	0,6448	1,5509

**METODOLOGÍA PARA EL USO RACIONAL Y EFICIENTE DE LA ENERGÍA DESDE EL ENFOQUE EXERGÉTICO
EN INDUSTRIA CAUCHOS RECORD LTDA.**

ANEXO V. Análisis termoeconómico por equipo.

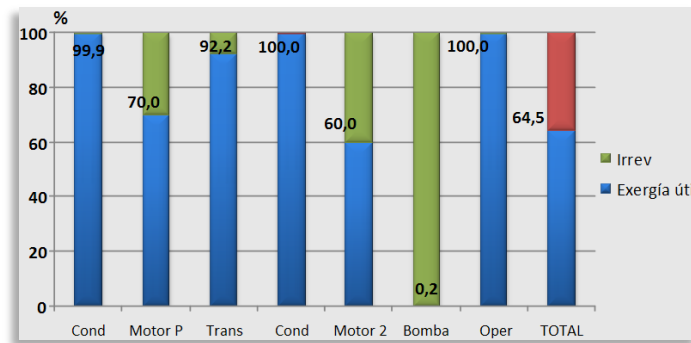


Figura V6. Distribución de la exergía consumida por los componentes del modelo exergético.

Las pérdidas en el motor alcanzan el 78,35% del global y la transmisión tal solo el 14,21% (ver figura V7).

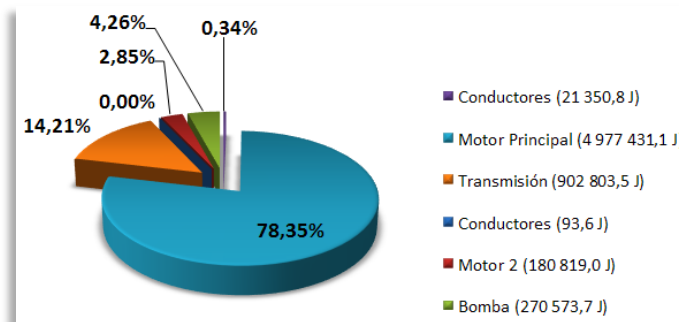


Figura V7. Irreversibilidades por componente del modelo exergético.