

**ELABORACIÓN DE UN DISEÑO ENERGETICO PARA LA LINEA DE
PRODUCCIÓN DE CAUCHO EN CROYDON COLOMBIA S.A**

**LAURA NATALIA MENDOZA GONZALEZ
LADY VANESSA SALAMANCA MORA**

**Proyecto integral de trabajo de grado para optar al título de
INGENIERA QUÍMICA**

Orientador

**Luis Alberto Figueroa Casallas
Ingeniero Químico**

**FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMERICA
FACULTAD DE INGENIERIA
INGENIERIA QUIMICA
BOGOTÁ
2022**

NOTA DE ACEPTACIÓN

Luis Alberto Figueroa Casallas
Firma del director.

Claudio Alberto Moreno Arias
Firma del presidente Jurado.

Juan Camilo Cely Garzón
Firma del Jurado

Bogotá D.C. febrero de 2022

DIRECTIVOS DE LA UNIVERSIDAD

Presidente de la universidad y rector del claustro.

Dr. MARIO POSADA GARCÍA PEÑA

Consejero Institucional

Dr. LUIS JAIME POSADA GARCÍA PEÑA

Vicerrectora Académica de Investigaciones

Dra. ALEXANDRA MEJÍA GUZMÁN

Vicerrector Administrativo y financiero

Dr. RICARDO ALFONSO PEÑARANDA CASTRO

Secretario General.

Dr. JOSÉ LUIS MACÍAS RODRÍGUEZ

Decana de la Facultad de Ingeniería

Ing. NALINY PATRICIA GUERRA PRIETO

Directora del Programa de Ingeniería Química

Ing. NUBIA LILIANA BECERRA OSPINA

DEDICATORIA

Esta dedicatoria va dirigida a todas las personas y cosas mágicas que me inspiraron a seguir...

Principalmente a mi familia por su apoyo incondicional, a mi mamá y mis hermanos por su amor siempre infinitas gracias.

Vanessa Salamanca Mora

Dedico este proyecto a todas las mujeres que inspiran a otras a ser fuertes, a no tener miedo, a seguir sus sueños y cambiar el mundo.

Natalia Mendoza González

“Cuando usted ha probado las posibilidades es muy difícil dejarse por las imposibilidades.” M.M

AGRADECIMIENTOS

Queremos agradecer a todas las personas que nos apoyaron en este proceso en especial a nuestras familias, a Jonathan Salamanca por sus consejos, su sabiduría, amor y acompañamiento en este proceso.

A nuestro director de trabajo de grado el ingeniero Luis Figueroa por compartir con nosotras su experiencia, agradecemos su orientación, comprensión y aportes para solucionar las dificultades presentadas durante el desarrollo de este proyecto.

Agradecemos al Ingeniero Carlos Quintero por la oportunidad y confianza, a la empresa Croydon Colombia por permitirnos desarrollar este proyecto, a todos los operarios e ingenieros que nos compartieron su conocimiento para culminar con éxito este proyecto, en especial al Ingeniero Hever Chavez y al coordinador de mantenimiento Pablo.

Y finalmente agradecemos a todas las personas que nos inspiraron y comparten este triunfo con nosotras.

La Universidad de América, los jurados calificadores y el cuerpo docente no son responsables por los criterios de ideas expuestas en el presente documento. Estos corresponden únicamente a los autores.

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
RESUMEN	16
INTRODUCCIÓN	17
OBJETIVOS	19
1.MARCO TEÓRICO	20
1.1. Industria del caucho en Colombia	20
1.2. Materias primas usadas	21
1.2.1 <i>Caucho</i>	21
1.2.2 <i>Plastificantes</i>	21
1.2.3 <i>Acelerantes</i>	21
1.2.4 <i>Antioxidantes</i>	22
1.2.5 <i>Antiozonantes</i>	22
1.2.6 <i>Agentes peptizantes</i>	22
1.2.7 <i>Retardantes</i>	22
1.2.8 <i>Cargas de relleno</i>	22
1.2.9 <i>Colorantes</i>	22
1.2.10 <i>Vulcanizantes</i>	23
1.3. Vulcanizado.	23
1.3.1 <i>Curva de vulcanización</i>	24
1.4. Energía requerida en la industria del caucho y Croydon Colombia S.A.	24
1.5. Eficiencia energética.	25
1.5.1 <i>Áreas en la industria con oportunidad de eficiencia energética.</i>	25
1.6 Instrumentación de equipos	25
2. DIAGNÓSTICO DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN EN LA LÍNEA DE CAUCHO EN CROYDON COLOMBIA S.A.S	26
2.1. Descripción del proceso para la fabricación de botas y piezas de zapatos en Croydon Colombia S.A.S.	26
2.1.1 <i>Prensado y moldeado para la suela</i>	27
2.1.2 <i>Prensado y moldeado para el tacón</i>	27
2.1.3 <i>Piezas friccionadas</i>	27

2.1.4 <i>Cinta de refuerzo y decoraciones</i>	27
2.2. Maquinaria utilizada para la producción de caucho en Croydon Colombia S.A.S	28
2.2.1 <i>Banbury</i>	28
2.2.2 <i>Molinos (42", 60" y 72")</i>	29
2.2.3 <i>Sistema de enfriamiento ganchos</i>	29
2.2.4 <i>Calender 60", 26" y 16".</i>	30
2.2.5 <i>Strudder</i>	30
2.2.6 <i>Toggle</i>	31
2.2.7 <i>Troqueladora Han Jin</i>	31
2.2.8 <i>Prensas de Bolling y Nagatuck</i>	32
2.2.9 <i>Horno vulcanizador</i>	33
2.2.10 <i>Sistema enfriamiento bombeo</i>	33
2.3. Diagnóstico energético.	34
2.3.1 <i>Uso y distribución energética.</i>	34
2.3.2 <i>Caracterización tipo de energía.</i>	36
2.3.3 <i>Tarifa por unidad de energía</i>	40
2.3.4 <i>Operación</i>	40
2.3.5 <i>Parámetros de operación</i>	41
2.3.6 <i>Instrumentación de equipos</i>	45
2.3.7 <i>Consumos teóricos de energía eléctrica por equipo</i>	48
2.3.8 <i>Diagnostico trampas de vapor.</i>	49
2.3.9 <i>Diagnostico cualitativo de las máquinas.</i>	52
2.3.10 <i>Caracterización de la Caldera</i>	53
2.3.11 <i>Eficiencia de la caldera</i>	58
2.4. Balances de masa	61
2.4.1 <i>Banbury</i>	61
2.4.2 <i>Balance Calender 26</i>	63
2.4.3 <i>Balance Strudder</i>	65
2.4.4 <i>Balance Toggle</i>	67
2.5. Diagrama BFD	67
2.6. Diagrama PFD	67

2.7. Mediciones con analizador de redes	68
2.7.1 <i>Medidas eléctricas</i>	68
2.7.2 <i>Cronograma de mediciones</i>	70
2.7.3 <i>Resultado de mediciones con el analizador de redes por equipos graficados.</i>	71
3. DISEÑO ENERGÉTICO PLAN DE MEJORA EFICIENCIA	94
3.1. Plan de diagnóstico y mantenimiento preventivo para la caldera.	94
3.1.1 <i>Pérdidas de calor</i>	94
3.1.2 <i>Red de distribución del vapor</i>	95
3.1.3 <i>Fugas de vapor</i>	95
3.1.4 <i>Perdidas por contaminación de condensado y vapor.</i>	96
3.1.5 <i>Temperaturas mínimas de escape</i>	96
3.1.6 <i>Retorno de condensado</i>	96
3.1.7 <i>Monitoreo de flujos de vapor.</i>	96
3.1.8 <i>Ventajas al incorporar el plan de mantenimiento</i>	97
3.1.9 <i>Propuesta plan de mantenimiento caldera.</i>	97
3.1.10 <i>Cronograma de actividades.</i>	98
3.1.11 <i>Control de actividades.</i>	99
3.1.12 <i>Recomendaciones</i>	100
3.2. Motores eléctricos	100
3.2.1 <i>Factor de potencia bajo</i>	101
3.2.2. <i>Potencia instantánea con picos altos.</i>	101
3.2.3 <i>Tiempo de uso en el proceso.</i>	101
3.2.4 <i>Especificación y caracterización actual.</i>	102
3.2.5 <i>Plan cambió de motores de mayor eficiencia.</i>	108
3.2.6 <i>Energía eléctrica ahorrada.</i>	110
3.3. Impacto ambiental del cambio de motores	112
3.3.1 <i>Emisiones de CO2.</i>	112
3.3.2 <i>Leyes de apoyo.</i>	113
3.4. Plan de cambio lubricación.	114
3.4.1 <i>Cronograma de actividades.</i>	115
3.4.2 <i>Control de actividades.</i>	115

3.5. Instrumentación recomendada	116
3.5.1 Sensores-Transmisores IR de temperatura.	117
3.5.2 Medidores de calibre	118
3.5.3 Medidor de flujo para bomba	120
3.5.4 Medidor de flujo para vapor	122
3.5.5 Mirillas para nivel y flujo	123
4. EVALUACIÓN FINANCIERA	125
4.1. Plan de mantenimiento Caldera	125
4.2. Plan de cambio motores	125
4.3. Plan de lubricación	128
4.4. Instrumentación recomendada	129
5. CONCLUSIONES	133
BIBLIOGRAFÍA	134
GLOSARIO	136
ANEXOS	139

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Departamentos con mayor área de caucho cultivada en Colombia	20
Figura 2. Reacción de Vulcanización	23
Figura 3. Estructura transversal del Banbury	28
Figura 4. Estructura transversal de los molinos	29
Figura 5. Representación del sistema de ganchos y túnel de enfriamiento	29
Figura 6. Estructura transversal del Calender 60"	30
Figura 7. Estructura transversal del Calender 26	30
Figura 8. Estructura transversal del Calender 16	31
Figura 9. Estructura transversal del Strudder	31
Figura 10. Estructura transversal del Toggle	32
Figura 11. Estructura transversal de la Troqueladora Han Jin	32
Figura 12. Estructura transversal de las prensas de Bolling y Nagatuck	33
Figura 13. Estructura transversal del horno vulcanizador	34
Figura 14. Distribución porcentual del consumo total para el año 2020	37
Figura 15. Triangulo de potencias	38
Figura 16. Condiciones de aspecto y de sonido para identificar una trampa de vapor que opera correctamente	51
Figura 17. Condiciones de aspecto y de sonido para identificar una trampa con fugas	51
Figura 18. Medición con estetoscopio en trampas de vapor	52
Figura 19. Falencias en la línea de distribución de vapor	60
Figura 20. Diagrama de proceso Banbury	62
Figura 21. Diagrama de proceso Calender 26	64
Figura 22. Diagrama de proceso Strudder	66
Figura 23. Diagrama de proceso Toggle	68
Figura 24. Conexión analizador de redes	70
Figura 25. Conexión del analizador en un equipo de Croydon	71
Figura 26. Potencia en kWh vs. tiempo total de medición para la bomba de enfriamiento	72
Figura 27. Potencia en kWh vs. tiempo total de medición para el molino 42"	72
Figura 28. Potencia en kWh vs. tiempo para una carga de caucho en el molino 42"	73

Figura 29. Potencia en kWh vs. tiempo total de caucho en el molino 60"	74
Figura 30. Potencia en kWh vs. tiempo para una carga de caucho en el molino 60"	74
Figura 31. Potencia en kWh vs. tiempo total de medición del calander 60"	75
Figura 32. Potencia en kWh vs. tiempo para una carga del calander 60"	76
Figura 33. Potencia en kWh vs. tiempo total de medición del calander 26"	77
Figura 34. Potencia en kWh vs. tiempo total de medición del calander 26"	77
Figura 35. Potencia en kWh vs. tiempo total de medición del calander 16"	78
Figura 36. Potencia en kWh vs. tiempo total de medición del calander 16"	78
Figura 37. Potencia en kWh vs. tiempo total de medición del Strudder	79
Figura 38. Potencia en kWh vs. tiempo de una carga para el 30 de agosto	79
Figura 39. Potencia en kWh vs. tiempo de una carga para el 1 de septiembre	80
Figura 40. Potencia en kWh vs. tiempo total de medición del Toggle	81
Figura 41. Potencia en kWh vs. tiempo total de una carga del Toggle	82
Figura 42. Potencia en kWh vs. tiempo total de medición de la troqueladora Han Jin	82
Figura 43. Potencia en kWh vs. tiempo de un turno de medición de la troqueladora Han Jin	83
Figura 44. Potencia en kWh vs. tiempo total de medición del acumulador de alta	84
Figura 45. Potencia en kWh vs. Tiempo de operación para un turno de acumulador de alta	84
Figura 46. Potencia en kWh vs. Tiempo de operación para un turno del horno Argyll	85
Figura 47 Potencia en kWh vs. Tiempo de operación para un turno del horno Argyll	85
Figura 48. Potencia en kWh vs. tiempo total de medición de la caldera	86
Figura 49. Potencia en kWh vs. Tiempo de operación para un turno de la caldera	87
Figura 50. Tensión por fase vs. tiempo de medición para el sistema de extracción Banbury	89
Figura 51. Tensión por fase vs. tiempo de medición para la bomba de enfriamiento.	90
Figura 52. Tensión por fase vs. tiempo de medición para la bomba de enfriamiento	91
Figura 53. Tensión por fase vs. tiempo de medición para el calander 60"	91

Figura 54. Tensión por fase vs. tiempo de medición para el calander 26"	92
Figura 55. Tensión por fase vs. tiempo de medición para el calander Strudder	92
Figura 56. Tensión por fase vs. tiempo de medición para el Toggle	93
Figura 57. Control de actividades, demarcado con los espacios que lo conforman	99
Figura 58. Clasificación de nivel de eficiencia para motores IEC600034-30	103
Figura 59. Control de actividades, demarcado con los espacios que lo conforman.	116
Figura 60. Especificaciones del sensor transmisor de temperatura	118
Figura 61. Especificaciones del comparador de caratula digital	119
Figura 62. Especificaciones del medidor de flujo electromagnético	121
Figura 63. Especificaciones del medidor de flujo tipo Wolmant	121
Figura 64. Especificaciones del medidor de flujo tipo Vórtex	122
Figura 65. Especificaciones de mirilla indicadora de flujo	123

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Consumo de energía térmica y eléctrica para el año 2020	35
Tabla 2. Producción mensual pares	35
Tabla 3. Tipo de energía que se suministra a las máquinas de la línea de caucho	39
<i>Tabla 4. Tarifas de energía eléctrica (\$/KWh) estipuladas por la empresa Enel Codensa para el año 2021</i>	40
<i>Tabla 5. Tarifas de gas natural estipuladas por la empresa Enel para diciembre del año 2020</i>	41
<i>Tabla 6. Operación logística planta manufactura Croydon Colombia S.A</i>	41
<i>Tabla 7. Operación logística la línea de caucho</i>	42
<i>Tabla 8. Parámetros críticos de operación línea de caucho mezclado</i>	43
Tabla 9. Parámetros críticos de operación línea de caucho enfriado	43
Tabla 10. Parámetros críticos de operación línea de caucho	43
Tabla 11. Parámetros críticos de operación línea de caucho troquelado	44
Tabla 12. Parámetros críticos de operación línea de caucho vulcanizado	45
<i>Tabla 13. Instrumentación equipos línea de caucho</i>	47
Tabla 14. Consumos teóricos por equipo	48
<i>Tabla 15. Consumo de los acumuladores</i>	49
Tabla 16. Caracterización de trampas de vapor	53
Tabla 17. Diagnóstico cualitativo de la operación de mezclado	54
Tabla 18. Diagnóstico cualitativo de la operación de moldeo	55
Tabla 19. Diagnóstico cualitativo de la operación de troquelación, suela-tacón y vulcanizado	55
Tabla 20. Datos técnicos del combustible	56
Tabla 21. Operación caldera	57
Tabla 22. Datos y resultados del cálculo de la eficiencia de la caldera	59
<i>Tabla 23. Relación de ingredientes para obtener Z-267</i>	64
Tabla 24. Calendario de mediciones	¡Error! Marcador no definido.
<i>Tabla 25. Datos procesados consumo kW/h y factor de potencia del registro del analizador de redes</i>	87
<i>Tabla 26. Programación de actividades junto a la frecuencia propuesta</i>	98
Tabla 27. Especificaciones de los motores seleccionados para cambio	104

<i>Tabla 28. Resultados de factor de carga y eficiencia para los equipos seleccionados.</i>	106
<i>Tabla 29. Consumo total actual promedio de la línea de caucho</i>	107
Tabla 30. Costos anuales y diarios de la energía para la línea de caucho	108
<i>Tabla 31. Referencias de motores seleccionados</i>	110
Tabla 32. Eficiencia de los motores seleccionados	111
Tabla 33. Energía ahorrada con el cambio de motores	112
Tabla 34. Reducción de Ton de CO ₂ a partir de la energía ahorrada anualmente	113
<i>Tabla 35. Programación de actividades frente a la periodicidad</i>	115
Tabla 36. Descripción y precios para incorporar el mantenimiento	125
<i>Tabla 37. Estimado de costos para la adquisición de nuevos motores</i>	126
Tabla 38. Costos de energía ahorrada	127
<i>Tabla 39. Indicadores financieros</i>	128
Tabla 40. Costo total de la inversión para instrumentación	129
<i>Tabla 41. Costos para instalación sensor-transmisor IR temperatura</i>	130
<i>Tabla 42. Costos para implementación de comparadores de carátula digital</i>	130
<i>Tabla 43. Costos para implementación de medidores de flujo en la bomba de enfriamiento</i>	131
Tabla 44. Costos para implementar medidores de flujo tipo Vortex	131
Tabla 45. Costos de instalación para mirillas de flujo	132

RESUMEN

El presente proyecto tiene como objetivo elaborar un diseño de eficiencia energética para la línea de producción de caucho en Croydon Colombia S.A. Se encontrará inicialmente un diagnóstico del tipo de energía, caracterizando el comportamiento de la misma y la maquinaria. Basado en estos resultados se diseña un plan de mejora para aprovechar e incrementar su eficiencia.

Para el diagnóstico se hicieron visitas a la planta recopilando información desde la distribución de la energía térmica, eléctrica y consumo de las máquinas de la compañía. Se determinó que el consumo para el año 2020 fue de 7.704 MW/año y representa un 62,9% de energía eléctrica y 37,1% de gas natural.

Para la propuesta de diseño, se consideraron todas las oportunidades de mejora que afectan la eficiencia energética, entre ellas el monitoreo y control del consumo energético, ausencia de instrumentación, antigüedad de los motores, mantenimiento de los sistemas de lubricación, estandarización de procesos y manejo de maquinaria.

En esta propuesta se encuentra un plan de mantenimiento para la caldera, la gestión en la red de vapor, el cambio de motores que presentan menor eficiencia lo que conlleva una inversión \$115.842.000 millones, y con la energía ahorrada se tendrá un payback de 2 meses. Para la instalación de la instrumentación propuesta se estima una inversión de \$88.584.000 millones.

Con el cambio de los motores se espera dejar de emitir 1.657 ton de CO₂ en el año. También se presentan los apoyos tributarios y financieros que ofrece el gobierno para la implementación de este tipo de proyectos.

Palabras clave: Producción de caucho, Maquinaria, Energía eléctrica, Energía térmica, Red de vapor, Eficiencia energética, Plan de mantenimiento, Red de vapor, instrumentación y control, Emisiones.

INTRODUCCIÓN

Croydon Colombia S.A es una empresa manufacturera de calzado que se encuentra ubicada en la ciudad de Bogotá específicamente en la zona industrial de la Sevillana. Su principal actividad es la fabricación de calzado convencional y botas especializadas para la dotación de diferentes industrias. La planta opera 24 horas los siete días de la semana y cuenta con cuatro líneas de producción: (i) PVC, (ii) Caucho, (iii) Pegado en frío y (iv) Calzado convencional. Para el periodo de julio del 2019 a julio de 2020 se reportaron 217.282 pares de zapatos fabricados de todas las líneas.

Uno de los recursos es la energía eléctrica y térmica que se requiere para las operaciones, desde las actividades administrativas hasta el uso de la maquinaria. Un reporte de gasto energético de los últimos cinco años de Croydon muestra una demanda de energía eléctrica por 5.710 MW/año y energía térmica de 45.559 MW/año.

Para el año 2020 se presentó un incremento del 10% en la energía consumida frente al año anterior, al evaluar los motivos particulares del incremento se identificó que la compañía no cuenta con una auditoría interna de gestión energética; lo que genera desconocimiento en la base de consumo, por lo tanto, no es posible monitorear y hacer proyecciones de costos en este rubro.

El departamento de ingeniería ambiental ha identificado esta dificultad y desea iniciar planes en las distintas líneas de producción. A partir de un diagnóstico preliminar, se determinó que la línea de caucho es la que presenta mayor oportunidad para desarrollar un plan de eficiencia energética. Primero, por la ausencia de instrumentación y lazos de control en el proceso considerando que los equipos que componen la línea se vienen usando por 83 años. Segundo, presentan fugas de agua, vapor y aire. Por último, la inexistencia de gestión y registro de la información con respecto a los flujos de energía y materia, impiden evaluar el desempeño energético.

Este trabajo busca presentar una investigación que abarque el diagnóstico y formule una propuesta de diseño de eficiencia energética que beneficie los indicadores de productividad, financieros, Seguridad y Salud en el Trabajo (SST) e impacto

ambiental. Se establecen tres fases para su ejecución: primera fase, diagnóstico donde se recopilan, analizan y presentan los datos cualitativos y cuantitativos del proceso; segunda fase, diseño a partir de los datos recopilados en el diagnóstico donde se propone un plan de mejoramiento en eficiencia energética, y por último la fase de evaluación que mostrara la viabilidad financiera de la propuesta.

OBJETIVOS

Objetivo general

Elaborar un diseño energético para la línea de producción de caucho en Croydon Colombia S.A.

Objetivos específicos

- Diagnosticar los procesos que se llevan a cabo en la línea de producción de caucho en Croydon Colombia S.A.
- Diseñar un plan para la mejora de eficiencia energética de acuerdo con los principales factores que intervienen en las operaciones seleccionadas.
- Realizar un análisis financiero y energético al diseño propuesto.

1. MARCO TEÓRICO

En el siguiente capítulo se hará una introducción a los temas que se desarrollan a lo largo del documento.

El marco teórico busca contextualizar al lector en la industria del caucho en Colombia, su procesamiento, maquinaria usada y descripción de las herramientas que se usaron para construir el diagnóstico y diseño en términos energéticos.

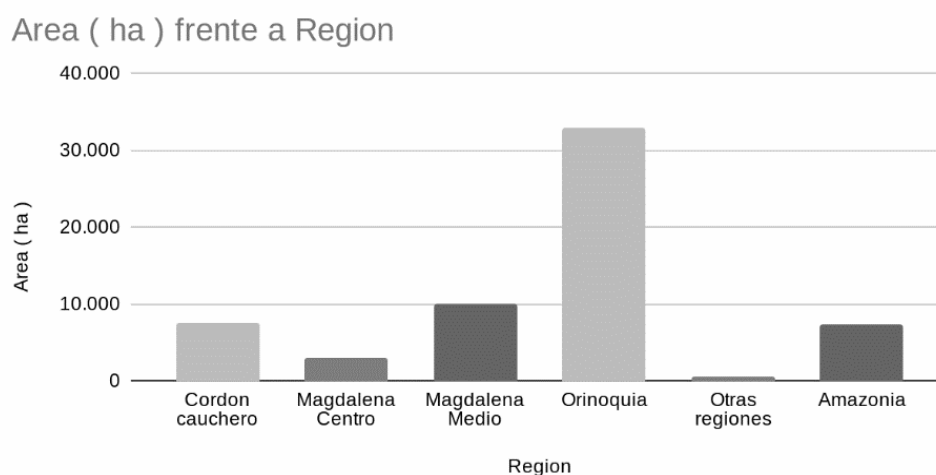
1.1. Industria del caucho en Colombia

En Colombia actualmente existen 52.221 hectáreas cultivadas de caucho. El mayor productor departamental es Meta, seguido por Santander y Caquetá. Del total cultivado únicamente el 20% se encuentra en etapa productiva y buscan abastecer la industria de llantas, látex, automotriz, calzado, adhesivos, y quirúrgica. [1][2]

A continuación, en la figura 1 se presentan las regiones con mayor área cultivada en el país.

Figura 1.

Departamentos con mayor área de caucho cultivada en Colombia



Nota. La región con mayor área cultivada es Orinoquia, teniendo el triple de hectáreas que las otras regiones. Tomado de: Ministerio Agricultura, “reporte cadena de caucho”, septiembre 2020, disponible en: <https://sioc.minagricultura.gov.co/Caucho/Documentos/2020-09-30%20Cifras%20Sectoriales.pdf>

En Colombia el procesamiento del caucho se encuentra a cargo de pequeñas o medianas empresas que abarcan productos como las llantas, suela de zapatos, botas, correas transportadoras, hilos y telas revestidas de caucho. Debido al incremento de

plantaciones se ha brindado oportunidades a la industria de impulsar sus comercios e importaciones. Dentro del ranking se destacan las siguientes empresas:

- Arneses y Gomas S.A
- Proporcionar Ltda.
- Escobar y Martínez S A E & M
- Pegantes Urano Ltda.
- Productos Varios
- Croydon Colombia S.A [1]

1.2. Materias primas usadas

1.2.1 Caucho

El caucho es un polímero de isopreno, su apariencia física se describe como amorfo, de color amarillento y con propiedades elásticas. En el comercio se encuentran dos tipos de caucho: caucho natural que se obtiene de plantas tropicales que producen savia lechosa o látex, por otro lado, se encuentra el caucho sintético que es formulado y elaborado con propiedades específicas que cumplan los requisitos deseados, de su categoría se destaca el caucho de butadieno (SBR), poliacrílicos y acetato de polivinilo (PVA). [3][4]

1.2.2 Plastificantes

El plastificante se agrega a la formulación del caucho, su objetivo es darle propiedades más flexibles y menos elásticas reduciendo la viscosidad y ayudando a la mezcla de los componentes restantes, entre ellos se destacan las ceras hidrocarbonadas, resinas y esterres. [5][3][4]

1.2.3 Acelerantes

El fundamento de esta materia prima es acelerar la reacción de vulcanización (véase en numeral 1.3). Reduce el tiempo y la temperatura a la que se da dicha reacción en presencia de donantes de azufre o activadores. Adicionalmente puede presentar mejoras en la durabilidad, una vez agregado este componente, el caucho se denominará “Caucho Acelerado” identificado en Croydon Colombia S.A con la letra Z. [5][3][4]

1.2.4 Antioxidantes

El caucho presenta envejecimiento por la difusión de oxígeno a temperaturas elevadas, a esto se le denomina oxidación. Para protegerlo y eliminar los radicales libres, se usan antioxidantes que protegen al polímero. Se pueden encontrar las parafenilendiaminas, TMQ, aminas aromáticas secundarias, entre otras. [3][4][5]

1.2.5 Antiozonantes

Al igual que el oxígeno, el ozono es altamente oxidante, por lo tanto, se deben agregar ceras antiozonantes, sin embargo, esto no solo protege contra el ataque del ozono, sino que también brindan un alto nivel de protección contra la falla por fatiga (flexión), oxidación y degradación térmica. [5][3][4]

1.2.6 Agentes peptizantes

Se emplean con la finalidad de acelerar y ahorrar tiempo en el masticado o molineado de la mezcla, se busca un proveedor que fabrique un peptizante que cubra los requerimientos de la mezcla. [5][3][4]

1.2.7 Retardantes

Se encarga de retardar la velocidad en la que se lleva a cabo la vulcanización del caucho, con el fin de hacer un proceso más seguro. [3][4][5]

1.2.8 Cargas de relleno

Según las propiedades que se requieran, al caucho se pueden adicionar otros componentes como el negro de carbón, siliconas, sílice de zinc, resinas fenólicas, con el propósito de reforzar, mejorar su elasticidad, flexibilidad, dureza o finalmente abaratar costos. [5][3][4]

1.2.9 Colorantes

Para muchas industrias existen normas las cuales exigen colores específicos en la bota, o por diseño se desea colorear un producto. Por lo tanto, se añade colorante para teñir la mezcla sin afectar sus propiedades.

1.2.10 Vulcanizantes

Es el agente que provoca reticulaciones¹ en la matriz del caucho, entre ellos, el azufre, peróxidos orgánicos y derivados nitrosos. [5][3][4]

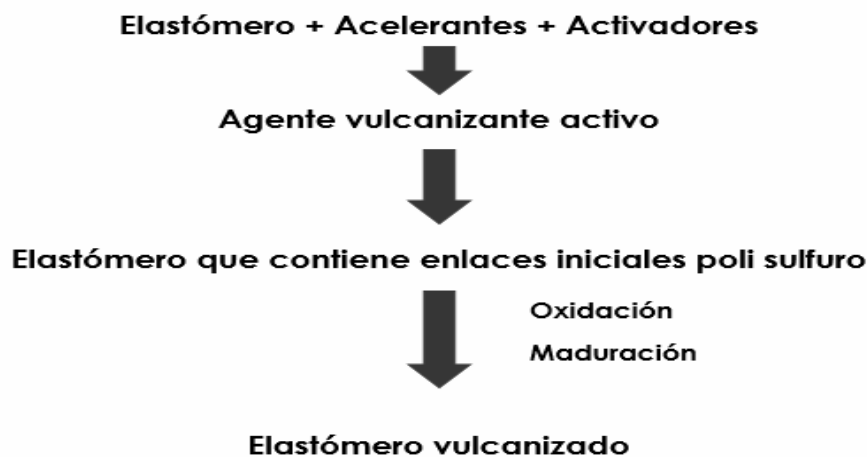
1.3. Vulcanizado

Su fundamento principal es mejorar la resistencia a la tracción, hinchamiento y abrasión. Este proceso químico se realiza cuando se agrega azufre u otros agentes a la mezcla de caucho, se puede presentar a temperatura ambiente o temperaturas elevadas no mayores a 80°C. Su objetivo es convertir químicamente los elastómeros en termoplásticos con una red elástica tridimensional. [5][3][4]

Una vez vulcanizado, el caucho ya deja de tener comportamientos poliméricos y se transforma en un elastómero elástico, es decir, las fuerzas de retracción aumentaron. Es una reacción muy compleja porque de ella se desencadenan una serie de reacciones, de manera macro se puede describir como en la figura 2.

Figura 2.

Reacción de Vulcanización



Nota. Los reactivos para una reacción de vulcanización son elastómeros, acelerantes, activadores y agente vulcanizante activado. Tomado de: J. L. "Hamilton, Natural Rubber: Properties, Behavior and Applications." 2016, disponible: <https://ezproxy.uamerica.edu.co/login?url=https://search-ebSCOhost-com.ezproxy.uamerica.edu.co/login.aspx?direct=true&db=nlebk&AN=1365728&lang=es&site=eds-live&scope=site>

¹ Reacción para que dos cadenas de polímeros se unan.

La reacción no se lleva a cabo únicamente con azufre, como anteriormente se mencionaba, existen aditivos que dependiendo de la formulación y las cualidades que se requiere se van añadiendo. Como materias primas, inicialmente se escoge el caucho con las propiedades requeridas, segundo los agentes vulcanizantes, tercero, aceleradores y por último tenemos los activadores quienes potencian la acción de los vulcanizadores. Para acelerar la reacción se puede llevar a cabo en un horno o autoclave por un tiempo, temperatura y presión determinada. [8] [6]

1.3.1 Curva de vulcanización

Las curvas de vulcanización es el comportamiento entre la fuerza ejercida a la mezcla y la densidad de entrecruzamiento en un tiempo y temperatura determinado. Se obtienen a partir de una reometría que permiten determinar directamente propiedades del producto vulcanizado. [6] [3] [4]

1.4. Energía requerida en la industria del caucho y Croydon Colombia S.A.

La mayoría de las plantas procesadoras de caucho se abastecen energéticamente con gas o petróleo, una parte más reducida de carbón. La gestión de energía en Croydon Colombia S.A abarca tres áreas primarias; energía de proceso usada en sistemas de calentamiento y enfriamiento como lo pueden ser hornos y máquinas refrigerantes; y por otro lado energía para llevar a cabo la operación de servicios (electricidad, agua fría o caliente y aire comprimido). Por último, la energía utilizada en construcción, iluminación o calentamiento de agua. Las áreas que presentan el mayor uso de energía son las dos primeras, dado que se relacionan directamente al procesamiento del caucho. [8] [6]

La electricidad y el vapor proporcionan la energía que requieren las máquinas para llevar a cabo todo el proceso de elaboración. El vapor se abastece desde la caldera, ya que es la forma más común de calor usada en los hornos, mezcladores, molinos, extrusores y calanders. Adicionalmente cuentan con motores que funcionan con energía eléctrica. [6] [8]

1.5. Eficiencia energética.

Esta se define como la relación entre la cantidad de producto procesado y la mínima cantidad de energía consumida.

Por lo tanto, la oportunidad de mejora de la eficiencia energética implica producir la misma cantidad consumiendo menos energía, o bien, producir más cantidad consumiendo la misma energía. Algunos métodos para economizar implican un incremento determinado de inversión en una instalación ya existente para mejorarla, o reemplazar un equipo no óptimo por otro cuyo consumo de energía sea menos intensivo. [3] [8] [17] [16]

1.5.1. Áreas en la industria con oportunidad de eficiencia energética.

Las áreas donde generalmente se puede accionar e impactar directamente los indicadores de eficiencia energética se muestran a continuación:

- a. Aislamiento térmico: El aislamiento ha sido una de las piedras angulares de los proyectos de conservación de energía, ya que al aislar las partes calientes o frías de una máquina evita usar combustible para mantenerla caliente o electricidad para poder enfriarse. [8] [16]
- b. Eficiencia energética en motores eléctricos: Aproximadamente la mitad de toda la electricidad producida es consumida por motores eléctricos. Esto muestra la importancia de utilizar motores de alta eficiencia en la industria para reducir el costo de energía. [8] [16]
- c. Cogeneración: Es aprovechar el calor residual para dar generación a otra forma de energía. [8]. [16]

1.6 Instrumentación de equipos

Sistemas de medición que permiten visualizar y controlar las variables críticas en la operación.

2. DIAGNÓSTICO DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN EN LA LÍNEA DE CAUCHO EN CROYDON COLOMBIA S.A.S

2.1. Descripción del proceso para la fabricación de botas y piezas de zapatos en Croydon Colombia S.A.S

El proceso inicia con la compra de materias primas. Son recepcionadas y evaluadas por el área de calidad, quienes se encargan de aprobarlas. Posteriormente se almacenan en la bodega principal bajo condiciones óptimas, categorizándolas de acuerdo con su naturaleza.

Continuamente, se transportan las materias primas necesarias al mezclador (Banbury) según el plan solicitado por el área de producción. En esta zona se hace el pesaje de cada componente y se agrega por la cámara de alimentación, seguido, se programa la temperatura y el tiempo de procesamiento. Al finalizar, la masa cae por la palanquera del Banbury directamente a un molino de rodillos (72") que moldea y homogeneiza la mezcla. Sincronizado, el operario del molino corta en forma de láminas y las acomoda en una línea de ganchos, que está encarrilado a un túnel de enfriamiento. Allí la masa recibe aspersion de agua a través de tubos de PVC, esto por un tiempo total de 1 hora. Finalizado este proceso el caucho se encuentra con una estructura más sólida, lo cual facilita su almacenamiento entre compañeras y posteriormente es transportado al área de reposo.

Finalizado el reposo, que dura aproximadamente 24 horas, se ingresa la masa al molino de rodillos (60") para agregar el azufre y otros componentes. Una vez homogeneizado el caucho se le nombra con la palabra "Z". Con esto, ya se tiene la masa procesada y seguirá al proceso de moldeo.

Para darle texturas, o espesor deseado a la masa, pasa a las máquinas de calander (16", 26" o 60"). Finalizado el proceso, se enrolla la lámina de caucho en carretes y se almacena, para seguir con la etapa de elaboración de piezas explicadas a continuación:

2.1.1 Prensado y moldeado para la suela

Para la elaboración de suela, se usa el caucho que sale del calander 16". Ingresa a la prensadora Han Jin, donde se acomoda un rectángulo de caucho en el molde de suela, se acciona con un botón neumático, que sube las plataformas precalentadas con anterioridad a 160 ° C y ejerce una presión de 90 PSI.

2.1.2 Prensado y moldeado para el tacón

Su elaboración es similar a la suela, pero se lleva a cabo en las prensas nombradas Bolling. Se recorta el rectángulo, se pasa al molde con forma de tacón y opera a las mismas condiciones.

2.1.3 Piezas friccionadas

Para elaborar las piezas friccionadas (que recubren la mayor parte de la bota o zapato), se utiliza el calander 60" que cuenta con dos rodillos, uno de ellos se enrolla de caucho y el otro de tela. Al hacer contacto entre ellos se adhiere la tela al caucho.

2.1.4 Cinta de refuerzo y decoraciones

Son las partes de refuerzo y decorativas que tiene la bota o el zapato. Se procesa en un equipo llamado Strudder.

Después de realizar las operaciones anteriormente mencionadas, todas las piezas son colocadas en libros y almacenadas en carros. Posteriormente, los operarios toman estas láminas para llevarlas a la zona de ensamblaje.

En la zona, cuentan con moldes de aluminio en forma de bota o zapato donde se irán uniendo todas las piezas de la bota con la ayuda de los cementos de adhesión.

Una vez ensamblada la bota o el zapato se coloca en carros escabiladeros que se llevan al horno para acelerar la vulcanización del caucho. Las condiciones de temperatura oscilan entre 120 °C a 150 °C, y una presión de 32 PSI por 90 minutos.

Finalizada la vulcanización, los carros son sacados del horno y expuestos a temperatura ambiente para que se enfríen por convección y puedan ser evaluados en

el área de calidad. Para el calzado convencional, la inspección es visual donde se evalúa que no tenga imperfectos físicos.

Por otro lado, las botas, además de la inspección visual, pasan por una prueba de filtración. Estas pruebas consisten en sumergir la bota presionada en la parte superior y llena de aire en un tanque de agua transparente donde se pueden evidenciar burbujas de aire si no se encuentran totalmente impermeabilizadas. Finalmente se hace una limpieza del zapato y se procede al empacado para su posterior comercialización.

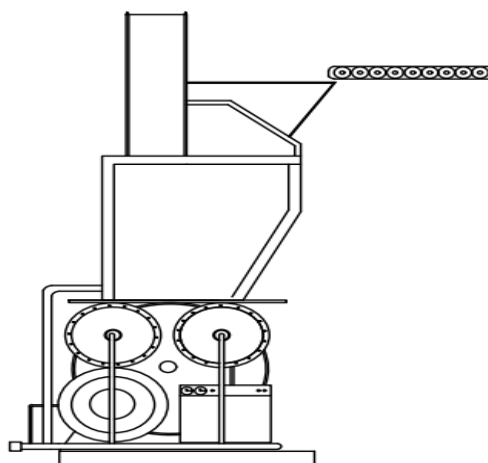
2.2. Maquinaria utilizada para la producción de caucho en Croydon Colombia S.A.S

2.2.1 Banbury

Es el mezclador de caucho en la planta. Para amasar de manera óptima cuenta con dos rotores (Tangenciales e inter penetrantes) juntos con un ala de sección transversal en forma de ocho. En la parte superior tiene una tolva de carga, la cual sirve para agregar el caucho y otras materias primas, también cuenta con un pistón de cierre, que actúa como pisador, su estructura se puede ver en la figura 3.

Figura 3.

Estructura transversal del Banbury



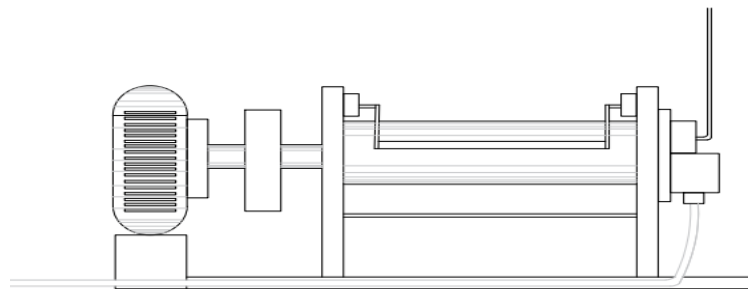
Nota. Representación transversal donde se observa y la tolva de alimentación y la cámara de mezclado.

2.2.2 Molinos (42", 60" y 72")

Son molinos de rodillos, que cuentan con cilindros dependiendo del tamaño (42", 60" y 72") que se apoyan sobre unos bujes donde rotan sobre su eje en direcciones opuestas, los mismos pueden ser manipulados para controlar el espacio entre ellos, en la figura 4 se presenta su estructura.

Figura 4.

Estructura transversal de los molinos



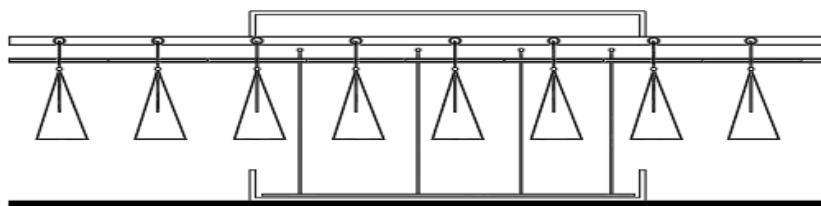
Nota. El molino se compone de motor, rotor, rodillos y sistema de enfriamiento representado en la parte lateral izquierda.

2.2.3 Sistema de enfriamiento ganchos

En este sistema de enfriamiento el caucho homogeneizado que sale del molino 72" cortado en láminas, con la ayuda de un operario se cuelga en unos ganchos, los cuales atraviesan un túnel de enfriamiento en un recorrido de una hora, se representa su estructura en la figura 5. Se busca conseguir una disipación de calor por convección forzada a través de la aspersion de agua (que fluye en tuberías) y tiene contacto con la superficie de la lámina para bajar su temperatura.

Figura 5.

Representación del sistema de ganchos y túnel de enfriamiento



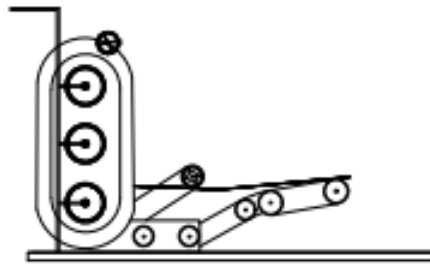
Nota. Representación de la parte inferior del túnel compuesta por ganchos y tubos aspersores de PVC.

2.2.4 Calender 60", 26" y 16"

Sus estructuras son dos rodillos metálicos que giran en sentidos opuestos. Cada uno de los rodillos cuenta con un ajuste en la línea de contacto para así conocer y controlar el calibre del caucho procesado. Los accionamientos se realizan con reductores de engranaje, la estructura de cada uno se representa respectivamente en la figura 6,7 y 8.

Figura 6.

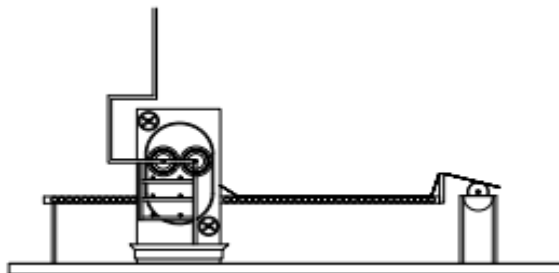
Estructura transversal del Calender 60"



Nota. Se observa zona de alimentación y rodillos.

Figura 7.

Estructura transversal del Calender 26



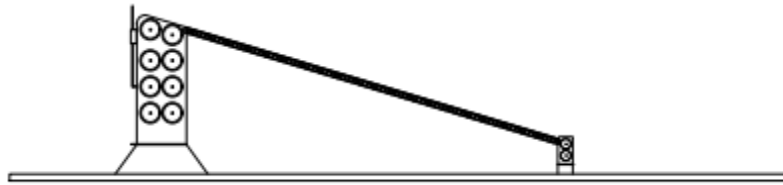
Nota. Este calender tiene una banda transportadora por donde se alimenta el material y del mismo modo sale para su respectivo corte.

2.2.5 Strudder

El Strudder cuenta con una tolva de alimentación donde se ingresa el caucho y atraviesa un tubo que está siendo calentado por radiación con resistencias eléctricas. En ese momento se empiezan a mezclar los diferentes colores de caucho, y se le hace compresión al material, finalmente sale por el tubo a una tina de enfriamiento para mejorar la consistencia del material, la estructura se puede ver en la figura 9.

Figura 8.

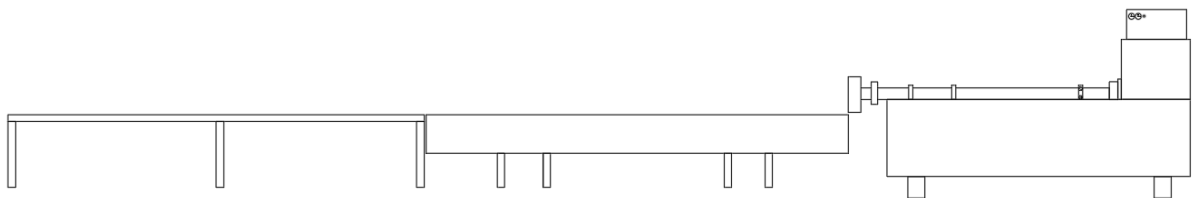
Estructura transversal del Calender 16



Nota. La banda transportadora se conecta al primer rodillo que es el más alto.

Figura 9.

Estructura transversal del Strudder



Nota. El Strudder está representado por las tres secciones de alimentación, enfriamiento de la cinta y corte.

2.2.6 Toggle

Cuenta con dos elementos principales: troquel o macho que es el molde y la matriz donde se pone el troquel y el material que va a ser procesado, una representación de su estructura se puede ver en la figura 10.

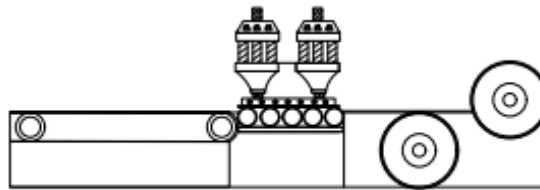
Su mecanismo de funcionamiento cuenta con prensa neumática, en este punto se coloca el caucho o friccionado dentro de la matriz y su respectivo troquel, seguido a esto, se acciona con un pedal neumático el cual regula la fuerza que se imprime para lograr un corte limpio.

2.2.7 Troqueladora Han Jin

Consiste en una banda que transporta el caucho a una prensa que da la forma de suela, su estructura se puede ver en la figura 11.

Figura 10.

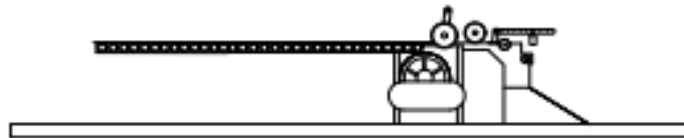
Estructura transversal del Toggle



Nota. En centro de la maquina se ubican las prensas donde ocurre la troquelación.

Figura 11.

Estructura transversal de la Troqueladora Han Jin



Nota. En la parte lateral derecha se encuentran los rodillos de alimentación en el centro la prensa y en la parte izquierda la banda transportadora.

2.2.8 Prensas de Bolling y Nagatuck

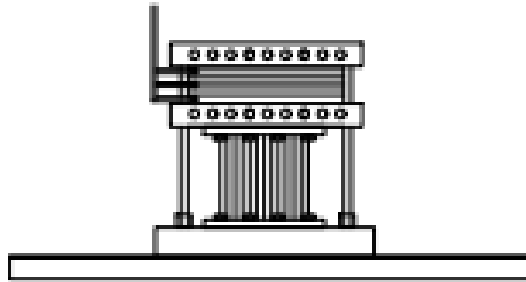
Son prensas excéntricas que están destinadas a vulcanizar el tacón, suela y partes pequeñas de caucho, la estructura de estas se puede observar en la figura 12.

Cuenta con las siguientes partes:

- Placas de presión: Su función es ser una placa de resistencia para ejercer presión en los moldes de suela.
- Mecanismo de accionamiento eléctrico.
- Carro: Se desplaza verticalmente y sostiene las placas de presión.
- Bastidor: Soporta la estructura de la prensa.

Figura 12.

Estructura transversal de las prensas de Bolling y Nagatuck.



Nota. Se observan las dos placas en el centro y el sistema de calentamiento de vapor en la parte lateral izquierda.

2.2.9 Horno vulcanizador

Se cuenta con un horno rotativo, donde se lleva a cabo la vulcanización, cuenta con la siguiente estructura representada en la figura 13:

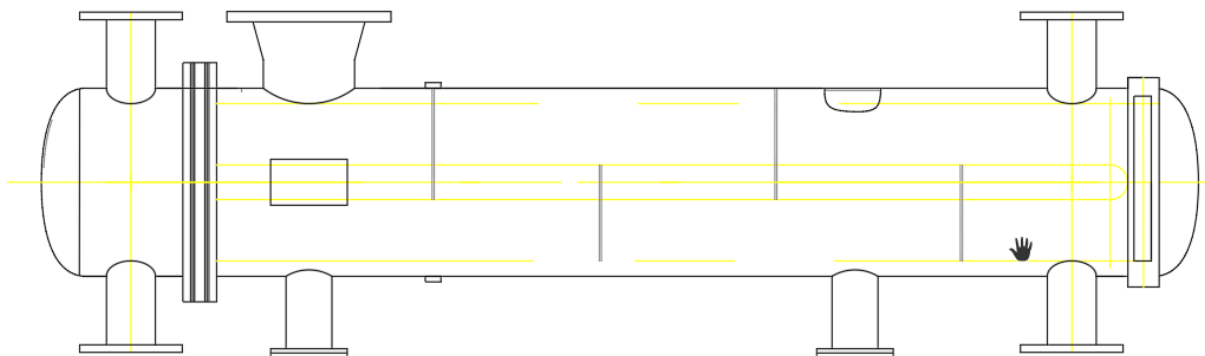
- a. Cámara de combustión: Es la encargada de soportar las temperaturas elevadas, y mantiene los gases con alta presión encerrados en la parte superior de la zona de trabajo.
- b. Chimenea: Busca el escape de gases de la combustión para renovar el aire y tener una buena conversión.
- c. Difusores: Son ventiladores que se encargan de circular el aire caliente a través del recinto de horno.

2.2.10 Sistema enfriamiento bombeo

Este sistema de enfriamiento consiste en bombear agua desde un reservorio subterráneo a las máquinas que lo requieran. El agua viaja por una tubería aérea y llega a los distintos equipos como refrigerante de la máquina.

Figura 13.

Estructura transversal del horno vulcanizador



Nota. El horno puede ser representado como un intercambiador de calor de tubo.

2.3. Diagnóstico energético.

Para evaluar la eficiencia energética del proceso es necesario tener un diagnóstico que permita conocer el estado actual del proceso y las áreas de oportunidad para diseñar estrategias de mejora. En la línea de producción de caucho, se realizó una caracterización cuantitativa y cualitativa del proceso en aspectos logísticos, técnicos, operativos y energéticos. Para definir los parámetros energéticos se adquirió un analizador de redes eléctricas de referencia FBOx PD1942-E14, también se usó un estetoscopio especializado de sensor largo para evaluar el funcionamiento de las trampas de vapor. Se solicitó un informe de facturación de energía eléctrica y térmica de los últimos cinco años, el informe isocinético de la caldera, junto a su ficha técnica y manual. Adicional, se solicitó información de producción, costos y mantenimiento a las áreas correspondientes.

2.3.1 Uso y distribución energética

Para obtener más información sobre las fuentes de energía, uso y distribución, se solicitó a la compañía un reporte anual de los servicios contratados y pagados en los últimos cinco años a las empresas prestadoras Enel Codensa (Energía eléctrica) y Vanti (Combustible gas natural) para la zona de cauchos y PVC con el fin de caracterizar el comportamiento y consumo.

Se demostró un comportamiento constante en la cantidad de MWh consumidos en los cinco años, sin embargo, en el último año se tuvo variaciones y se realizó la apertura de los datos por este periodo como se muestra en la tabla 1.

Tabla 1.

Consumo de energía térmica y eléctrica para el año 2020

Mes	Gas Natural	Energía eléctrica.	Total [MWh]
	Consumo [MWh]	Consumo [MWh]	
Enero	210,54	338,4	548,94
Febrero	298,25	377,8	676,05
Marzo	230,18	255,5	485,68
Abril	7,94	27,2	35,14
Mayo	255,9	278,3	534,2
Junio	369,19	418,9	788,09
Julio	318,62	502	820,62
Agosto	356,17	452,8	808,97
Septiembre	365,25	455,7	820,95
Octubre	300,51	464,3	764,81
Noviembre	300,51	422,9	723,41
Diciembre	300,51	397	697,21

Nota: Consumo de energía para la fabricación de caucho y botas PVC en la planta Croydon Colombia S.A en el año 2020. Se expresan en unidades de MWh (1MWh = 1000 KWh).

Se observa una baja en el consumo de energía total en el mes de abril, esto se debe a las medidas tomadas por la alcaldía de Bogotá ante la emergencia sanitaria COVID-19 que limitó el tránsito de personas en la ciudad, por lo tanto, la producción de esos meses disminuyó, como se muestra en la tabla 2 que relaciona la producción de pares de zapatos con el mes en curso. [16]

Tabla 2.
Producción mensual pares

Mes	Producción (pares)
Enero	213.618
Febrero	253.347
Marzo	151.678
Abril	0
Mayo	148.426
Junio	249.485
Total	1.016.554

Nota. Producción mensual del total pares de zapatos fabricados en Croydon, los datos fueron suministrados por el área de producción hasta el mes Junio.

2.3.2 Caracterización tipo de energía

La energía se define como la capacidad de realizar trabajo. Principalmente se estudia desde la termodinámica donde se plantean dos leyes fundamentales: una explica la conservación de la energía donde la misma puede transformarse de una forma a otra sin perderse, y en la segunda, se considera que la energía tiene cantidad y calidad. Las transformaciones de la energía se clasifican en mecánica (cinética y potencial), térmica, nuclear, química y de radiación.

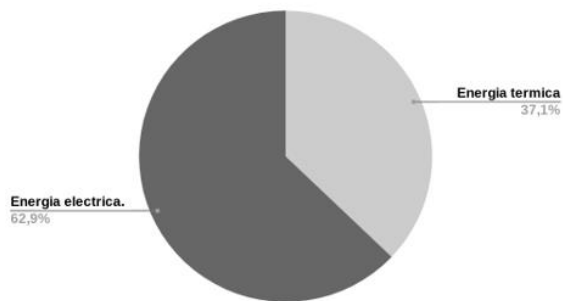
Croydon Colombia S.A se abastece por dos principales fuentes de energía: Térmica proveniente de la caldera que es alimentada con combustible, específicamente gas natural. La segunda fuente es eléctrica, la cual es proporcionada por la multinacional distribuidora Enel Codensa. Para cubrir los picos de demanda de la planta, también se usan acumuladores cerrados de gas comprimido que con la ayuda de compresores suplen su demanda energética.

Para conocer la distribución energética que presenta la línea de producción de caucho y PVC, se presentan la figura 14. La información se muestra en porcentaje de MWh.

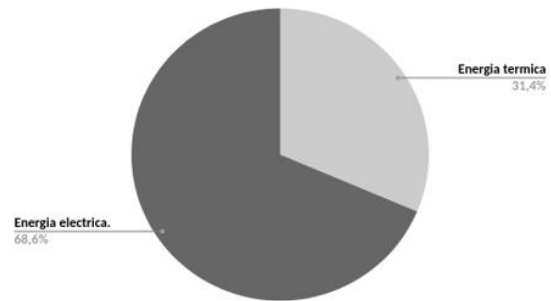
Figura 14.

Distribución porcentual del consumo total para el año 2020

a. Distribución porcentual.



b. Distribución de costos



Nota. Distribución porcentual presentada en MWh para la energía consumida en la línea de caucho.

Comparando las gráficas 2.a y 2.b, se puede observar que la electricidad establece el uso de un 62,9% de la energía total y abarca un 68,6% de los costos pagados. Por otro lado, el uso para gas natural fue de 37,1% y tuvo un costo de 31,4%.

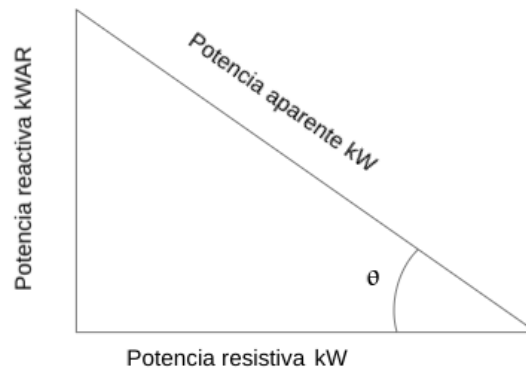
En cuanto a la energía eléctrica, la empresa prestadora de servicio Enel Condensa utiliza diferentes maneras de facturación denominadas tarifas de energía para los diversos tipos de usuarios como lo son residenciales, comerciales e industriales (Pequeñas o grandes empresas). En la factura eléctrica proporcionada por la empresa se encuentran los cargos suministrados por el medidor eléctrico, que contempla la energía reactiva y energía resistiva.

Para ampliar este concepto, se denominan estas energías como potencia reactiva y potencia resistiva (Real). La primera se produce por generadores, condensadores, motores síncronos y se usa para hacer funcionar los transformadores, las resistencias, conductores y demás equipos de la compañía. Por otro lado, la potencia resistiva es la que consume el equipo para desarrollar las actividades.

Cuando se combinan estas dos potencias (reactiva y resistiva) se da lugar a la **potencia aparente** o **potencia total**, y se podría graficar cómo lo muestra la figura 15.

Figura 15.

Triangulo de potencias



Nota. El ángulo presentado es el factor de potencia. Roldán Porta, C.; Roldán Blay, C, "Triángulo de potencia", 2017. Disponible en: <http://hdl.handle.net/10251/83044>

Se puede encontrar la relación entre la potencia reactiva y aparente por medio de suma de vectores o teoremas trigonométricos. El ángulo presentado se denomina **factor de potencia**, y forma un coseno entre la potencia resistiva y la potencia aparente.

Se representa matemáticamente con la ecuación (1) presentada a continuación.

Ecuación 1.

$$\text{Factor de potencia} = \text{Cos } \theta = \frac{\text{Potencia resistiva}}{\text{Potencia aparente}}$$

La apertura se encuentra determinada por el ángulo θ . Si su valor es grande quiere decir que tiene un menor ángulo, por lo tanto, tendrá una menor inclinación y se traduce en un menor valor de potencia reactiva. Este valor puede indicar la eficiencia o el rendimiento que puede llegar a tener el sistema de energía eléctrica.

Los indicadores de eficiencia o rendimiento del sistema pueden darnos información de la energía que se aprovecha para convertirlo en calor o trabajo útil.

A continuación, se representa la tabla 3 que indica la energía que se le suministra a cada máquina en el proceso.

Tabla 3.

Tipo de energía que se suministra a las máquinas de la línea de caucho

Maquina	Tipo de energía que se suministra			
	Acumuladores	E. Neumática	E. Eléctrica	E. Térmica
Banbury	Si	Si	Si	No
Línea Molino	Si	No	Si	No
Sistema de enfriamiento ganchos	No	No	Si	No
Sistema enfriamiento bombeo	No	No	Si	No
Molino 42"	Si	No	Si	No
Molino 60-2	Si	No	Si	No
Calander 60	Si	No	Si	Si
Calander 26	Si	No	Si	Si
Calander 16	Si	No	Si	Si
Strudder	Si	No	Si	No
Toggle	No	Si	Si	No
Troqueladora Han Jin	No	Si	Si	No
Prensas de bolling	Si	Si	Si	Si
Prensas Nagatuck	Si	Si	Si	Si
Horno	No	Si	Si	Si

Nota. Se determina con la palabra "Si" cuando se le suministra ese tipo de energía, las máquinas pueden tener varias alimentaciones de energía.

2.3.3 Tarifa por unidad de energía

Las tarifas que se pagan por suministrar el servicio de energía eléctrica y energía térmica se muestran a continuación en la tabla 4 y 5 respectivamente, se encuentra Enel Codensa que categoriza a la empresa como industrial sin distribución y por otro lado, Vanti que tiene un contrato directo confidencial, sin embargo para fines demostrativos, se presenta la tabla 5 que puede dar un estimado de la tarifa unitaria.

Tabla 4.

Tarifas de energía eléctrica (\$/KWh) estipuladas por la empresa Enel Codensa para el año 2021

			NIVEL 1 PROPIEDAD DE CODENSA (\$/kWh)	NIVEL 1 PROPIEDAD DEL CLIENTE (*) (\$/kWh)	PROPIEDAD COMPARTIDA (*) (\$/kWh)	NIVEL 2 (11.4 Y 13.2 kV) (\$/kWh)	NIVEL 3 (34.5 kV) (\$/kWh)	NIVEL 4 (115 kV) (\$/kWh)
OFICIAL E INDUSTRIAL SIN CONTRIBUCIÓN	SENCILLA	Monomía	\$538,8003	\$502,2673	\$521,6885	\$43,3538	\$399,8109	\$344,7761
		Punta	\$541,6740	\$504,9156	\$524,3367	\$434,5660	\$401,0340	\$345,9839
	OPCIONES HORARIAS (**)	Fuera de punta	\$539,2133	\$503,3624	\$522,7835	\$433,4160	\$401,8093	\$347,1016
INDUSTRIAL Y COMERCIAL CON CONTRIBUCIÓN	SENCILLA	Monomía	\$646,5604	\$602,7208	\$626,0262	\$518,8246	\$479,7731	\$413,7313
		Punta	\$650,0088	\$605,8987	\$629,2040	\$521,4792	\$481,2408	\$415,1807
	OPCIONES HORARIAS (**)	Fuera de punta	\$647,0560	\$604,0349	\$627,3402	\$520,0992	\$482,1712	\$416,5219
INDUSTRIAL SIN DISTRIBUCION	DOBLE HORARIA	Nocturna	\$541,2040	\$505,0686	\$524,4897	\$434,8241	\$402,3529	
		Diurna	\$539,4519	\$503,2996	\$522,7207	\$433,3062	\$400,8000	
INDUSTRIAL CON CONTRIBUCIÓN	DOBLE HORARIA	Nocturna	\$649,4448	\$606,0823	\$629,3876	\$521,7889	\$482,8235	
		Diurna	\$647,3423	\$603,9595	\$627,2648	\$519,9674	\$480,9600	

Nota. Fuente tarifas de energía eléctrica Enel condensa.

2.3.4 Operación

En este capítulo se presenta todo lo relacionado con el tiempo de operación de los turnos y días laborables que nos dará información sobre las horas consumidas en energía para la línea de procesamiento.

La información para construir la tabla 6 fue entregada por el área de producción y programación durante las visitas realizadas a la planta.

De la tabla 6 se puede concluir que tiene 3 turnos y se opera 6 días a la semana. Se debe tener en cuenta que un día al mes se destina para inventario.

La operación logística de la línea de caucho se presenta a continuación la tabla 7. Las horas de uso consignadas se expresan por día operativo, sin embargo, es necesario tener en cuenta que por eventos adversos en el programa de producción algunos equipos no siempre trabajan las horas diarias promediadas.

Tabla 5.

Tarifas de gas natural estipuladas por la empresa Enel para diciembre del año 2020

	Limite inferior (m3)	Limite superior (m3)	Dm, i, j x fpc m,i, j	CUvm,i,j	Estrato 1 y 2 CUvAm,i,j	CUFm,i,j
			\$/m3	\$/m3	\$/m3	
Rango 1	0,00	26300	439,84	1.727,14	1727,14	3.125,00
Rango 2	26.301,00	74.500,00	411,40	1.698,70		3.125,00
Rango 3	74.501,00	438.300,00	397,49	1.684,79		3.125,00
Rango 4	438.301,00	789.000,00	284,17	1.571,47		3.125,00
Rango 5	789.001,00	1.490.300,00	229,96	1.517,26		3.125,00
Rango 6	1.490.301,00	10.000,00	188,00	1.475,30		3.125,00

Nota: Todos los precios se encuentran en \$/m³ fuente Gas natural

Donde:

- Dm= Costo por uso del sistema de distribución de gas natural
- Fpc= factor de poder calorífico 1\$/factura
- CUf= Cargo fijo de comercialización

Tabla 6.

Operación logística planta manufactura Croydon Colombia S.A.

PLANTA DE MANUFACTURA CROYDON COLOMBIA -UBICACIÓN SEVILLANA					
Tuno	Horario	Horas/Día	Días/Semana	Días/Año	Horas anuales
1	6 AM-2 PM	8	6	300	7200
2	2 PM-10 PM	8	6	300	7200
3	10 PM-6 AM	8	6	300	7200
TOTAL		24	18	900	21600

Nota. Esta tabla muestra la operación logística de la planta en general, se tiene en cuenta los días no operativos, las vacaciones y otros eventos programados.

2.3.5 Parámetros de operación

Dentro del proceso de la línea de caucho se manejan más de 500 formulaciones, que se mezclan para lograr características especiales en el calzado y sus distintas piezas. La manipulación de los parámetros de operación depende del tipo de mezcla, por su

densidad o por la pieza que se vaya a realizar, el parámetro que tiene gran influencia sobre la mezcla es la temperatura.

Debido a que muchos de los parámetros dependen de la mezcla, se buscó determinar los parámetros críticos en cada equipo y en algunos fue posible generalizar cuantitativamente la presión y la temperatura en un rango de tiempo, la información recopilada se muestra en las tablas 8,9,10,11 y 12.

Tabla 7.

Operación logística la línea de caucho

Operación logística				
Máquina	Cantidad	Turnos	Operarios	Horas/días
Mezclado				
Banbury	1	1	1	4
Línea Molino Banbury (Molino 72")	2	1	1	4
Sistema de enfriamiento ganchos	1	1	2	4
Sistema enfriamiento bombeo	1	3	0	24
Moldeo				
Molino 42"	1	1	1	3
Molino 60"	1	1	1	8
Calender 60	1	1	3	8
Calender 26	1	1	3	5
Calender 16	1	1	3	3
Struder	1	1	3	6
Troquelación				
Troqueladora Han Jin	1	1	1	6
Prensas de bolling	6	1	2	8
Vulcanizado				
Prensas Nagatuck	3	1	3	8
Horno	1	2	1	8
Prueba filtración	1	1	4	8

Nota. Esta tabla muestra la operación logística de mezclado, moldeo, troquelación y vulcanizado, se debe tener en cuenta que las horas promediadas pueden variar por eventos adversos en la producción.

Tabla 8.*Parámetros críticos de operación línea de caucho mezclado*

Maquina	Parámetros críticos de operación	Temperatura [°C]	Presión [PSI]
Mezclado.			
Banbury	-Tiempo de reacción. -Temperatura límite 80 °C (evita que se quemé la parte superficial de la lámina).	Máximo 80	90
Línea Molino Banbury (Molino 72")	-Temperatura límite 80°C (evita que se quemé la parte superficial de la lámina).	Máximo 80	Ambiente

Nota. Estos parámetros fueron definidos y proporcionados por el director técnico de la compañía.

Tabla 9.*Parámetros críticos de operación línea de caucho enfriado*

Máquina	Parámetros críticos de operación	Temperatura [°C]	Presión [PSI]
Enfriado.			
Sistema enfriamiento bombeo	Presión y caudal que atraviesan la bomba.	Ambiente	- Agua: 40
Sistema de enfriamiento ganchos	Tiempo de residencia en el túnel de enfriamiento.	Ambiente	- Agua: 40

Nota. Estos parámetros fueron definidos y proporcionados por el director técnico de la compañía.

Las tablas 8,9,10,11 y 12 muestran los parámetros críticos que se deben tener en cuenta al momento de operar los equipos, también muestra la presión y temperatura recomendada para la operación de manera general, es decir, incluye todos los procesos con distintas mezclas. Los molinos trabajan a presión ambiente sin embargo los rodillos ejercen una presión sobre la mezcla la cual dependerá de la distancia entre estos que está definida por el espesor que se le quiera dar a la lámina. Junto con el director del departamento técnico se hizo un análisis de la operación y se determinaron estos parámetros, se tuvieron en cuenta los límites de temperatura

a la que puede someter el caucho sin que presente defectos en la estructura química indeseados.

Tabla 10.

Parámetros críticos de operación línea de caucho

Máquina	Parámetros críticos de operación	Temperatura [°C]	Presión [PSI]
Molineado.			
Molino 42"	Temperatura límite 80°C (evita que se queme la parte superficial de la lámina).	Max 80	Ambiente
Molino 60-2	-Temperatura límite 80°C (evita que se queme la parte superficial de la lámina).	Max 80	Ambiente

Nota. Esto parámetros fueron definidos y proporcionados por el director técnico de la compañía.

Tabla 11.

Parámetros críticos de operación línea de caucho troquelado

Máquina	Parámetros críticos de operación	Temperatura [°C]	Presión [PSI]
Troquelado.			
Calender 60	-Temperatura límite 80 o C (evita que se queme la parte superficial de la lámina).	Máximo 80	Ambiente
Calender 26	-Temperatura límite 80 o C (evita que se queme la parte superficial de la lámina).	Máximo 80	Ambiente
Calender 16	-Temperatura límite 80 o C (evita que se queme la parte superficial de la lámina).	Máximo 80	Ambiente
Struder	Velocidad de rotación del strudado Temperatura para enfriar el caucho .	Mínimo 53	Ambiente
Toggle	Presión ejercida para el corte.	Ambiente	Max 100

Nota. Esto parámetros fueron definidos y proporcionados por el director técnico de la compañía.

Tabla 12.

Parámetros críticos de operación línea de caucho vulcanizado

Máquina	Parámetros críticos de operación	Temperatura [°C]	Presión [PSI]
Vulcanizado.			
Troqueladora Han Jin	Presión y temperatura que se ejerce a la pieza de caucho para moldeado por un tiempo determinado para suela y tacón.	Máximo 160.	90
Prensas de bolling	Presión y temperatura que se ejerce a la pieza de caucho para moldeado por un tiempo determinado para suela y tacón.	Máximo 148.	4
Prensas Nagatuck	Presión y temperatura que se ejerce a la pieza de caucho para moldeado por un tiempo determinado para suela y tacón.	Máximo 148.	500-2500

Nota. Esto parámetros fueron definidos y proporcionados por el director técnico de la compañía.

2.3.6 Instrumentación de equipos

La instrumentación y control hacen parte fundamental de un proceso de producción, los instrumentos de medición permiten conocer las magnitudes de las variables de operación, estas ayudan a saber si se maneja en condiciones óptimas, y en el caso que no sea así, se pueden graduar o permanecer constantes. En algunos casos, los sistemas de control comparan un valor de magnitud con uno ya programado y en base a ese valor se toma una acción de corrección.

En los recorridos realizados y en la caracterización de los equipos se pudo identificar en el proceso de producción que la mayoría de controles o registros de variables se realiza de manera manual y visual utilizando instrumentos básicos, lo cual no da un alto porcentaje de confiabilidad en el control del proceso.

Es importante aclarar que los equipos Calander 26 y el sistema de enfriamiento ganchos no cuentan con ningún instrumento ni control. Basando el control en la experiencia del operario y sin un complemento tecnológico que registré el número de las variables.

Los instrumentos con los que actualmente cuenta la línea se relacionan en la tabla 13 y su descripción se presenta a continuación:

- a. Manómetro de presión absoluta: Estos miden la presión teniendo como referencia el 0 absoluto, se suele usar en sistemas cerrados y en medios agresivos.
- b. Tubo de Bourdon: Es un manómetro de presión absoluta.
- c. Termocupla: Es una herramienta para la medición de la temperatura, consiste en dos alambres de metales diferentes que son unidos en el punto de medición conocido como la unión caliente. La salida del sensor es un voltaje proporcional a la diferencia de temperatura entre la unión caliente y la unión fría, se manejan dos tipos de termopares J y K (varían según el rango de temperatura que pueden medir, muchas veces dependen de la referencia)
- d. Amperímetro: Es un instrumento que mide el paso de corriente eléctrica a través de un circuito, está compuesto por un galvanómetro y una serie de resistencias conectadas en paralelo, los amperímetros con los que cuentan los equipos de la compañía son análogos, el funcionamiento de estos está basado en la aguja indicadora que muestra el resultado de la medición.
- e. Contador de telas: Es un medidor de longitud de tela en metros.
- f. Variador de velocidad: Se usan para controlar la velocidad a la que operan las tres alimentaciones del tornillo de Struder y la velocidad de giro en el calander 60”.
- g. Temporizador digital: Es un instrumento que mide y controla el tiempo en el que se llevara a cabo una operación, permite el monitoreo a través de una pantalla.

- h. PLC: Es un computador, especialmente diseñado para la automatización industrial, este contiene múltiples canales para medir distintas señales provenientes de sensores instalados en la máquina o proceso a controlar.
- i. Registrador de temperatura y presión: Es un instrumento que traza continuamente o por puntos las variables de presión y temperatura en un papel, generando las gráficas que permiten analizar la variación de estas en el tiempo.

Tabla 13.

Instrumentación equipos línea de caucho

Instrumentación actual Croydon Colombia S.A					
Equipo.	Manómetro Tubo de Bourdon	Termocupla.	Amperímetro	Temporizador digital	Otros.
Banbury	1	1, tipo K	1	NC	NC
Línea Molino Banbury	NC	NC	1	NC	NC
Molino 42"	NC	NC	1	NC	NC
Molino 60"	NC	NC	1	NC	NC
Calender 60	NC	NC	NC	NC	1 variador de velocidad, 1 contador de metros (Tela)
Calender 16	NC	NC	1	NC	NC
Calender 26	NC	NC	NC	NC	NC
Prensas de bolling	1	1,tipo J	NC	1	NC
Prensas Nagatuck	1	1,tipo J	NC	1	NC
Struder	NC	1,tipo J	NC	NC	3 variadores de velocidad
Toggle	1	NC	NC	NC	NC
Troqueladora Han Jin	NC	1,tipo J	NC	1	NC
Horno	3	1,tipo J	NC	NC	-1 PLC -1 Registrador de P y T

Nota. En "Otros" pueden incluir la instrumentación adicional. "NC" hace referencia a "No cuenta con instrumentación", en la tabla se muestra la instrumentación que presentan los equipos actualmente, la cantidad y el tipo.

2.3.7 Consumos teóricos de energía eléctrica por equipo

Para el consumo teórico, se obtuvieron datos de los manuales de las máquinas proporcionados por el sector de mantenimiento y también de las placas con ficha técnica que tenían los diferentes equipos.

A continuación, en la tabla 14 se consignan todos los datos recolectados para cada máquina, y en la tabla 15, el consumo de electricidad por el cuarto de acumuladores

Tabla 14.

Consumos teóricos por equipo

Máquina	Voltaje (V)	Amperaje (A)	Horas/mes	Consumo Teórico [kW/h]	Consumo Mes teórico [kWh/mes]
Banbury	2300	52	96	176	16884
Línea Molino Banbury	2300	100	96	338	32469
Sistema de enfriamiento ganchos	No existe actualmente la información hay que medirla				
Sistema enfriamiento bombeo	440	30	576	19	11181
Molino 42"	440	93	24	60	1444
Molino 60-2	440	176	192	71	13665
Calender 60	440	176	192	114	21864
Calender 26	440	75	120	49	9317
Calender 16	440	132	72	85	4969
Struder	440	40	24	26	621
Toggle	220	12	192	4	745
Troqueladora Han Jin	Funcionamiento neumático- se medirá sistema resistivo				
Prensas de bolling	440	6	144	4	559
	440	12		8	
Prensas Nagatuck	Funcionamiento a partir de acumuladores.				
Horno	440	22	192	14	2733

Nota. Esta tabla muestra el consumo teórico en Kw/mes basado en el consumo Kw/h registrado por el departamento de mantenimiento y las horas de operación registradas en la tabla 2, este suministro es abastecido por los tipos de energía especificados en la tabla 6.

2.3.8 Diagnostico trampas de vapor.

El vapor es un recurso esencial en los procesos que se llevan a cabo en la línea de caucho. El vapor es transportado por la red de tuberías desde la caldera, dentro de este por diferencia de temperaturas se enfría a lo largo del recorrido, esto produce una mezcla de gases y condensado. Idealmente, se emplean trampas de vapor para eliminar el condensado, el aire y los gases no condensables del sistema. Adicionalmente se minimiza la pérdida de vapor que permite purgar los residuos producidos y así mantiene el sistema puro, estos dispositivos son eficientes energéticamente y no desperdician vapor de calidad.

Tabla 15.

Consumo de los acumuladores

Cuarto De Acumuladores			
Maquina	Voltaje	Amperímetro	kW/h
Motor Prensas Naugatuck	440	24	15
Acumulador Número 2	Fuera De Servicio		
Acumulador Número 3	Fuera De Servicio		
Acumulador De Baja Presión (Repuesto Opcional)	440	12	8
Acumulador De Alta Presión	440	6	4
Acumulador Baja Presión	440	12	8
Acumulador Número 7	Fuera De Servicio		
Acumulador Número 8			
Compresor Acumuladores (Solo Consumo De Descarga De Aire En Los Acumulares)	440	8	5

Nota. La información de esta tabla es suministrada por el departamento de mantenimiento y muestra el voltaje, amperaje y kW/h para cada equipo que se encuentra en el cuarto de acumuladores.

Las trampas de vapor como la mayoría de los equipos mecánicos están sujetas a desgaste y pueden provocar fugas de vapor o bloqueos en la descarga del

condensado. El desgaste crea contrapresión en el sistema generando pérdidas bastante representativas de vapor lo que también se traduce en pérdidas económicas.

Una forma de evitar estos problemas es haciendo inspecciones y mantenimientos periódicos a las trampas. Sin embargo, la compañía no cuenta con un calendario de inspección y mantenimiento para estos dispositivos. Para diagnosticar el estado actual de las trampas de vapor se realizó por medio de un estetoscopio de sensor largo por el medio del cual se puede percibir el sonido del fluido, si funciona correctamente, casi no se debería escuchar, sin embargo, en el recorrido se reconoce pasar el fluido con mucho ruido, y al abrir la válvula de la trampa se observa presencia de vapor, lo que es una acción indeseable.

En la mayoría de las trampas de vapor que tienen las tuberías se pueden obtener señales visibles de mal funcionamiento como la ausencia de descarga de condensado con fugas grandes de vapor. Externamente, se pueden detectar fugas por ruptura del cuerpo, empaques, conexiones y juntas.




El condensado cuando fluye por la trampa genera sonido y vibración, estos sonidos cambian cuando la trampa no funciona correctamente. El condensado que fluye a través de la trampa tiene un tono bajo, cuando el sonido de esta corriente cambia a un tono más agudo, indica que la trampa está descargando vapor flash o tiene fugas de vapor. Si en una trampa se identifica este tipo de cambios en el sonido se necesitará una inspección más a detalle, en la figura 16 y 17 se presenta los parámetros para evaluar el funcionamiento correcto de una trampa a partir del sonido y como identificar una trampa que presenta fugas.

Es importante aclarar que los estetoscopios de sensor largo no tienen la exactitud de otros instrumentos electrónicos más modernos, sin embargo, se emplea por su disponibilidad, portabilidad y facilidad de uso.

Se midieron varios puntos de contacto en la tubería antes y después de la trampa para evaluar el sonido. En la figura 18 se muestra cómo se realizó la medición con este instrumento.

Figura 16.



Condiciones de aspecto y de sonido para identificar una trampa de vapor que opera correctamente.

Trampa Operando Correctamente			
Ilustración			
Aspecto	Poco volumen de condensado en la descarga	Vapor flash y condensado descargados continuamente	Gran volumen de condensado y vapor flash descargados continuamente
Sonido	Casi sin sonido	Sonido como silbido	Silbido más fuerte

Nota. En esta tabla se describe el aspecto y sonido de una trampa de vapor que funciona correctamente. Tomado de: TVL Compañía experta en vapor, (2021), “Una Guía para la Inspección de Trampas de Vapor” [en línea]: <https://www.tlv.com/global/LA/steam-theory/steam-trap-test.html> [acceso 26-09-2021]

Figura 17.

Condiciones de aspecto y de sonido para identificar una trampa con fugas

Trampa Fugando			
Ilustración			
Aspecto	Descarga de vapor vivo a alta velocidad (transparente) junto con condensado	Descarga de vapor vivo a alta velocidad (transparente)	Descarga continua de vapor vivo a alta velocidad (transparente)
Sonido	Similar a una fuga de aire comprimido	Similar a una fuga de aire comprimido con ligero silbido	Silbido más fuerte

Nota. En la tabla se presentan las condiciones visuales y de sonido para identificar fugas. Tomado de: TVL Compañía experta en vapor, (2021), “Una Guía para la Inspección de Trampas de Vapor” [en línea]: <https://www.tlv.com/global/LA/steam-theory/steam-trap-test.html> [acceso 26-09-2021]

En la tabla 16 se presentan los resultados obtenidos de los análisis visuales y de sonido en cada trampa. También tiene observaciones para cada una, en general las trampas tienen la necesidad de implementar instrumentación que permita tener un control eficiente de su funcionamiento. Para aquellas que presentan fugas se recomienda una inspección con un instrumento más especializado y confiable.

Figura 18.

Medición con estetoscopio en trampas de vapor



Nota. Registro fotográfico mediciones trampas de vapor.

2.3.9 Diagnostico cualitativo de las máquinas.

En los distintos recorridos se evidenciaron algunas oportunidades de mejora que se describen en las tablas 17, 18 y 19 de manera cualitativa. En general para todos los equipos se evidenció que no se lleva un registro que permita tener balances de materia y energía de las distintas operaciones. Solo se registra el peso de algunos residuos y material final, otra observación general está en los sistemas de lubricación que pueden estar siendo ineficientes por la falta de orden en los mantenimientos preventivos y correctivos a pesar de que hay un operario encargado de mantener los sistemas de lubricación en funcionamiento. No hay una trazabilidad que permita evidenciar las intervenciones realizadas a estos al igual que una lista de chequeo estándar para las inspecciones que el operario realiza.

Tabla 16.

Caracterización de trampas de vapor.

Trampas de vapor			
Ubicación	Funcionamiento	Tipo	Observaciones
Prensa de Bolling 1.	Adecuado	Termodinámica	N/A
Prensa de Bolling 2.	Inadecuado	Termodinámica	Se encuentra directa, el registro está dañado y presenta fugas
Prensa de Bolling 3.	Adecuado	Termodinámica	N/A
Prensa de Bolling 4.	Adecuado	Termodinámica	Fugas de vapor
Prensa de Bolling 5.	Adecuado	Termodinámica	Fugas de vapor
Prensa de Bolling 6.	Fuera de servicio	Termodinámica	N/A
Prensa Nagatuck 1.	Adecuado	Termodinámica	N/A
Prensa Nagatuck 2.	Adecuado	Termodinámica	N/A
Prensa Nagatuck 3.	Adecuado	Termodinámica	N/A
Horno vulcanizado	Adecuado	Cubeta invertida	N/A
Horno vulcanizado	Adecuado	Cubeta invertida	N/A
En general para todas las trampas de vapor se evidencia la necesidad de programar mantenimientos preventivos, hacer cambio de piezas y refuerzos en las uniones.			

Nota. La información de esta tabla se obtuvo durante las inspecciones realizadas en campo junto con el jefe de mantenimiento, se presenta la ubicación de la trampa, el tipo, la condición de funcionamiento actual y las observaciones importantes.

2.3.10 Caracterización de la Caldera

Esta caracterización se realiza con base en los datos reportados en el último informe isocinético. Da información sobre los contaminantes emitidos salientes de la caldera. Este informe se enfoca específicamente a la evaluación de Emisiones Atmosféricas de Óxidos de Nitrógeno (NOx) ejecutado en las instalaciones de Croydon Colombia en el mes de diciembre de 2020.

También se usa información proporcionada por el departamento de Ingeniería ambiental y mantenimiento, en base a esta información se realiza la caracterización de la caldera presentada en el anexo 1.

Tabla 17.

Diagnóstico cualitativo de la operación de mezclado

Diagnostico cualitativo.	
Operación de mezclado	
Maquina	Observaciones
Banbury	-Las principales pérdidas de masa se dan en el extractor de material particulado y residuos que quedan adheridos a la maquinaria. -Motor grande de 2300 voltios, debido a esto no será posible hacer mediciones con el analizador de redes por la capacidad del mismo.
Línea Molino Banbury	-Ausencia de manual de operación de rodillos, no hay control de sistema de enfriamiento y calentamiento. -Motor grande de 2300 voltios, debido a esto no será posible hacer mediciones con el analizador de redes por la capacidad del mismo.
Sistema de enfriamiento ganchos	-Motor pequeño. -Fugas de agua. -Ausencia de control de temperatura. - Se evidencia corrosión en la tubería y en el sistema de enfriamiento de ganchos.
Sistema enfriamiento bombeo	-Funciona para: Molinos -Calander y banbury. -No tiene instrumentación para controlar el flujo.

Nota. En observaciones, se describen características importantes y falencias que se pudieron identificar durante el recorrido en esta operación.

Tabla 18.

Diagnóstico cualitativo de la operación de troquelación, suela-tacón y vulcanizado

Diagnostico cualitativo.	
Operaciones de troquelación, suela-tacón y vulcanizado	
Maquina	Observaciones
Toggle	-Fuga de aire -Ausencia de sistema de control para fijar la presión, ya que esta se fija a través de un pedal y es impreciso.
Troqueladora Han Jin	-Funcionamiento Neumático
Prensas de bolling	-Funcionamiento con Acumuladores. -Presentan fugas de vapor
Prensas Nagatuck	-Desgaste en enchaquetamiento. -Daño en algunas trampas de vapor.
Horno	-Tiene un motor de 440 V que funciona para ventilación

Nota. En observaciones, se describen características importantes y falencias que se pudieron identificar durante el recorrido en esta operación.

Tabla 19.

Diagnóstico cualitativo de la operación de moldeo.

Diagnostico cualitativo.	
Operación de moldeo	
Maquina	Observaciones
Molino 42"	-Ausencia de manual de operación de rodillos.
Molino 60-2	-No hay control de sistema de enfriamiento y calentamiento.
Calander 60	-Fuga de vapor -Fuga de agua
Calander 26	-Enchaquetamiento desgastado que genera problemas de seguridad industrial -Pérdida de condensado
Calander 16	-Ausencia de manual de operación de rodillos. -No hay control de sistema de enfriamiento y calentamiento.
Struder	-Sistema de enfriamiento independiente con agua refrigerada. -Necesidad de un manual de operación para encender la máquina, lo cual está generando pérdidas de energía, producción y generación de residuos de caucho que deben ser reprocesados y esto aumenta el consumo.

Nota. En observaciones, se describen características importantes y falencias que se pudieron identificar durante el recorrido en esta operación.

La caldera opera hace 10 años en la compañía, anteriormente trabajaba con combustible líquido, pero migró hace 7 años a combustible gaseoso (Gas natural).

Cuenta con un PLC que tiene sensor de temperatura, presión y transductor de presión, adicionalmente cuenta con un medidor de flujo de vapor a la salida, también el tanque de almacenamiento de agua cuenta con instrumentación para medición de temperatura, presión y control de nivel.

Para comprender el proceso de combustión son necesarios los datos técnicos del combustible presentados en la tabla 20. El consumo de gas natural mensual desde julio de 2019 a junio de 2020 fue en promedio de 11,386 m³.

Anualmente se contrata una empresa que realiza un informe de evaluación de contaminantes emitidos por caldera. La evaluación fue una corrida compuesta por cuatro muestras, se determinó el flujo volumétrico o caudal por medio de pitometría y mediciones sencillas (una corrida compuesta por cuatro muestras) para el contaminante Óxidos de Nitrógeno (NOx), los resultados obtenidos se muestran en el anexo 2.

Tabla 20.

Datos técnicos del combustible

Datos técnicos del combustible	
Parámetro	Descripción
Tipo	Gas natural
Consumo nominal	334 m ³ /h
Consumo real	248 m ³ /h
% Azufre	0% (Según ficha técnica Ecopetrol)
Poder calorífico	1.120-1.135 BTU/ FT3
Sistema de alimentación	Tuberías
Tipo de almacenamiento	No aplica

Nota: Información suministrada por el departamento de ingeniería ambiental.

Otro de los parámetros evaluados fue la altura mínima del punto de descarga llamado chimenea o ducto, la fuente evaluada tiene una altura de descarga de chimenea de 17,97 metros que cumple satisfactoriamente con la altura “mínima” calculada requerida de descarga de 15 metros de acuerdo con el párrafo primero del Artículo 17 de la resolución 6982 de la secretaria distrital de ambiente (SDA).

La frecuencia de monitoreo es determinada por el resultado de la UCA (Unidad de Contaminación atmosférica), para el caso de la fuente evaluada fue de 0,36, esto indica que el grado de significancia del aporte contaminante Óxidos de Nitrógeno (NO₂) es “Bajo”. Con este resultado y de acuerdo con la norma la empresa que elabora el informe se recomienda cada dos años el monitoreo de contaminantes a esta unidad. Los equipos que se encuentran asociados con la caldera de generación de vapor son los listados a continuación:

- Horno de vulcanización de botas de caucho.
- Hornos de vulcanización – líneas 1, 2 y 3 – planta calzado convencional,
- Prensas de suela de caucho,
- Equipos de calandrado y extrusión de caucho,
- Molinos,
- Dobladora de telas.

Tabla 21.

Operación caldera

Operación de la caldera Colmaquinas 300 BHP		
Característica	Und	Valor
Producción de vapor diario	Lb/h	10.350
Días de trabajo	d/semana	6
Horas de trabajo por día	h/d	24
Consumo de combustible	m ³ /h	248

Nota. La información presentada en esta tabla está basada en el informe de evaluación de contaminantes 2020.

El informe concluye que la Caldera instalada en Croydon cumple los parámetros de emisión y de altura del punto de descarga de acuerdo con la normativa con la que se evaluó, se realizó la evaluación con dos resoluciones: resolución 6982 de la secretaria distrital de ambiente y la resolución 909 del ministerio de ambiente, vivienda y desarrollo.

La caldera cuenta con una red de tuberías que tiene siete ramificaciones por donde fluye el vapor que alimenta a las máquinas que lo requieren, se presentaron

dificultades cuando se hizo el diagnóstico de esta red de tuberías debido a que la compañía no cuenta con un mapa de localización y dimensionamiento de la red adicionalmente no es posible realizar ningún tipo de control u optimización al flujo de vapor por la ausencia de instrumentación y mantenimiento a la red.

2.3.11 Eficiencia de la caldera

La eficiencia se puede definir como la capacidad de calor que se le puede transferir al agua dividida por el contenido del combustible quemado. En sistemas ideales esta relación tendría una eficiencia del 100%, sin embargo, en la realidad encontramos una eficiencia más baja y la razón que explica este fenómeno es por la pérdida de gases de combustión que salen la caldera a una temperatura mayor de la temperatura ambiente. Para expresar este término se muestra la ecuación 2.

Ecuación 2.

$$\eta_{Caldera} = \frac{Q_{util}}{Q_{aprovechado}}$$

A la salida de la caldera, se encuentra vapor saturado, para este punto, tomaremos la h salida, es decir, h_g a presión de la caldera. A la entrada es un líquido saturado, por lo tanto, se usará h_f . Por lo tanto, se simplificaría en la ecuación 3.

Ecuación 3.

$$\eta_{Caldera} = \frac{M_{vapor} h_{fg}}{M_{combustible} HHV}$$

Donde

- **Q útil:** Tasa de calor suministrado al fluido (kW, hp, Btu/h, kcal/h)
- **Mvapor:** Caudal másico de vapor producido
- **Mcombustible:** Caudal másico de combustible quemado (kg/s, ibm/h)
- **hg entrada:** Entalpia de agua a la entrada de la caldera (kJ/Kg, Btu/lbm)
- **hf salida:** Entalpia de agua a la salida de la caldera (kJ/Kg, Btu/lbm)
- **HHV:** El poder calorífico más alto del combustible (kJ / kg, Btu / lbm)

Reemplazando con los valores de la tabla 22:

$$\eta_{Caldera} = \frac{1,3040 \frac{kg}{s} (2813,90 \frac{kJ}{kg} - 293,1 \frac{kJ}{kg})}{0,07 \frac{kg}{s} * 55530 \frac{kJ}{kg}}$$

$$\eta_{Caldera} = 0,928 * 100\% = 92,8\%$$

Los datos utilizados para realizar el cálculo de eficiencia se consignaron en la tabla 22 y se tomaron del informe isocinético anteriormente nombrado realizado por la empresa Aire Verde Ltda, el poder calorífico del gas natural más alto fue proporcionado por la compañía. Adicional, para los datos de presión y temperatura ambiente en Bogotá se buscaron en los datos abiertos del informe presentado por el Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones como datos abiertos.

El valor de la tasa de evaporización (TE) como se evidencia en la ecuación 4, permite obtener una relación de la masa de vapor que se está produciendo por cada segundo y la cantidad de combustible que se le está suministrando para producir el calor necesario para evaporarse.

Ecuación 4.

$$TE = \frac{\text{Masa vapor producido}}{\text{Masa combustible suministrado}}$$

Tabla 22.

Datos y resultados del cálculo de la eficiencia de la caldera

Datos para cálculo de eficiencia		
Característica	Valor	Unidad
Temperatura entrada a la caldera.	70	°C
Presión caldera.	1,0	MPa
Producción de calor.	1,30	kg/s
Consumo combustible (Gas natural).	0,07	kg/ s
Temperatura de salida caldera.	175	°C
Eficiencia	116,7	%
TE	18,44	

Nota. Las propiedades del agua a la entrada y a la salida de la caldera se basan en la base de datos Thermophysical properties of matter. Vol 3: Thermal Conductivity, Y.S. Touloukian, P.E Liley, S.C Saxena, Vol. II: Viscosity, Y.S. Touloukian, S.C. Saxena and P. Hestermans

Dado estos resultados y las oportunidades de mejora identificadas en el diagnóstico se interpreta que las fallas en la distribución y aprovechamiento del vapor se centran en las líneas de distribución, válvulas de conexión y accesorios de la planta, como se observa en la figura 19.

Figura 19.

Falencias en la línea de distribución de vapor



Nota. Imágenes tomadas en la planta de Croydon.

2.4. Balances de masa

Debido a la naturaleza de los procesos que se desarrollan en la línea de caucho, la cantidad de formulaciones y mezclas que se manejan no hay una continuidad de la masa en las máquinas que componen la línea, por lo tanto, dificulta hacer un seguimiento y un balance de masa global del proceso, por esta razón se decidió realizar el análisis del balance de masa por equipo.

Se seleccionaron los siguientes equipos: Banbury, Calander 26, Struder y Toggle, ya que mantienen una relación entre ellos durante el proceso. Para el desarrollo de los balances se seleccionó la mezcla MB-267. El criterio de selección para la mezcla MB-267 fue la densidad, debido a que la más densa, es la que ocupa más espacio de las mezclas, por lo tanto, limita la capacidad de trabajo del Banbury.

Para cada equipo se tomó el peso inicial y final. En algunos casos si fue posible el peso de los residuos y corrientes intermedias. Con esta metodología se logró determinar las pérdidas y analizar el tratamiento de la masa en cada equipo.

2.4.1 Banbury

Para la medida de carga que se realizó en el banbury, se consideró a la entrada del peso según la composición y pesaje de los componentes que forman la mezcla y a la salida, el caucho que sale del molino 72" se pesó en la báscula industrial restando el peso de la tela y el carro transportador, el proceso del banbury se puede observar en la figura 20.

Para determinar el valor en peso de la corriente 1 se tuvieron en cuenta 6 cargas de mezcla MB-267 que en promedio son las cargas procesadas en un turno de esta máquina, cada una de estas cargas tiene un peso de 153,385 kg, teniendo un total de 920,31 kg para el peso de la corriente 1.

El valor en peso de la corriente 2 y 3 será un dato conjunto que se obtendrá al calcular las pérdidas. El valor de la corriente 4 es difícil de obtener debido a la dificultad y riesgo operacional porque esta entra directamente al molino 72" a una temperatura

Para determinar el valor en peso de la corriente 5, se pesaron las láminas obtenidas con estas seis cargas después de que pasan por el molino 72" y el sistema de enfriamiento de ganchos y se obtuvo un resultado de 902 kg.

Ecuación 5.

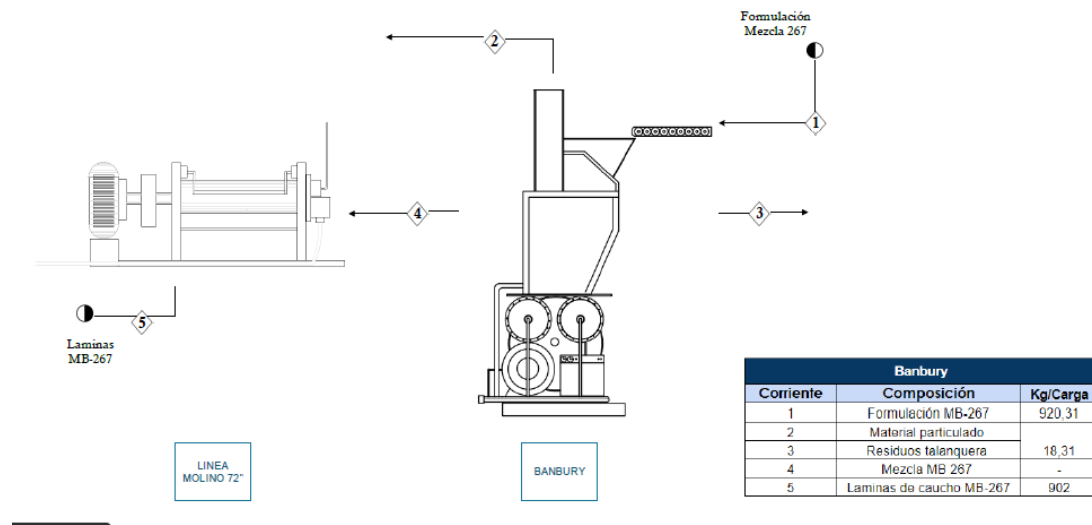
Peso inicial - peso final = Perdidas. (4)

Las pérdidas totales fueron calculadas a partir de la ecuación 5, obteniendo un resultado de 18,31 kg lo que representa aproximadamente el 2% de la carga total. Estas pérdidas se atribuyen al material particulado que sale por el extractor de la máquina representado por la corriente 2, este material se almacena en el cuarto de chuspas y a las pérdidas que se dan en la talanquera del banbury representadas en la corriente 3, se descartan las pérdidas que pueda haber en el molino 60 debido a que son mínimas.

Lo residuos del banbury son respectivamente las corrientes 2 (residuos de talanquera) y corriente 3 (material particulado). La primera se recolecta periódicamente y se disponen como material de desecho, es decir, no se reprocesa ni se le da un uso ya que puede estar contaminada. Por otro lado, el material particulado es transportado por el sistema de extracción al cuarto de chuspas, anualmente una agencia especializada recolecta este material para hacer la disposición según la normativa ambiental.

Figura 20.

Diagrama de proceso Banbury



Nota. En la imagen se observa el proceso del banbury con la mezcla MB-267, la corriente 1 representa la formulación, la 2 las pérdidas por material particulado en el sistema de extracción, la 3 los residuos de la talanquera, la 4 es la mezcla MB- 267 y el 5 el producto de este proceso que son las láminas de MB-267 molidas listas para ingresar al sistema de enfriamiento de ganchos.

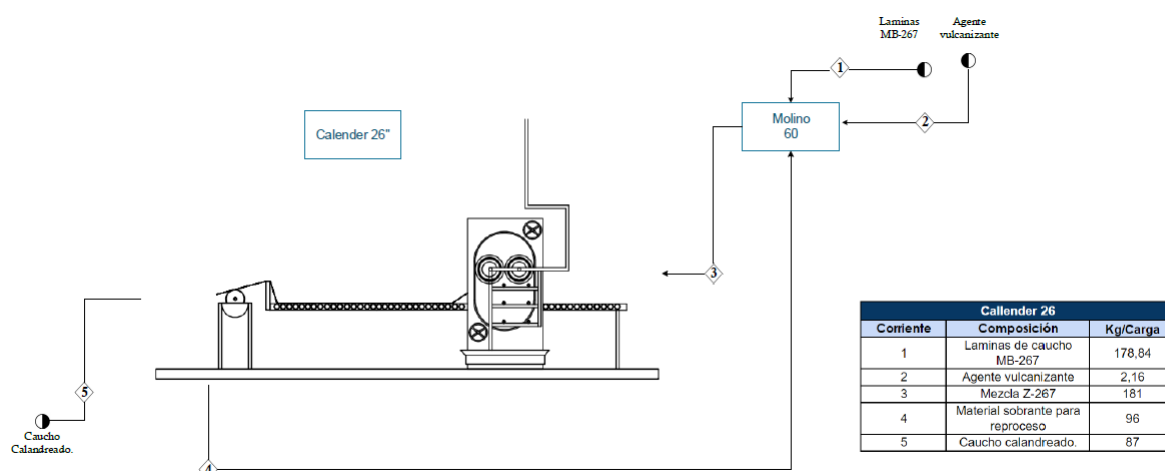
2.4.2 Balance Calender 26

Para la medida de carga que se realizó en el calender 26", se consideró a la entrada la masa reposada saliente del banbury, a la salida, se pesaron los carretes y libros con caucho restando el peso de ellos, el proceso de esta máquina se puede observar en la figura 21.

La cantidad de aditivos y agente vulcanizante para convertir una mezcla MB en Z está estandarizado dependiendo el tipo de mezcla, la cantidad de agentes vulcanizantes y aditivos para una carga de MB-267 (153,385 kg) se presentan a continuación en la tabla 18.

Figura 21.

Diagrama de proceso Calender 26



Nota. En la imagen se observa el proceso del calender 26 con la mezcla Z-267, la corriente 1 representa las láminas que salen del sistema de enfriamiento, la corriente 2 el agente vulcanizante, la corriente 3 la mezcla Z, la corriente 4 el material para reprocesar y finalmente la corriente 5 que representa el producto final de este proceso que es el material calandreado.

Tabla 23.

Relación de ingredientes para obtener Z-267

MB-267	
Ingrediente	kg ingrediente/153,385 Kg MB-267
ALOE	0,225
CAFE	0,225
DOCE	0,225
PEJE	0,225
ARAK	0,900

Nota. Los nombres de los ingredientes corresponden al código interno de materiales, esta información fue proporcionada por el laboratorio de investigación y desarrollo.

Para calcular el valor de la corriente 1 y 2, se pesó el producto obtenido en la corriente 3 teniendo un resultado de 181 kg a partir de este dato y con la formulación estándar se calculó el valor para la corriente 1 obteniendo aproximadamente un peso de 178,84 Kg lo que representa 1,17 cargas de MB-267, la corriente 2 está conformada por los

ingredientes de la tabla 18 para la cantidad de 1,7 cargas esta corriente tiene un peso de 2,16 kg.

Para que la corriente 3 ingrese al equipo calender 26 este debe tener los rodillos calientes, esto se realiza a través del sistema de válvulas que transportan vapor al interior de los rodillos. El proceso lo realiza el operario basado en su experiencia sin ningún tipo de control a la temperatura y el tiempo, se identifica un área de oportunidad en cuanto a la implementación de instrumentación, el control de temperatura en esta máquina ya que es muy importante para evitar pérdidas por adhesión del caucho al rodillo al igual que evita la aparición de burbuja.

En el proceso analizado se obtuvo por la corriente 5 piezas de caucho de 65 cm acomodadas en libros, el valor en peso del material que sale por esta corriente es de 87 kg, la corriente 4 está compuesta por el material que presentó defectos durante el proceso y el material sobrante de la corriente 3 que no se alimentó.

Esta corriente se reprocesa nuevamente en el molino 60 en la siguiente carga, el material defectuoso tuvo un peso de 2 kg y el material sobrante de 94 kg, teniendo un total de 96 kg para la corriente 4.

2.4.3 Balance Strudder

Para la medida de carga que se realizó en el Strudder, se consideró la masa saliente del calender 26" que se encontraba en el carrete, el proceso realizado en esta máquina se observa en la figura 22.

Inicialmente en el calender 26, se calandréo usando la máquina con las piezas especiales que permiten obtener material con las condiciones adecuadas para poder trabajarlo en el Strudder, el material sobrante en el proceso del calender analizado anteriormente, obteniendo en la corriente 92 kg de caucho calandrado para Struder representado por la corriente 1, este material se almacena en un carro y se transporta al área del Strudder, en este equipo es alimentado por el operario al tornillo principal el cual tiene 3 entradas de alimentación, la cantidad de entradas de alimentación que se usen van a depender del programa y tipo de mezcla, para el proceso analizado se usaron las 3, se identifica que la cantidad de pérdidas de material que se pueden dar

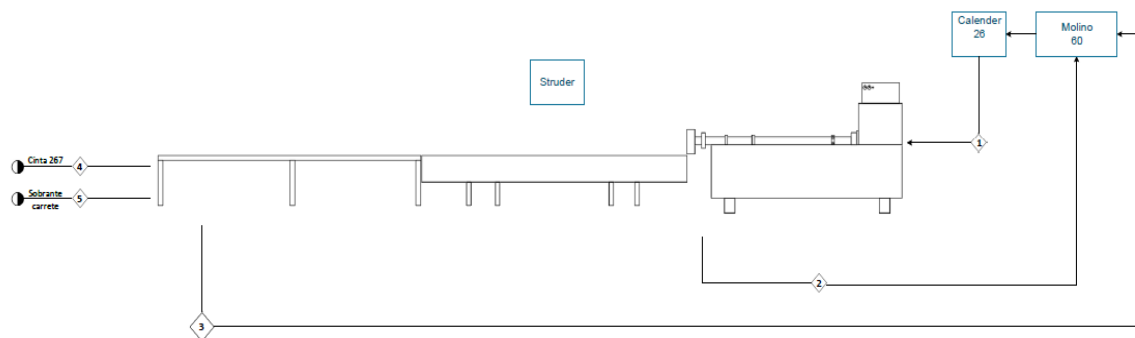
en la alimentación dependerán en gran medida de la habilidad del operario con el material y la calidad del proceso de calandrado.

Al final del proceso se desarma el tornillo principal para sacar los residuos de material este proceso toma de 10 a 20 minutos dependiendo de la habilidad del operario, para este caso se obtuvieron 2,7 kg de pérdida de material al interior del tornillo representado por la corriente 2.

La corriente 3 representa el material de pérdida en la alimentación y en la zona de corte, en este proceso tuvo un peso de 9,3 kg, al inicio del día se estima que la pérdida en la alimentación puede ser mayor debido a que al encender la máquina esta se debe calibrar las condiciones de temperatura, velocidad y espesor del material este proceso tarda de 10 a 30 minutos en los que se está perdiendo material, adicional en el transcurso del día se hace control manual al calibre del material con un comparador de carátula.

Figura 22.

Diagrama de proceso Struder



Struder		
Corriente	Composición	Kg/Carga
1	Caucho Z-267 Calandreado para struder	92
2	Residuos tornillo	2,7
3	Residuos material defectuoso.	9,3
4	Cinta 267 Strudada	28
5	Material sobrante sin procesar	52

Nota. En la imagen se observa el proceso en el Struder con la mezcla Z-267 Calandreada representada por la corriente 1, la corriente 2 y 3 representan el material para reproceso, la corriente 4 el producto final que en este caso es cinta y finalmente la corriente 5 con el material sobrante sin procesar, elaboración propia.

El proceso tardó 1 hora y 10 minutos incluyendo la limpieza del tornillo, se procesaron 28 kg de material para piezas de cinta de caucho 267, representado por la corriente

4, esta se almacenó en libros y se completaron 590 pares de cinta, el material que sobró y no se alimentó se deja en el carro almacenado para una próxima carga. Este tuvo un peso de 52 kg y se representa por la corriente 5.

2.4.4 Balance Toggle

La corriente 1 proveniente del calender 16 se pesó obteniendo un valor de 62 kg la alimentación de esta al equipo se realiza de manera manual acomodando en los moldes de troquelado la lámina de caucho que se va recortando del carrete, se regula la presión del equipo con el pedal y se activa el botón neumático que hace que las prensas presionen el molde y se obtengan las piezas troqueladas.

El operario debe separar las piezas troqueladas del recorte y acomodarlas en libros, para obtener el valor de la corriente 2 se pesó el recorte obteniendo 27 kg, para la corriente 3 se pesó el material sobrante en el carrete, obteniendo 35 kg. Este material será procesado en una siguiente orden que solicite mezcla 267, todo el proceso se puede ver en la figura 23.

2.5. Diagrama BFD

Este diagrama se puede ver en el anexo 3, elaboración propia de las autoras.

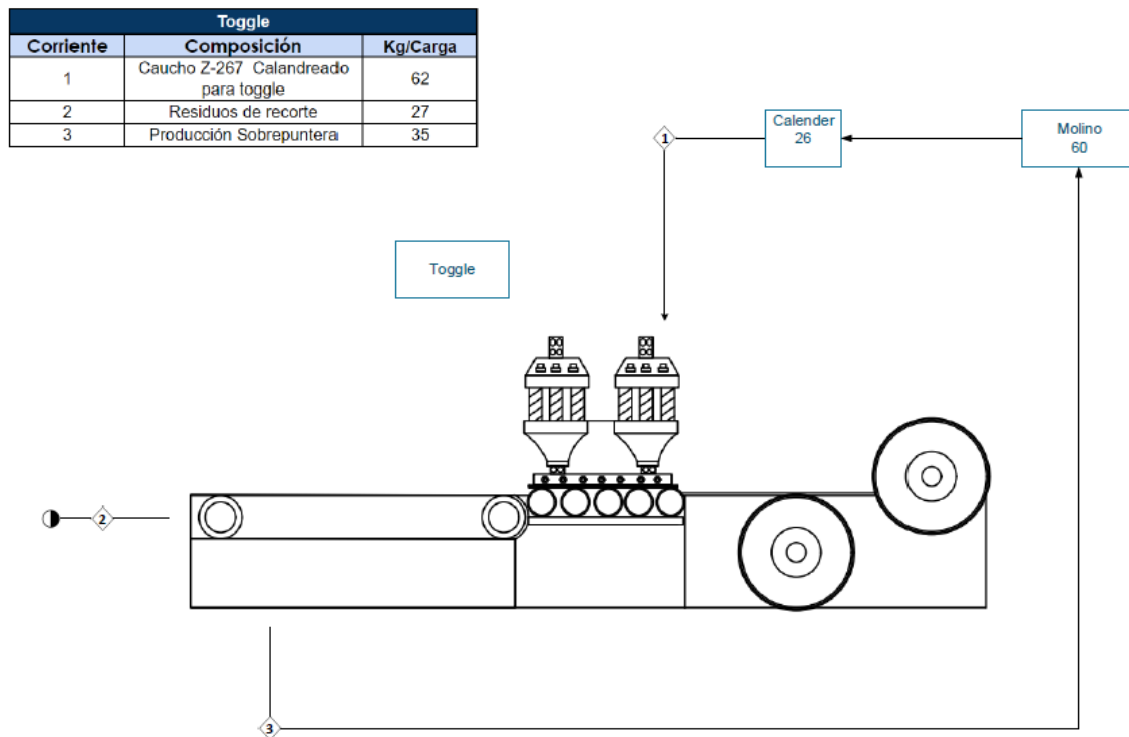
2.6. Diagrama PFD

Este diagrama se puede ver en el anexo 4, elaboración propia de las autoras

2.7. Mediciones con analizador de redes

Figura 23.

Diagrama de proceso Toggle



Nota. En la imagen se observa el proceso del Toggle con la mezcla Z-267, la corriente 1 representa la mezcla calandrada, la corriente 2 que son las piezas troqueladas y finalmente la corriente 3 que es material para reprocesar en el molino 60.

2.7.1 Medidas eléctricas

Para determinar la energía eléctrica real que consume cada uno de los equipos anteriormente caracterizados se debe monitorear el uso por medio de amperímetros y voltímetros en un periodo de tiempo. Actualmente, en el mercado encontramos diferentes equipos muy completos que además de combinar las funciones de un amperímetro y voltímetro, también pueden proporcionar información como potencia, intensidad de corriente, corriente continua y corriente alterna, llamados analizadores de redes. Dentro de los múltiples datos que nos proporciona el analizador, se encuentra el voltaje y la corriente, quien multiplicados nos da la energía eléctrica en

vativos (W), y es de gran utilidad para observar el comportamiento y el rendimiento de la máquina.

Por lo tanto, para empezar a realizar mediciones se adquirió el medidor de potencia multicircuito FBOx PD194Z-E14, este tiene un módulo de fuente de alimentación independiente AC / DC (80 ~ 270V) con precisión de medición de clase 0.5, y una resolución para voltaje de 0,1 V. El mismo proporciona información de las redes eléctricas tanto trifásicas y monofásicas. Este analizador se puede conectar a equipos de máximo 440 V en voltaje nominal y mide variables como: corriente, potencia, frecuencia, energía, demanda, valor extremo, distorsión armónica total, armónicos del 2 al 31, voltaje, desequilibrio en la corriente y medición de energía eléctrica de múltiples velocidades.

El proveedor del equipo desarrolló una capacitación conjunta con el personal del área de mantenimiento, ingeniería ambiental y el grupo de investigación de este proyecto, encargados de llevar a cabo las mediciones y procesar los datos obtenidos. Para asegurar que el instrumento estaba preparado para realizar estas mediciones el proveedor entregó el instrumento calibrado, realizó pruebas de medición en diferentes equipos y durante el periodo de medición hizo una visita de inspección.

El manejo y configuración del equipo se ejecuta por medio de la nube de FBOX360 con el usuario y contraseña asignados, por esta razón se debe garantizar la conexión wifi durante las mediciones. La configuración del equipo se estableció en la nube de FBOX360 para obtener los siguientes datos:

- Voltaje de cada línea.
- Corriente de cada línea.
- Frecuencia.
- Potencia aparente.
- Potencia reactiva.
- Factor de potencia.

La conexión del analizador se realiza de manera directa a la caja de paso de corriente, se toman los cables y se conectan dependiendo la tensión, si es trifásica se conectan

los tres cables, el amarillo en la primera fase, azul en la segunda y rojo en la tercera, si llega a ser difásico uno de los cables se conecta al neutro.

Las pinzas para medición de corriente vienen marcadas con el número de la fase a la cual se deben conectar. Todo el proceso de conexión se muestra en la figura 24 y 25.

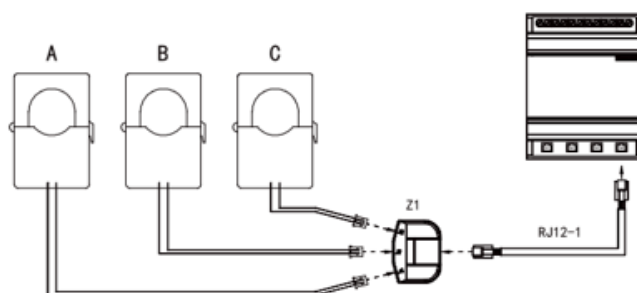
2.7.2 Cronograma de mediciones

Se estableció un cronograma para hacer el seguimiento y caracterización de energía eléctrica a la línea de producción de caucho. Primero se seleccionaron las máquinas que componen la línea de caucho y cumplen con las condiciones necesarias para la medición, tales como facilidad de acceso a la caja de paso de corriente y voltaje máximo de 440 V. Después de la selección el área de ingeniería ambiental coordinó con el departamento de mantenimiento y producción las fechas de medición presentadas en la tabla 24.

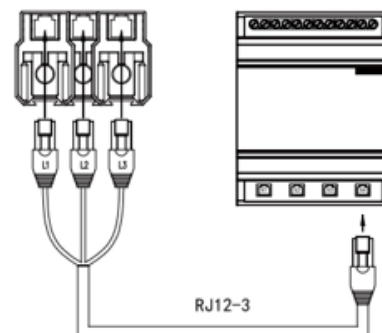
Figura 24.

Conexión analizador de redes

a. Conexión Pinzas para toma de amperios.



b. Conexión fases



Nota. Fases de conexión con analizador de redes

Figura 25.

Conexión del analizador en un equipo de Croydon



Nota. La imagen fue tomada cuando el analizador estaba conectado en un equipo de la planta.

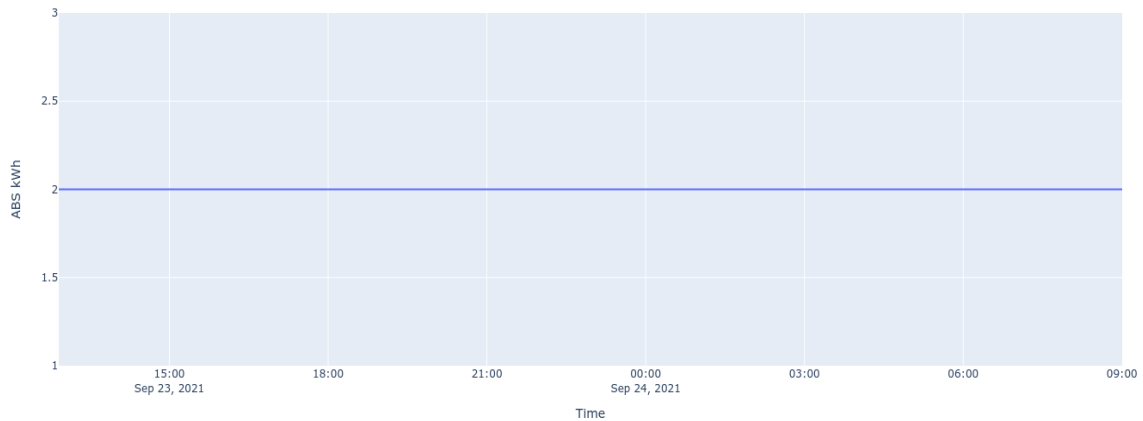
2.7.3 Resultado de mediciones con el analizador de redes por equipos graficados

El analizador de redes presenta un informe tabulado los resultados obtenidos durante el tiempo de medición en un archivo Excel. Estos resultados muestran el comportamiento durante el tiempo de las variables que se configuraron en FBOX360, de los datos obtenidos se graficó la potencia absoluta vs el tiempo total de medición para cada equipo, a continuación, se desarrolla el análisis de las gráficas por equipo.

Para la medición con el analizador se debe tener en cuenta la tensión de diseño del motor en este equipo la tensión es trifásica y se realiza la conexión como se explica anteriormente en la figura 24 y 25. Se inició la medición el 11 de septiembre a las 11 am y finalizó el 24 de septiembre a las 9 am. Se tuvo en cuenta la tabla 6 para establecer su tiempo de uso (24 horas). Por lo tanto, su comportamiento de potencia frente al tiempo medido es constante como lo demuestra la figura 26.

Figura 26.

Potencia en kWh vs. tiempo total de medición para la bomba de enfriamiento

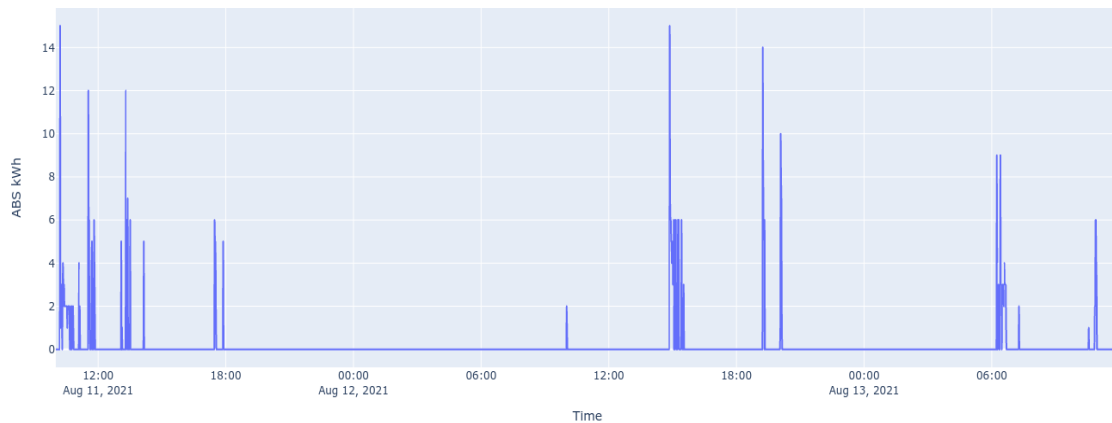


Nota. Los datos graficados fueron obtenidos del analizador de redes

En este se puede demostrar que la bomba está trabajando bien. Sin embargo, muchas veces este comportamiento en bombas puede deberse al sobredimensionamiento es decir su capacidad de diseño es superior a la del caudal real.

Figura 27.

Potencia en kWh vs. tiempo total de medición para el molino 42”



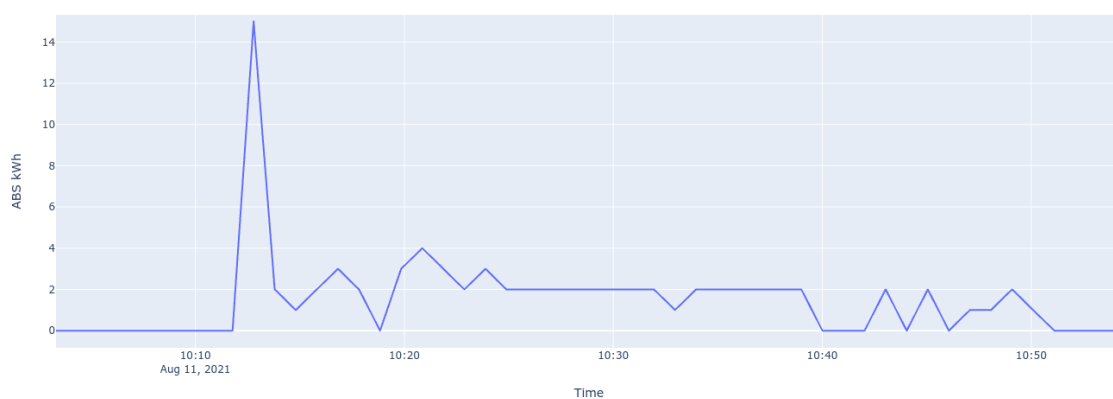
Nota. Los datos graficados fueron obtenidos del analizador de redes.

La figura 27 representa el comportamiento del molino 42". Se realizó la conexión trifásica y se inició la medición el 11 de agosto a las 10 am hasta el 13 de agosto a las 12 pm, en la gráfica se observan picos con variación de potencia, algunos con mayor intensidad. Según el funcionamiento del molino, se esperaría el comportamiento presentado, a continuación, se muestra la figura 28, donde se representa la potencia vs. el tiempo de medición para una carga.

La figura 28 permite analizar el comportamiento de una carga. Inicialmente el pico más alto de 15 kW/h corresponde el arranque de la máquina pues la potencia busca vencer la fuerza de frenado, una vez vencida la potencia se estabiliza y en este momento se procede a introducir la masa de caucho. El motor aumenta su consumo de potencia para lograr vencer la resistencia de la carga que depende en gran medida de su naturaleza. Para masas menos densas el esfuerzo será menor por lo tanto el pico de potencia será más bajo. Una vez la masa se encuentra homogeneizándose se pueden ver pequeñas perturbaciones atribuidas al movimiento natural del equipo.

Figura 28.

Potencia en kWh vs. tiempo para una carga de caucho en el molino 42"

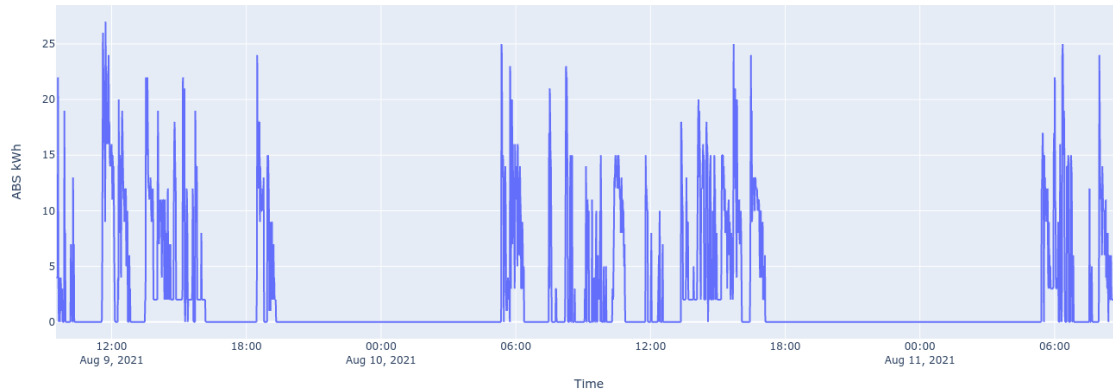


Nota. Los datos graficados fueron obtenidos del analizador de redes.

La figura 29 representa el comportamiento del molino 60", se realizó la conexión trifásica y se inició la medición el 9 de agosto a las 8 am y finalizo el 11 de agosto a las 9 am.

Figura 29.

Potencia en kWh vs. tiempo total de caucho en el molino 60”

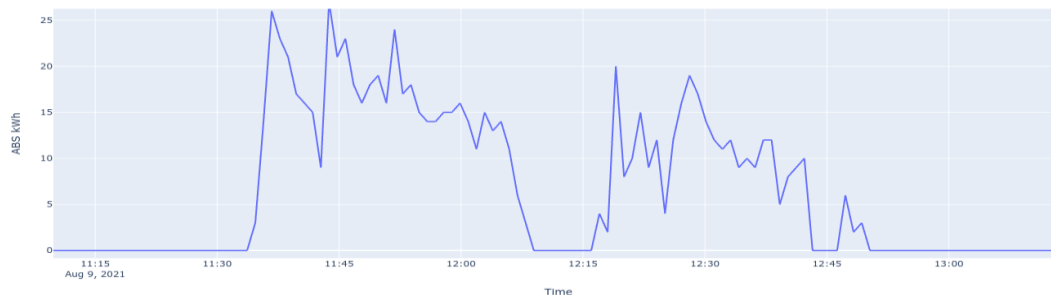


Nota. Los datos graficados fueron obtenidos del analizador de redes.

El comportamiento de este equipo por su naturaleza de operación se puede relacionar con el molino 42”. Presenta un funcionamiento más constante por la demanda alta de producción, es decir, tiene prendidos y apagados más frecuentes, ya que la carga va alimentando al calander 26 y durante este proceso, se va pausando la producción para verificar el calibre del caucho saliente del calander 26 y la apariencia (si presenta burbujas, se debe reprocesar) este fenómeno se puede representar a continuación en la figura 30 donde se evalúa el comportamiento para una sola carga de caucho.

Figura 30.

Potencia en kWh vs. tiempo para una carga de caucho en el molino 60”



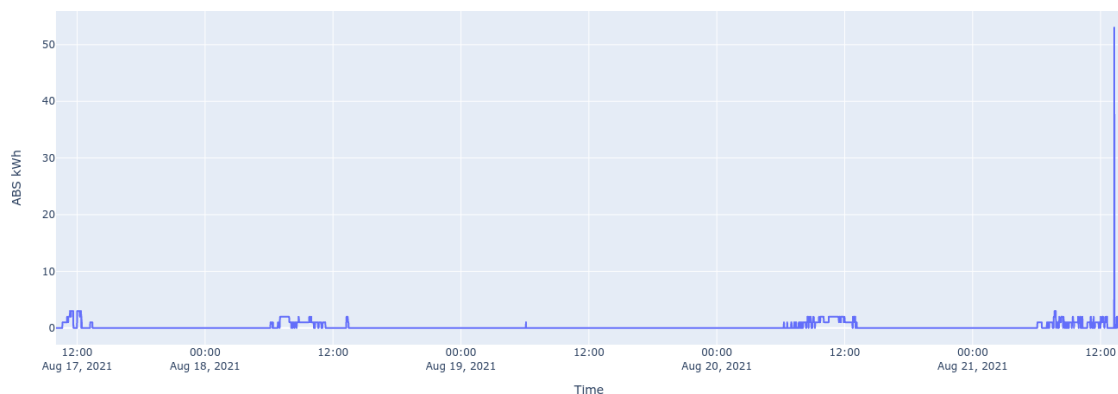
Nota: Los datos graficados fueron obtenidos del analizador de redes.

La figura 30 demuestra que el pico más alto nuevamente se presenta en el encendido dando un valor de 26 kW/h, una vez se vence la resistencia del material, se estabiliza el consumo y la masa ingresa para ser procesada. Es importante aclarar que la operación de molino y calander 26" se hacen conjuntamente y una alimenta la otra, es decir, el molino alimenta al calander 26". En la corriente de salida del calandrado, se comprueba el calibre y la calidad del material, si no cumple con las características, se debe reprocesar en el molino 60". Por esta razón, en la gráfica se observan picos de alta y baja potencia, que representan el arranque y frenado durante este proceso.

La figura 31 representa el comportamiento del calander 60", se realizó la conexión trifásica. Se inició la medición el 17 de agosto a las 10 am y finalizó el 21 de agosto a las 2 pm.

Figura 31.

Potencia en kWh vs. tiempo total de medición del calander 60"

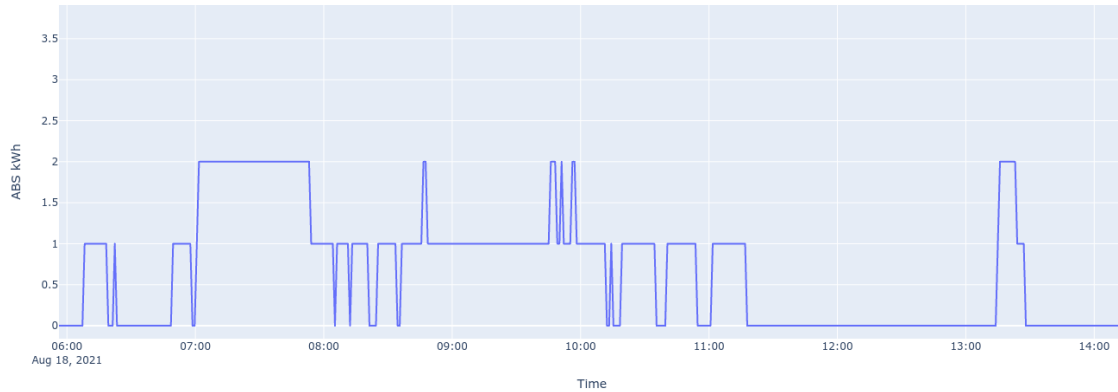


Nota. Los datos graficados fueron obtenidos del analizador de redes.

Este equipo como anteriormente se caracterizó también cuenta con rodillos y su funcionamiento es análogo a los molinos. Su comportamiento en consumo es mucho más estable. Sin embargo, al final de la medición, se ve un pico de 53 kW/h se podría explicar por una falla en el equipo (freno o trabas en la masa) que conlleva un sobre esfuerzo presenta una subida en la potencia. A continuación, se observa la figura 32 donde muestra en detalle el comportamiento de consumo vs. tiempo de medición para una carga en este equipo.

Figura 32.

Potencia en kWh vs. tiempo para una carga del calander 60”



Nota. Los datos graficados fueron obtenidos del analizador de redes.

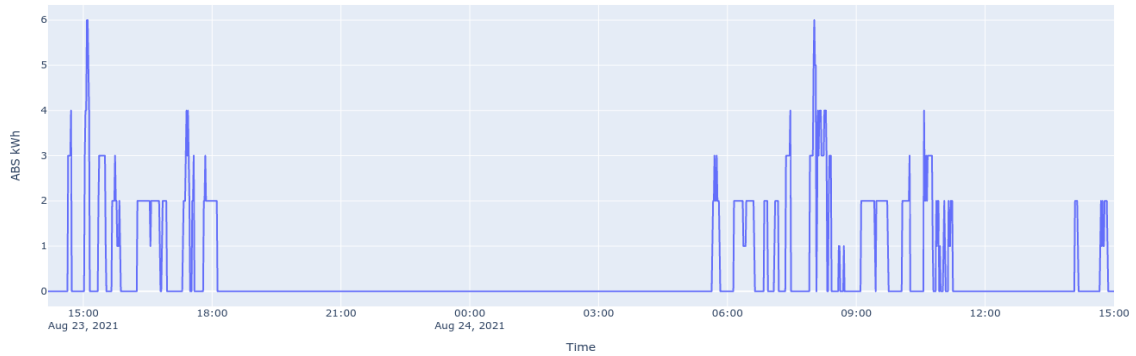
En la figura 32 se puede evidenciar que el comportamiento de consumo en general no tiene variaciones significativas, ya que es constante en 1kW/h. Sin embargo, en algunos momentos presenta picos de subida y bajada de potencia, estos picos se pueden explicar por el manejo del equipo durante la operación. El calander 60” es el equipo encargado de friccionar caucho con tela y durante este proceso el operario frena la máquina para medir manualmente el calibre del producto friccionado con un comparador de carátula. Cuando se frena el equipo la potencia baja a 0 y para arrancar el equipo nuevamente debe vencer la fuerza de frenado, anteriormente mencionado, es decir su comportamiento de consumo depende en gran medida de la carga, densidad de la masa y el tipo de operación friccionado.

La figura 33 representa el comportamiento del calander 26”, se realizó la conexión trifásica y se inició la medición el 23 de agosto a las 2 pm y finalizó el 24 de agosto a las 3 pm.

Durante el comportamiento total, al igual que los anteriores análisis, el esfuerzo máximo de la máquina se presenta al encenderse, con un pico 6 kW/h. Como se mencionó, esta máquina presenta variaciones de potencia por la naturaleza de su proceso, ya que se requiere pausar para realizar las validaciones correspondientes.

Figura 33.

Potencia en kWh vs. tiempo total de medición del calander 26”

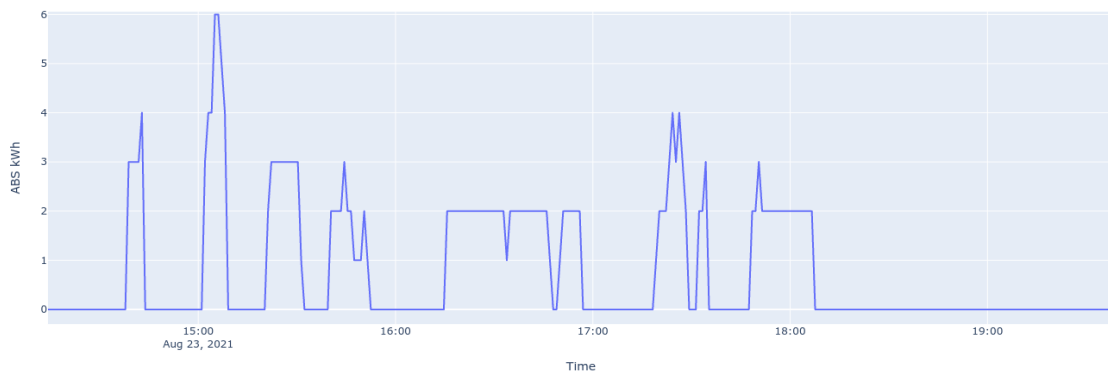


Nota. Los datos graficados fueron obtenidos del analizador de redes.

En la figura 34 se analiza la operación de una carga durante 3 horas el día 23 de agosto, desde las 3:00 pm hasta las 6:00 pm. Durante este periodo el equipo estuvo encendido y operando. En la figura se puede observar que tuvo 6 paradas, en ellas se presentó reprocesamiento de la masa y encendido nuevamente. Un aspecto importante en esta máquina es que se pueden observar bajas de potencia que al instante que entra masa nuevamente sube.

Figura 34.

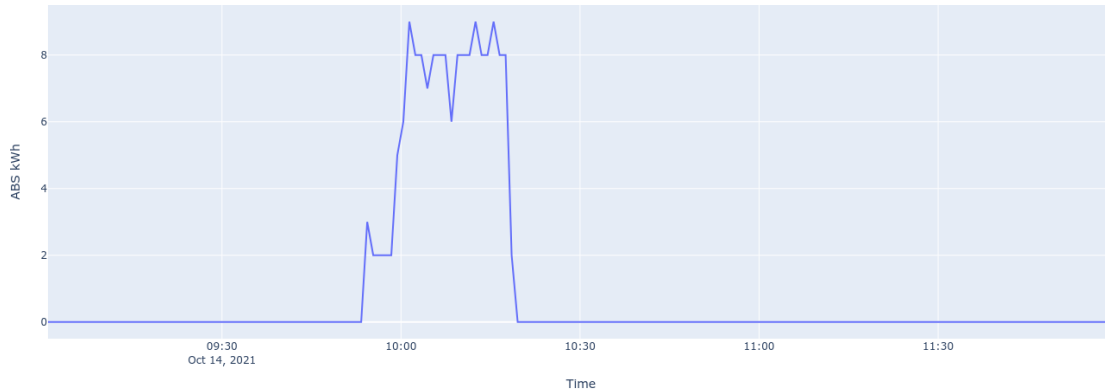
Potencia en kWh vs. tiempo total de medición del calander 26”



Nota. Los datos graficados fueron obtenidos del analizador de redes según el cronograma propuesto

Figura 35.

Potencia en kWh vs. tiempo total de medición del calander 16”

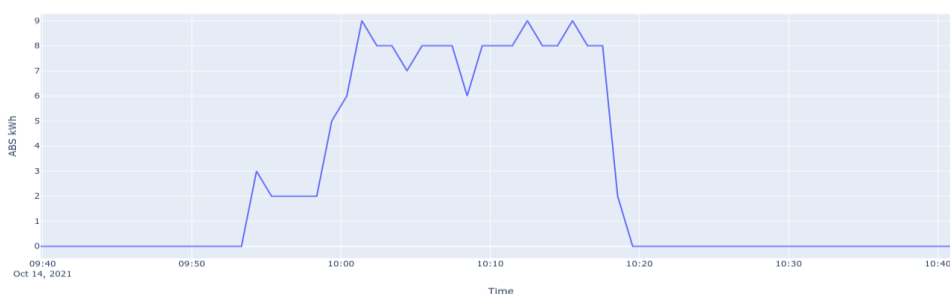


Nota. Los datos graficados fueron obtenidos del analizador de redes.

La figura 35 representa el comportamiento del calander 16”, se realizó la conexión trifásica y se inició la medición el 14 de octubre a las 9 am y finalizó el 14 de octubre a las 12 pm. Para analizar la información obtenida en esta medición se debe tener en cuenta que el tiempo de medición no es representativo para hacer un análisis confiable del consumo de energía, ya que de las 3 horas de medición la máquina estuvo operando 25 minutos.

Figura 36.

Potencia en kWh vs. tiempo total de medición del calander 16”

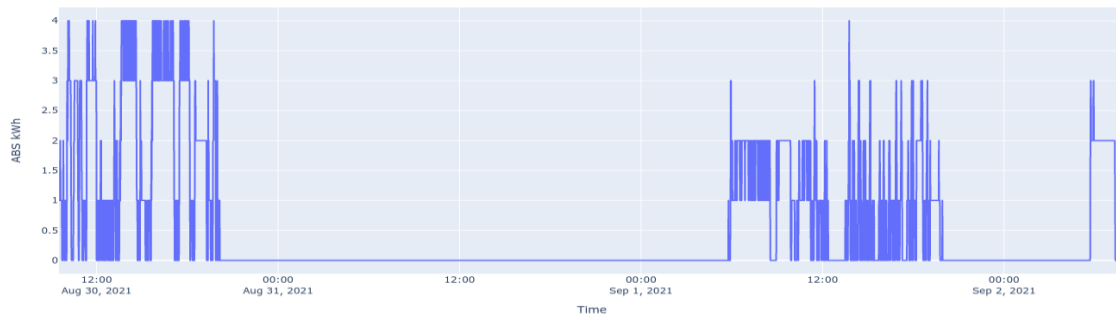


Nota. Los datos graficados fueron obtenidos del analizador de redes.

En los 25 minutos en que la máquina operó se observa en la figura 36 que durante la medición se presenta un comportamiento constante. Si bien la máquina no presenta un pico alto al encenderse, ya que lo hace progresivamente, sin embargo, toma mayor tiempo para estabilizarse y llegar a la condición de operación.

Figura 37.

Potencia en kWh vs. tiempo total de medición del Strudder

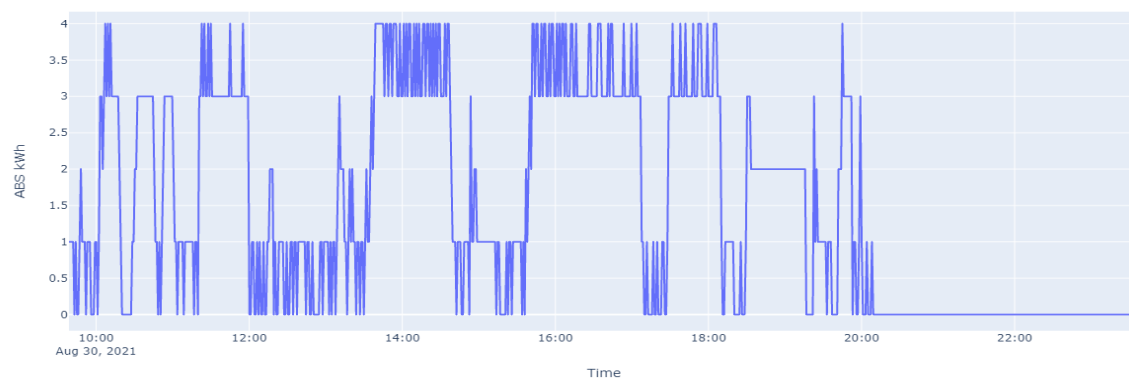


Nota. Los datos graficados fueron obtenidos del analizador de redes.

La figura 37 presenta el comportamiento del Struder, se realizó la conexión trifásica y se inició la medición el 30 de agosto a las 4 pm y finalizó el 2 de septiembre a las 8 am.

Figura 38.

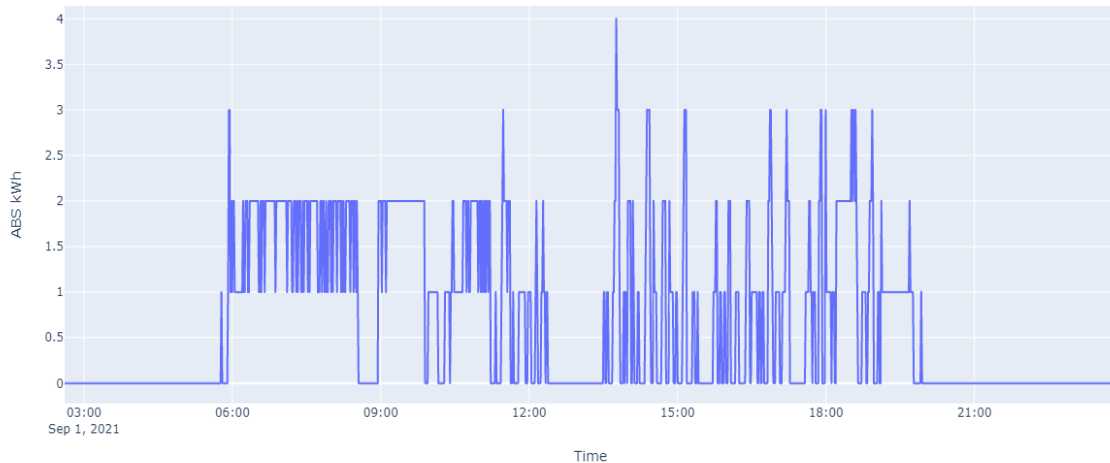
Potencia en kWh vs. tiempo de una carga para el 30 de agosto



Nota. Los datos graficados fueron obtenidos del analizador de redes.

Figura 39.

Potencia en kWh vs. tiempo de una carga para el 1 de septiembre



Nota. Los datos graficados fueron obtenidos del analizador de redes según el cronograma propuesto.

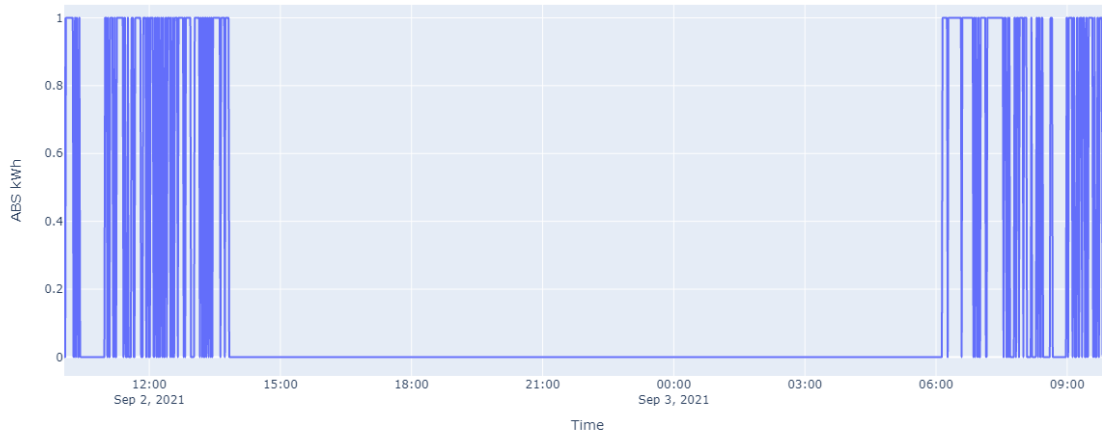
En la figura 38 y 39 se grafica el comportamiento de dos días de medición para un turno completo correspondientes al 30 de agosto y 1 de septiembre del 2021, en ambas graficas se observan picos y valles con perturbaciones similares que se pueden atribuir a la alimentación del tornillo principal de la máquina. Este cuenta con tres entradas alimentadas manualmente y controladas por variadores de velocidad que son manipulados por los operadores desde el tablero principal, estos instrumentos controlan la velocidad de rotación a la cual trabajan los motores de corriente continua, ajustando el voltaje y la tensión, a la demanda real. Los picos de consumo más altos se evidencian cuando la máquina presenta bajas de potencia y se sobre esfuerza para alcanzar la potencia de operación nuevamente. Sin embargo, a la 1:45 pm se presenta un desfase de 4 kW/h, se puede explicar que tuvo una falla o traba que hizo subir la potencia.

En esta máquina se presentan comportamientos constantes en el consumo por periodos de tiempo muy cortos. Sin embargo, si se compara el comportamiento de los dos días, el 1 de septiembre fue constante por periodos de tiempo mayores y presento picos de potencia más bajos en comparación al 30 de agosto. Estas diferencias se pueden relacionar con el programa de producción debido a que la cantidad de entradas de alimentación con las que opera el equipo varía dependiendo el tipo de

mezcla y calibre establecido para el producto final, por ende, la potencia y la cantidad de veces que ajusta la velocidad de operación disminuye.

Figura 40.

Potencia en kWh vs. tiempo total de medición del Toggle



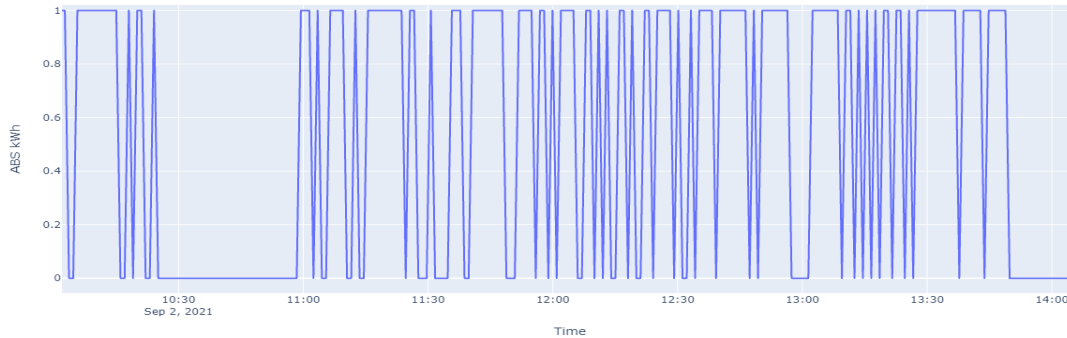
Nota. Los datos graficados fueron obtenidos del analizador de redes. La figura 40 representa el comportamiento del Toggle, se realizó la conexión trifásica y se inició la medición el 02 de septiembre a las 10 am y finalizó el 3 de septiembre a las 10 am.

Para el análisis, solo se considerará el día 02 de septiembre, ya que el 3 de septiembre al desconectarse el analizador a las 10 am (mitad del turno) no podemos tener el comportamiento total de la operación. Teniendo en cuenta lo anterior, a continuación, se muestra la figura 41 que representa el comportamiento del 02 de septiembre.

El comportamiento del toggle caracterizado en los anteriores capítulos se indica que se acciona con un pedal neumático que da la señal para que funcione y se realice el corte. Por lo tanto, al accionar el botón se espera un consumo de potencia, y al finalizar la actividad se descarga llegando a una potencia de 0 kWh, durante este proceso se esperaría un comportamiento repetitivo y constante, que finalmente lo representa esta gráfica.

Figura 41.

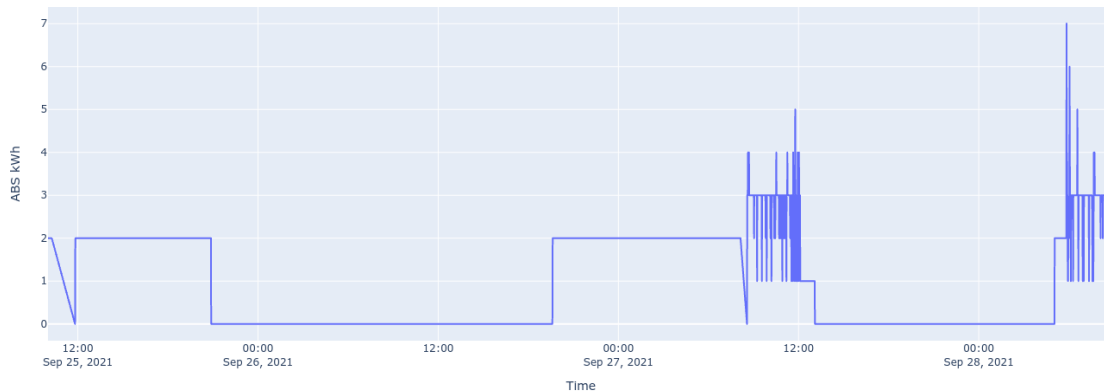
Potencia en kWh vs. tiempo total de una carga del Toggle



Nota. Los datos graficados fueron obtenidos del analizador de redes.

Figura 42.

Potencia en kWh vs. tiempo total de medición de la troqueladora Han Jin



Nota. Los datos graficados fueron obtenidos del analizador de redes.

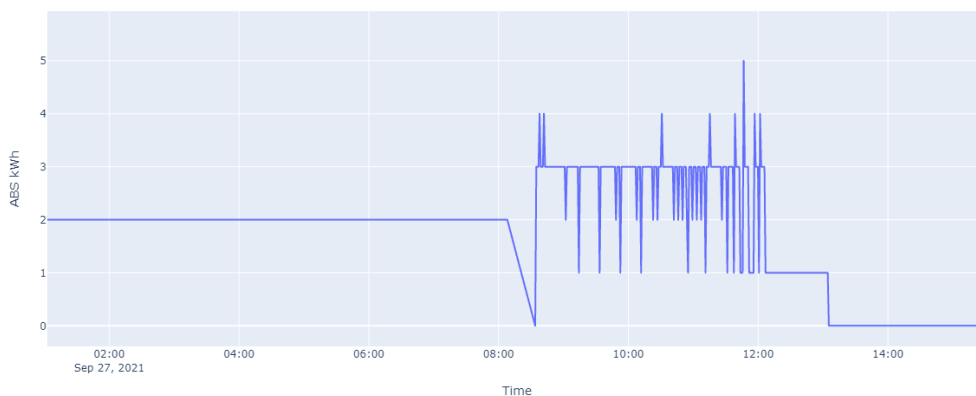
La figura 42 representa el comportamiento de la troqueladora Han Jin, se realizó la conexión difásica y se inició la medición el 25 de septiembre a las 10 am y finalizo el 28 de septiembre a las 9 am, durante el turno de la tarde del 27 de septiembre y el turno de la mañana del 28 de septiembre se evidencia mayor cantidad de perturbaciones, el pico más alto fue de 7 kW/h que se dio el 28 de septiembre en el turno de la mañana. Se puede atribuir a sobre esfuerzos que ejecuta la máquina por trabas y frenos que se presentan en la alimentación y manipulación de la masa durante la operación.

Durante el periodo analizado la troqueladora Han Jin no opero el día 26 de septiembre y el analizador se retiró el 28 de septiembre con la máquina encendida, teniendo en cuenta lo anterior se selecciona el turno trabajado el 27 de septiembre desde las 8 am hasta las 12:00 pm aproximadamente, para analizar el comportamiento de una carga representado a continuación en la figura 43.

Validando con el área de programación y producción se identificó que el día 26 de septiembre la máquina no opero y el turno del día 27 de septiembre inicio a las 8 am. Sin embargo, se evidencia que desde el 26 de septiembre en la noche activaron la máquina a pesar de no estar programada para procesar material. Se evidencia que se consumió 2 kW/h por 12 horas, pero no tuvo variaciones al no tener procesos de masa.

Figura 43.

Potencia en kWh vs. tiempo de un turno de medición de la troqueladora Han Jin



Nota. Los datos graficados fueron obtenidos del analizador de redes.

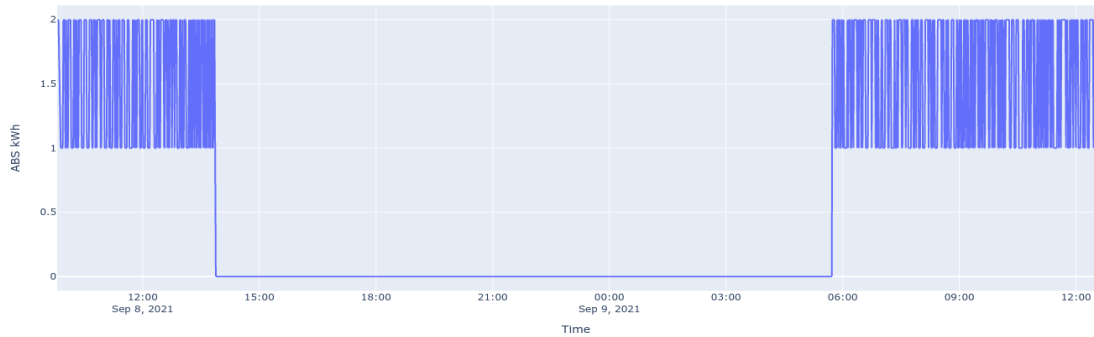
Las perturbaciones que se presentan en el tiempo de operación se presentan por la naturaleza de operación al ser una prensa se carga y descarga durante el tiempo programado en el temporizador.

La figura 44 representa el comportamiento del acumulador de alta, se realizó la conexión trifásica y se inició la medición el 8 de septiembre a las 9:00 am y finalizo el 9 de septiembre a las 2:00 pm. Se representa un comportamiento oscilante entre 1

kW/h y 2 kW/h, que se puede espera, ya que las prensas se cargan y descargan en su operación.

Figura 44.

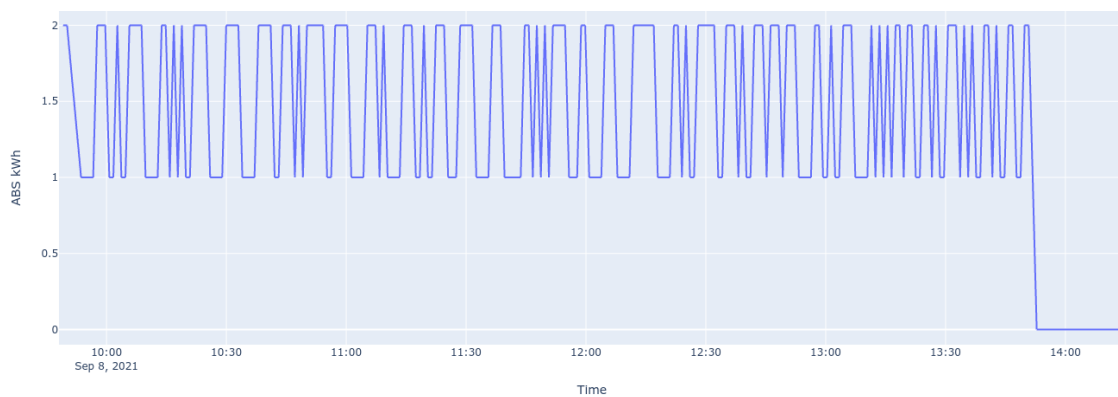
Potencia en kWh vs. tiempo total de medición del acumulador de alta



Nota. Los datos graficados fueron obtenidos del analizador de redes.

Figura 45.

Potencia en kWh vs. Tiempo de operación para un turno de acumulador de alta

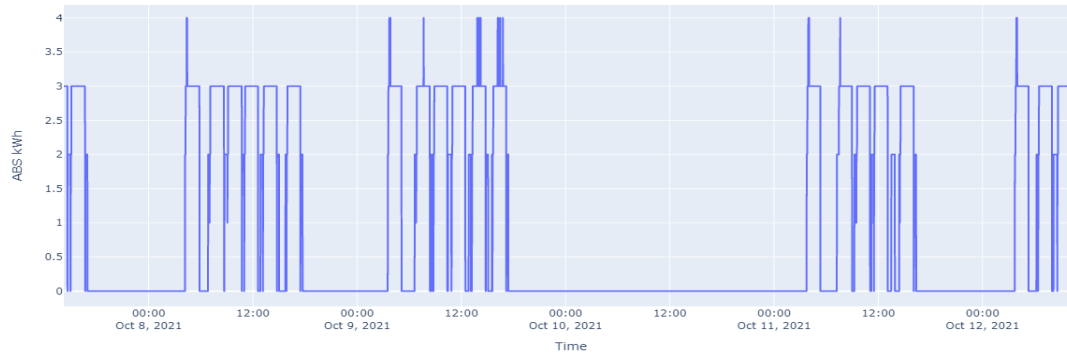


Nota. Los datos graficados fueron obtenidos del analizador de redes.

La figura 45 muestra un comportamiento constante de ciclos de subida y bajada, este comportamiento es normal en este tipo de equipos, ya que alimenta una prensa, por ley de conservación en la energía, se esperaría el mismo comportamiento como un capacitador.

Figura 46.

Potencia en kWh vs. tiempo total de medición del horno Argyll

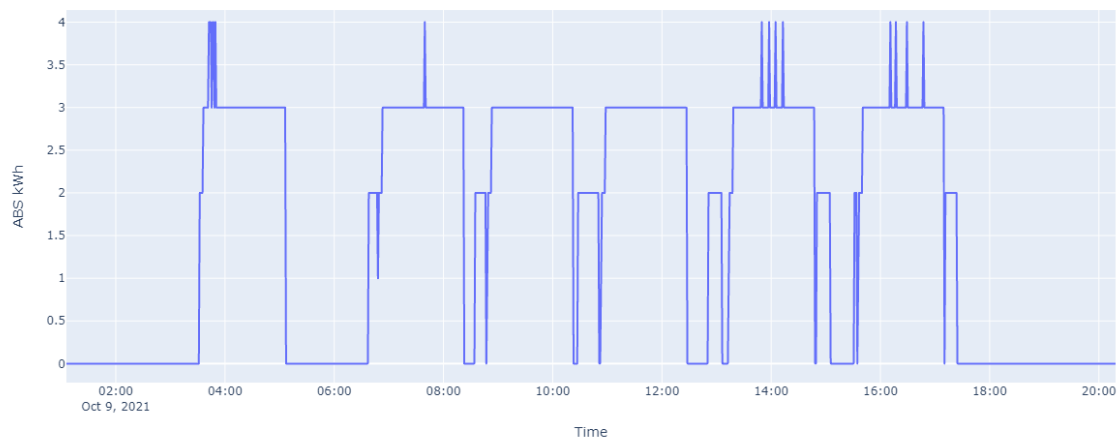


Nota. Los datos graficados fueron obtenidos del analizador de redes.

En la figura 46 se puede ver el comportamiento de consumo del ventilador del Horno argyll, se realizó la conexión trifásica y se inició la medición el 07 de octubre de 2021 hasta el 12 de octubre de 2021, en este periodo de medición el horno no estuvo en funcionamiento el 10 de octubre, se observa que el pico máximo es de 4 kW/h, a continuación, en la gráfica 25 se analiza un turno de operación en la tarde de las 2 pm a las 6 pm.

Figura 47.

Potencia en kWh vs. Tiempo de operación para un turno del horno Argyll

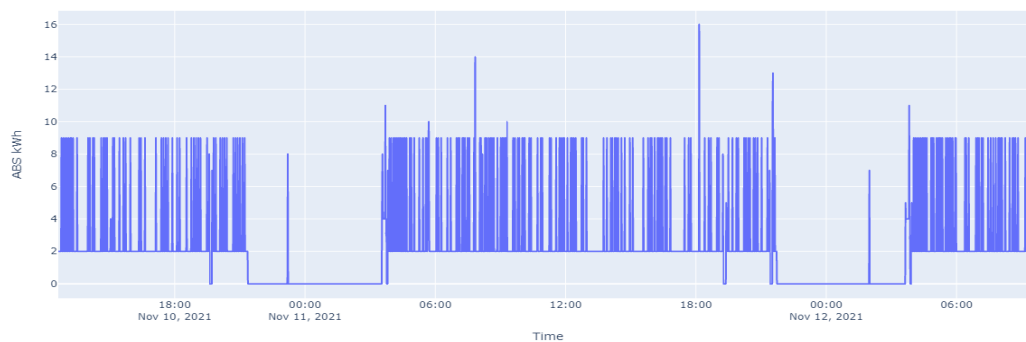


Nota. Los datos graficados fueron obtenidos del analizador de redes.

En la figura 47 se identifican valles que se pueden asociar a los tiempos de ingreso y salida de los carros cargados con las botas, en general el comportamiento de consumo es constante de 3 kW/h cuando la maquina está funcionando, presentando bajas perturbaciones.

Figura 48.

Potencia en kWh vs. tiempo total de medición de la caldera



Nota. Los datos graficados fueron obtenidos del analizador de redes.

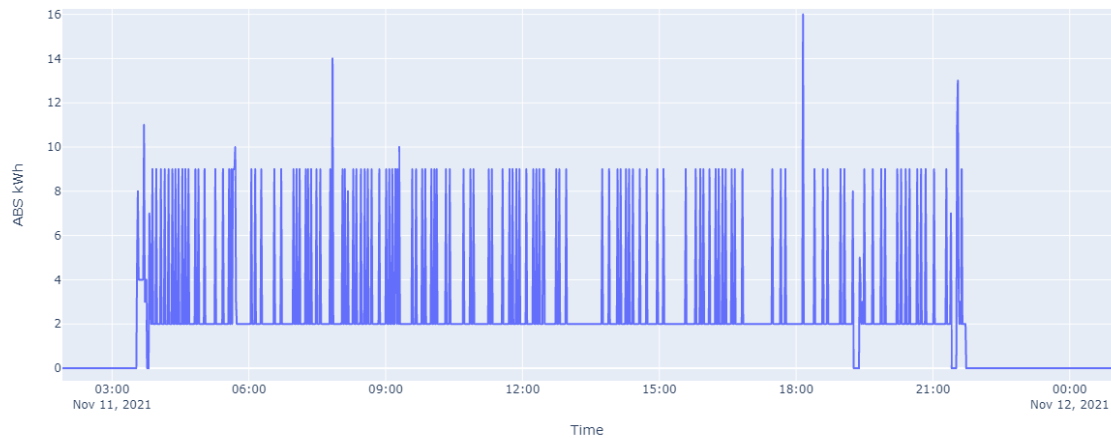
En la figura 48 se observa los resultados de las mediciones realizadas con conexión trifásica del 10 de noviembre hasta el 12 de noviembre, este equipo opera 24 horas que consume energía cuando la operación está activa, del periodo de medición la planta no tuvo operación en la noche del 11 y 12 de noviembre, el consumo promedio está un rango de 2 kW/h hasta 9 kW/h.

En la figura 49 se observa el comportamiento del 11 de noviembre desde las 3 pm hasta las 9 pm, presenta 3 picos de tiempo corto donde se va el consumo a 0 que se pueden asociar a bajas en la red de energía, el pico máximo es de 16 kW/h, el comportamiento de consumo es constante presentando bajas perturbaciones.

En el procesamiento de los datos se identificó que los siguientes equipos: acumulador de baja, acumulador baja de reserva y sistema de extracción banbury, no registraron la potencia durante la medición, se relaciona este error a una mala conexión del equipo, se recomienda reprogramar las mediciones en estos tres equipos con el área de producción y mantenimiento.

Figura 49.

Potencia en kWh vs. Tiempo de operación para un turno de la caldera



Nota. Los datos graficados fueron obtenidos del analizador de redes según.

Los datos registrados por el analizador se procesaron y condensaron para cada equipo, en la tabla 25 se presentan los datos de consumo en kW/h y el factor de potencia, los cuales son relevantes para determinar los equipos con mayor consumo y desperdicio de energía.

Un motor que opera a un voltaje menor al voltaje nominal (indicado por el fabricante), presentará dificultades que afectan directamente a la eficiencia, sin embargo, el voltaje de alimentación puede diferir del voltaje nominal, de acuerdo a la norma IEC60034-30 las variaciones de voltaje no pueden exceder $\pm 5\%$. Para los equipos seleccionados se graficó el voltaje registrado por el analizador para cada fase vs. el periodo de tiempo registrado, a continuación, se presentan las gráficas y el análisis del porcentaje de variación entre las fases para los equipos con mayor oportunidad de mejora.

Tabla 24.

Datos procesados consumo kW/h y factor de potencia del registro del analizador de redes

Máquina	Registro analizador de redes				
	kW/h Promedio	kW/h Máximo	Factor de potencia Promedio	Factor de potencia mínimo	Factor de potencia máximo
Sistema enfriamiento bombeo	2,00	2,000	0,231	0,212	0,273
Molino 42"	4,085	15,000	0,238	0,003	0,570
Molino 60"	8,487	27,000	0,306	0,032	0,652
Calander 60	1,423	53,000	0,136	0,022	0,527
Calander 26	2,250	6,000	0,324	0,089	0,559
Calander 16	6,400	9,000	0,572	0,271	0,745
Struder	1,969	4,000	0,231	0,212	0,273
Toggle	1,000	1,000	0,266	0,089	0,511
Troqueladora Han Jin	2,154	7,000	0,315	0,206	0,823
Acumulador de alta	1,550	2,000	0,610	0,440	0,760
Acumulador de baja	0	0	0	0	0
Acumulador baja de reserva	1,855	5,000	0,383	0,163	0,811
Sistema de extracción banbury	10,999	11,000	0,191	0,012	0,799
Horno	2,812	4,000	0,698	0,195	0,765
Caldera	2,934	16,000	0,557	0,199	
Bomba prensas Nagatuck	2,648	7,000	0,585	0,299	0,849
Compresor	8,070	17,000	0,578	0,548	0,764

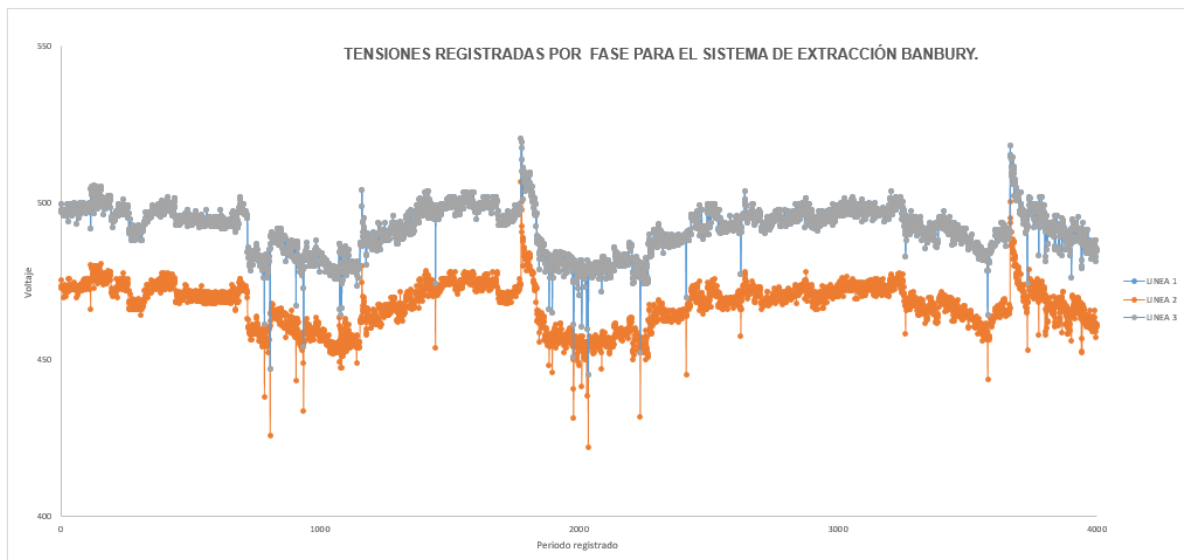
Nota. Los datos consignados en la tabla, es el promedio, mínimos y máximos de los valores de potencia, y factor proporcionado por el analizador.

En la figura 50 se observa el comportamiento registrado del voltaje en las tres fases para el sistema de extracción Banbury, las fases 1 y 2 no presentan variaciones entre ellas, la fase 3 presenta una variación de aproximadamente 2,5% en comparación con las otras fases. Este equipo tiene un voltaje nominal de 440 V, pero está trabajando con un voltaje promedio de 483 V, 10% mayor al nominal. Trabajar por encima del voltaje nominal aumenta la corriente de arranque, que a su vez incrementa

la temperatura afectando la vida útil del motor y generando pérdidas de energía que reducen el factor de potencia.

Figura 50.

Tensión por fase vs. tiempo de medición para el sistema de extracción Banbury

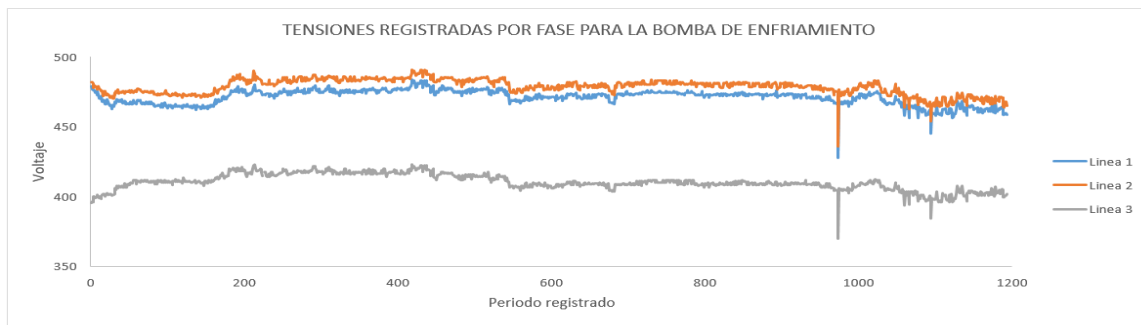


Nota. Basado en los datos registrados por el analizador.

En la figura 51 se observa el comportamiento registrado del voltaje en las tres fases para la bomba de enfriamiento, este equipo tiene un voltaje nominal de 440 V y está trabajando en promedio a 453 V aproximadamente con un 3% de variación por encima del voltaje nominal, dentro del rango permitido, no obstante entre las fases se presentan desfases mayores con variaciones entre el 7% y 10% con respecto al voltaje nominal, presentando una condición de desbalance como se demuestra en la gráfica, el desbalance genera pérdidas de potencia a la salida y por ende reduce el factor de potencia.

Figura 51.

Tensión por fase vs. tiempo de medición para la bomba de enfriamiento



Nota. Basado en los datos registrados por el analizador.

En la figura 52 se observa el comportamiento registrado del voltaje en las tres fases para el equipo de molino 60", este equipo tiene un voltaje nominal de 440 V y está trabajando en promedio a 95,056 V, aproximadamente con un 22% de variación, incumpliendo la normativa. En la gráfica se puede identificar que durante la operación todas las fases presentan en el comportamiento de voltaje valles cercanos a 0 por largos periodos de tiempo, esto se puede asociar a caídas de tensión en la red, se recomienda realizar seguimiento y revisión de manera urgente a la red que alimenta a este equipo.

Cuando el motor está operando a un voltaje inferior se reduce la velocidad mecánica generando dificultades para trabajar la carga, el equipo también pierde la posibilidad de ejercer el torque que la máquina requiere para llevar la carga produciendo un efecto de frenado, el equipo se sobre esfuerza aumentando la corriente eléctrica generando un incremento de temperatura por las pérdidas.

En la figura 53, se observa el comportamiento registrado del voltaje en las tres fases para el equipo Calander 60", este equipo tiene un voltaje nominal de 440 V y está trabajando en promedio a 284 V, aproximadamente con un 35% de variación por debajo del voltaje nominal. Por su parte la fase 1 opera con variaciones menores al 1%, pero la fase 2 y 3 presentan un desbalance que afecta el comportamiento general del voltaje.

Como se ha mencionado para otros equipos operar a voltajes inferiores al nominal afecta directamente la eficiencia y vida útil del motor.

Figura 52.

Tensión por fase vs. tiempo de medición para la bomba de enfriamiento



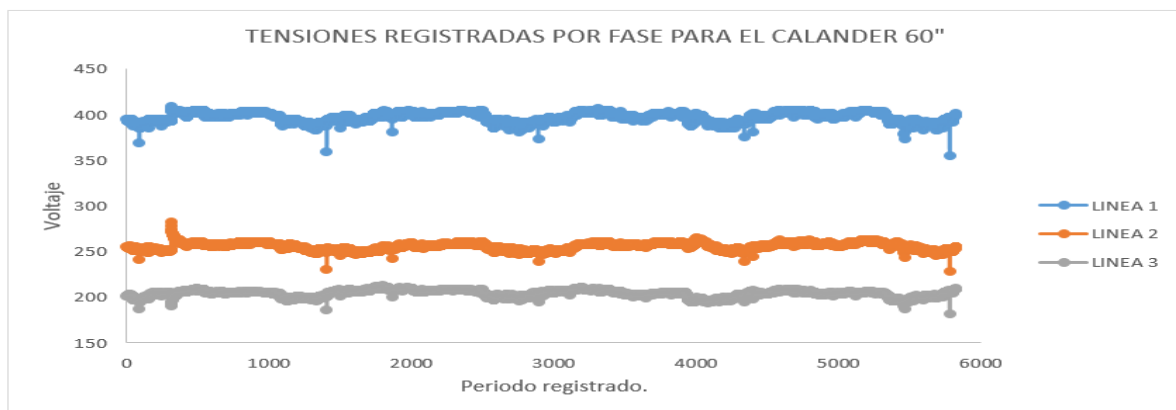
Nota. Basado en los datos registrados por el analizador.

En la figura 54, se observa el comportamiento registrado del voltaje en las tres fases para el equipo Calander 26", este equipo tiene un voltaje nominal de 440 y está trabajando en promedio a 277,16 V, aproximadamente con una variación del 37% por debajo del voltaje nominal, incumpliendo la normatividad.

El comportamiento de voltaje en las fases de este equipo se encuentra en desequilibrio, es similar al del calander 60 equipo que se encuentra ubicado en la misma zona de la planta, se recomienda hacer revisión urgente a la red de esta zona.

Figura 53.

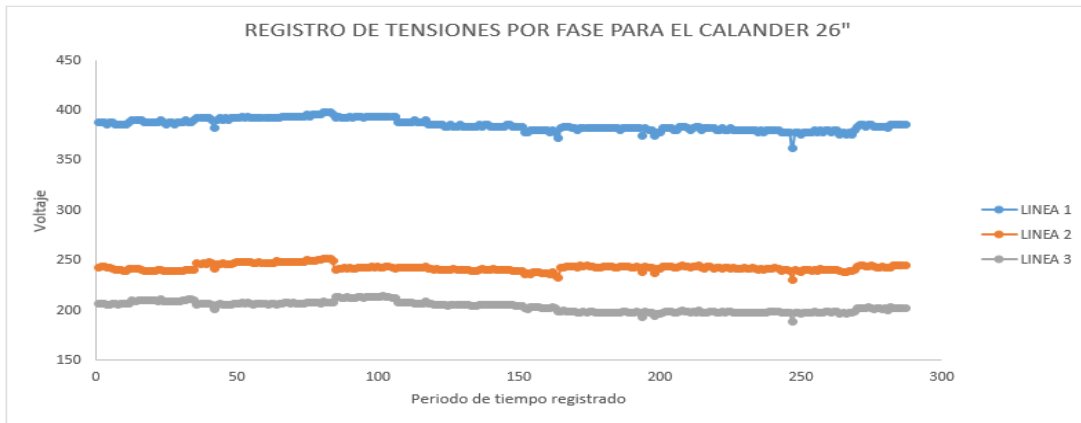
Tensión por fase vs. tiempo de medición para el calander 60"



Nota. Basado en los datos registrados por el analizador.

Figura 54.

Tensión por fase vs. tiempo de medición para el calander 26"

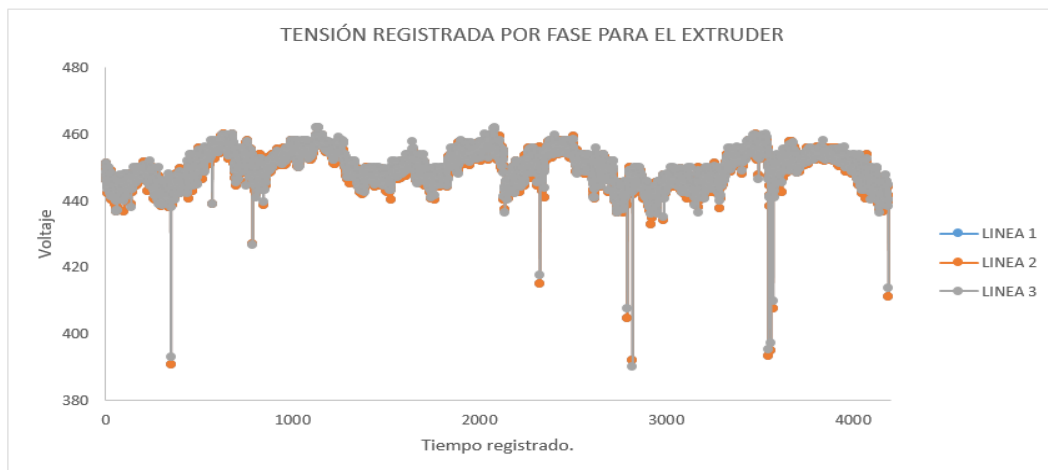


Nota. Basado en los datos registrados por el analizador.

En la figura 55, se observa el comportamiento registrado del voltaje en las tres fases para el equipo Strudder, este equipo tiene un voltaje nominal de 440 V y opera en promedio a un voltaje de 449,93 presentando variaciones de aproximadamente 2% por encima del voltaje nominal, dentro del rango permitido por la normatividad al igual que la variación entre fases presenta un comportamiento equilibrado.

Figura 55.

Tensión por fase vs. tiempo de medición para el calander Strudder.

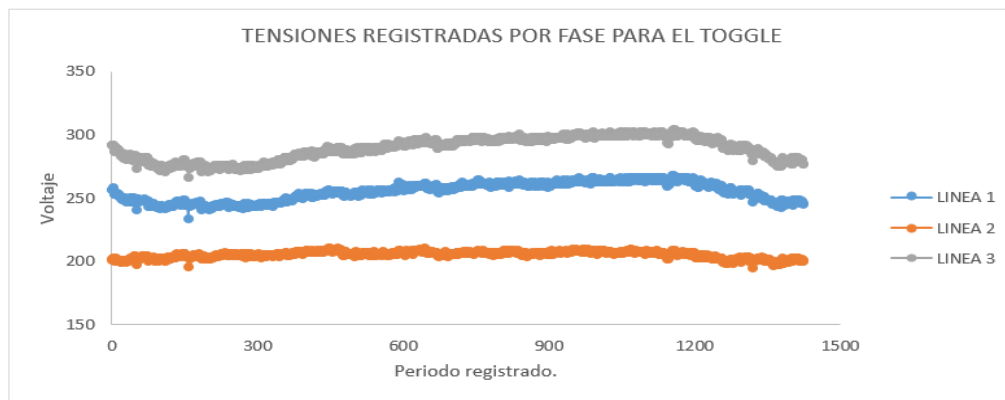


Nota. Basado en los datos registrados por el analizador.

En la figura 56, se observa el comportamiento registrado del voltaje en las tres fases para el equipo Toggle”, este equipo tiene un voltaje nominal de 220 V y opera en promedio a 249,17 V, presentando variaciones de aproximadamente el 43% siendo uno de los equipos con mayor variación.

Figura 56.

Tensión por fase vs. tiempo de medición para el Toggle



Nota. Basado en los datos registrados por el analizador.

La baja eficiencia de los equipos de la línea de caucho tiene un fuerte impacto en el costo final de la energía que se paga en la factura, a continuación, se presenta en la tabla 24 un análisis del consumo anual de energía que genera cada equipo.

3. DISEÑO ENERGÉTICO PLAN DE MEJORA EFICIENCIA

3.1. Plan de diagnóstico y mantenimiento preventivo para la caldera

El diseño propuesto para la caldera es mantener sus configuraciones iniciales de funcionamiento. Al principio la caldera Colmáquinas de 300 BHP, presentó una configuración de instalación que con el tiempo que se espera que vaya disminuyendo.

La optimización de la relación entre el aire y el combustible es una de las maneras más fáciles de aumentar la eficiencia de la caldera, para las calderas a gas natural se recomienda un 10% de exceso de aire, ya que si se hace por debajo de este valor los resultados pueden disminuir la eficiencia. Sin embargo, el quemador que tiene la caldera en Croydon Colombia S.A se cambió en diciembre de 2020, por lo tanto, se asume que su funcionamiento es óptimo, para mantener esto se recomendará un mantenimiento que compone de diferentes actividades.

Los factores por los que se decidieron las actividades a realizar según el plan de mantenimiento, teniendo en cuenta la caracterización de la caldera, fueron las siguientes:

3.1.1 Pérdidas de calor

Las pérdidas de calor se deben a la diferencia de temperaturas que hay entre la superficie y el ambiente, ya que la caldera se encuentra a una temperatura mayor y por acción de convección o radiación va perdiendo calor con el paso del tiempo. Para contrarrestar estas pérdidas siempre se debe tener un aislamiento, que inicialmente se tienen instalado, pero al pasar el tiempo este se va deteriorando y mantenerlo es un punto clave cuando se quiere aprovechar el calor. El factor que hace tomar acciones frente al aislamiento son las tuberías que presentan una temperatura 10- 15 ° C por encima de la temperatura ambiente y su aislamiento se encuentra deteriorado, por lo tanto, se deben tomar medidas correctivas frente al aislamiento.

3.1.2 Red de distribución del vapor

El vapor se usa en Croydon para transportar energía al equipo requerido, este se genera calentando agua en la caldera, quemado por gas natural, se expande en la distribución de tubería, después, se retorna. La distancia recorrida produce una pérdida de calor y, por lo tanto, se condensa este vapor. Nuevamente regresa a la caldera y se convierte así en un proceso cerrado. La distribución con que cuenta Croydon, no utiliza bombas de circulación del flujo de vapor, ya que es impulsado por la caída de presión. Emplea una tubería principal con 10" y de allí se desprende una ramificación de 7 tuberías de diámetro más pequeño 3" respectivamente, que transportan el vapor para llegar a los equipos. Las mismas cuentan con válvulas de aguja para regular la salida del caudal, como anteriormente se mencionaba, mientras el proceso pierde calor, el vapor se convierte en condensado. Para drenarlo se usan las trampas de vapor. En este proceso se espera que se elimine condensado contaminado, por lo que se debe agregar agua de reposición.

Actualmente, no se realiza un seguimiento de este vapor, medidas, ni presión de las tuberías, por lo tanto, es una actividad que se debe empezar a realizar, pues el monitoreo del condensado va a permitir evaluar el buen funcionamiento de la caldera y la red de vapor.

3.1.3 Fugas de vapor

Las temperaturas y las presiones altas que varían con el tiempo son una causa del desgaste en las tuberías y válvulas. Estas son inevitables y empeoran con el tiempo. Debido a estas fugas la eficiencia de la caldera se ve afectada, ya que deberá quemar más combustible para formar más vapor y compensarse. En Croydon Colombia S.A, se presentan varias fugas en el recorrido de vapor, lo que adicional del gasto de combustible, puede generar un ambiente de trabajo de riesgo para los operarios.

Una de las actividades propuestas son la búsqueda periódicamente de fugas en el sistema, se recomienda hacerlo junto al área de mantenimiento y etiquetarlas según la clasificación de gravedad.

3.1.4 Perdidas por contaminación de condensado y vapor

En cuanto a la puesta en marcha de la caldera, se pueden presentar pérdidas de agua, la consecuencia que trae esto es que se bloquean por acumulación en el fondo de la caldera y las superficies de calor. Este mantenimiento preventivo tiene como objetivo conservar y conocer el estado de la máquina para anticipar acciones que pueden impacten negativamente la producción normal que tiene la empresa.

3.1.5 Temperaturas mínimas de escape

Recuperar el calor de los gases de escape de la chimenea, también puede ser un método para mejoramiento de la energía en la caldera. Hay que asegurarse que la temperatura de vapor sea mayor a la temperatura de escape. Sin embargo, el gas natural no debe reducirse hasta el límite de 105°C. [8]

Las temperaturas mayores a este valor, puede ser contraproducentes, ya que al condensarse el gas puede generar corrosión dentro de la superficie.

3.1.6 Retorno de condensado

El condensado que es retornado a la caldera tiene una temperatura mayor a que el agua que entra al precalentador, esta se encuentra a temperatura ambiente, por lo tanto, podemos aprovechar esta energía. Si el condensado se pierde, hay que considerar que este ya se encuentra pre tratado por dureza, por lo tanto, estaríamos desaprovechando este proceso. Al garantizar que se recupera la mayoría de ese condensado en la caldera, estamos disminuyendo combustible, ahorrando el consumo de agua y el costo por tratamiento de esta.

3.1.7 Monitoreo de flujos de vapor

Monitorear el vapor de salida de la caldera, nos da información sobre que tanto se puede estar usando en los equipos, cuantas perdidas cuantificables entre fugas y recuperación de condensado. Podemos mejorar la eficiencia en cuanto al consumo de combustible empleado, ya que al tener una lectura diaria se puede comparar los saltos y disminución en la demanda de vapor.

3.1.8 Ventajas al incorporar el plan de mantenimiento

Las ventajas que se conseguirán implementando el plan de mantenimiento considerando las anteriores recomendaciones son las siguientes:

1. Evitar pérdidas de calor, con la correcta inspección y caracterización del aislamiento.
2. Aprovechamiento de combustible, al identificar y corregir fugas (que corresponde al mayor consumo de combustible). Hacer un seguimiento periódico de su estado así poder accionar y evitar fugas.
3. Monitoreo de flujos tanto de vapor, combustible y aire, al tener un control de estas variables se podría ajustar para conseguir el rendimiento deseado.
4. Medición de emisión de gases de combustión y chimenea, para evitar hidrocarburos no quemados y de esta manera minimizar los contaminantes indeseables.
5. Revisión y monitoreo del condensado, aprovechando el agua ya tratada, adicional incorporar un plan periódico de purgas para evitar contaminación de este.
6. El seguimiento de la presión en las tuberías puede generar ventajas porque conociendo la presión y asegurando que la misma se encuentre a un alto valor puede generar cargas variables con mayor facilidad, debemos asegurarnos que las tuberías se encuentren correctamente aisladas y sin fugas, de lo contrario se presentarían mayores pérdidas en calor o temperatura de escape.

3.1.9 Propuesta plan de mantenimiento caldera

El plan de mantenimiento se diseñó principalmente para conocer el estado actual de la caldera. Se busca informar las anomalías u observaciones que se han presentado, llevar un registro y tener un control para prevenir las fallas que se pueden ocasionar. Con el tiempo, la caldera no tendrá la misma eficiencia, sin embargo, mantener su funcionamiento correcto se traduce en prevenir fallas graves o paradas en el suministro de energía térmica.

Describiendo una a una las tareas a realizar se pueden definir el tiempo estimado que se podría implementar, adicionalmente un valor estimado anual del presupuesto que se debe tener.

3.1.10 Cronograma de actividades

Se tomaron en cuenta las actividades ya implementadas por Croydon Colombia actualmente como limpieza de caldera, tratamiento de corrosión y purgas diarias, según la frecuencia que estas se ejecutan se tomaron en cuenta para agregar las siguientes actividades y se cruzan para aprovechar la parada de vapor en el sistema.

Por lo tanto, se programó la frecuencia de las actividades como se muestra en la tabla 26.

Tabla 25.

Programación de actividades junto a la frecuencia propuesta

PROGRAMACIÓN	
Actividades	Frecuencia
1. Purga diaria de la columna de agua.	Diario
2. Mantenimiento y limpieza del sistema de alimentación de agua.	Mensual
3. Verificación de la limpieza de ventilador.	Mensual
4. Regeneración de suavizador	Mes y medio.
5. Revisión de tuberías y válvulas registrando la presencia de fugas.	Trimestral
6. Comprobar el nivel más bajo que tiene la caldera de condensado.	Trimestral
7. Lubricación o engrase de motores según sea necesario.	Trimestral.
8. Mantenimiento del sistema de combustión.	Semestral.
9. Revisar el estado de ensuciamiento de los tubos.	Anual.
10. Tratamiento anticorrosión en secciones. (Preventivo)	Anual.
11. Estudio Isocinético de emisión de gases.	Anual.

Nota. La tabla muestra el nombre de la actividad y la frecuencia, el operario deberá registrar en los formatos proporcionados la realización de cada una.

En el anexo 6 se puede ver la plantilla para el cronograma de actividades, en el mismo se proyecta una posible fecha calendario con la semana que se debería implementar.

3.1.11 Control de actividades

Para tener un control de cada una de las actividades a desarrollar, se debe registrar que se cumplió y se llevó a cabo cada una de las rutinas consignadas.

A continuación, en la figura 57, se explica cada uno de los campos en el control.

Figura 57.

Control de actividades, demarcado con los espacios que lo conforman.

El formulario 'CONTROL DE ACTIVIDADES' de 'croydon' incluye los siguientes campos:

- AÑO** (campo superior derecho)
- FECHA Y HORA** (campo superior derecho)
- DESCRIPCIÓN:** (campo principal con subtítulo 'Actividad 1: Purga diaria de la columna de agua') - etiquetado con **A**
- FRECUENCIA:** (campo con opción 'SEMANAL') - etiquetado con **B**
- RUTINA:** (campo con tres sub-entradas) - etiquetado con **C**
 - En la caída: Abrir las válvulas de fondo completamente, cerrar y repetir el proceso.
 - En tanque de condensado: Abrir y cerrar todas las válvulas, después, abrir la válvula del fondo y cerrar.
 - En la columna de agua: Abrir completamente las válvulas e inmediatamente cerrar. Repetir el proceso una vez más.
- VALIDACIÓN:** (columna con casillas de verificación) - etiquetado con **G**
- OBSERVACIONES:** (campo para notas) - etiquetado con **D**
- REALIZADO POR:** (campo para el nombre del operario) - etiquetado con **E**

Nota. Se explica cada campo para el control de actividades, este formato debe ser diligenciado por el operario.

Según la imagen anterior, se pueden contemplar las líneas rojas con la letra correspondiente. Donde:

- Descripción: Tendrá una breve descripción de la actividad y su objetivo
- Rutina: Describe cada una de las acciones que se deben realizar para terminar la actividad, se deben validar en la casilla. Si no se validan las acciones no se podrá considerar la actividad como "Completada"
- Observaciones: Se presentarán las herramientas usadas, si se presentó una falla o anomalía al realizar la actividad.
- Realizado por: Se registrará el operario a cargo de la actividad.
- Frecuencia: La periodicidad donde se debe repetir la actividad.

- f. Año: Se registra el año con el objetivo de archivarlo por año.
- g. Fecha y hora: Por motivos de operación se debe registrar la fecha y hora para argumentarlo frente a producción.

3.1.12 Recomendaciones

Se sugiere a la compañía para mantener la eficiencia de la caldera Croydon Colombia S.A, implementar los registros de plan de mantenimiento predictivo anteriormente mencionado, y con el tiempo ir digitalizando la recolección de los datos y su procesamiento de la información.

Por otro lado, al realizar actividades como purga que deben llevarse a cabo tres veces por turno, capacitar al personal de mantenimiento en los tres turnos a realizar esta actividad. Se debe tener un operario responsable de la caldera que se identifiquen las funciones que debe efectuar.

Uno de los principales enfoques que se busca es cumplir con las normas establecidas por el Sistema de Riesgos Laborales asegurando así la integridad de los operarios al ejecutar su actividad laboral. Por lo tanto, se recomienda la demarcación de las zonas de equipos como caldera, precalentador, suavizador, junto a la zona por la que se puede transitar y señalizando su riesgo de accidente como riesgo de quemaduras, o riesgo a la exposición.

3.2. Motores eléctricos

Este capítulo se centra en el consumo de los sistemas que se alimentan de energía eléctrica. Con el diagnóstico realizado con el analizador de redes y presentado en el capítulo 3, se seleccionaron los equipos con mayor oportunidad de mejora considerando los criterios de selección: el factor de potencia (los que presentan un menor valor), consumo de potencia instantánea (los que tuvieron un pico alto de consumo) y tiempo de uso en el proceso. De acuerdo con estos criterios, se presentan los equipos que van a ser evaluados y posteriormente modificados para mejorar la eficiencia.

3.2.1 Factor de potencia bajo

Dentro de los datos proporcionados por el analizador de redes, el factor de potencia promedio de las máquinas se registró en la tabla 25, presentando mínimos de 0,19 y máximos de 0,61. Lo que refleja este factor de potencia es la relación que existe entre la potencia absorbida por el motor y el trabajo entregado a la operación.

En conclusión, se estima que los motores activos en Croydon Colombia S.A están aprovechando aproximadamente del 20% al 60% de la energía eléctrica entregada. Si bien se considera que la energía eléctrica no es ideal porque se presenta pérdidas de calor por fricción-viento, magnética en el núcleo o resistivas, se evidencia que el 70% de las máquinas tiene factores de potencia menores a 0,4, lo que traduce un rendimiento más bajo de lo esperado.

3.2.2. Potencia instantánea con picos altos

Con los datos proporcionados por el analizador se puede considerar un consumo promedio de la energía, con mínimos y máximos esperados. Sin embargo, algunas de las mediciones registraron desfases de 53 kW (Como es el caso del Calander 60"). Esto implica un pago de energía eléctrica mayor al prestador de servicio, como se explicaba anteriormente esto se puede presentar por trabas en el sistema que sobre esfuerzo el motor.

3.2.3 Tiempo de uso en el proceso

Los equipos que actualmente cuenta la compañía son motores adquiridos hace 80 años. Algunos cuentan con rebobinado, al hacer este proceso se pierde del 1-2% de eficiencia, también se pueden presentar reconstrucciones incompletas.

Es importante considerar que la vida útil de un motor puede variar de los 15-20 años, por lo tanto, se encuentra una gran oportunidad de mejora, ya que el uso de motores de alta eficiencia puede reducir costos hasta un 40% del costo actual.

Por lo tanto, teniendo en cuenta la tabla 6 y los datos graficados en el capítulo 3 se tomó la decisión de centrarse a los siguientes motores:

3.2.3.a Sistema de bombeo. El factor de potencia promedio que se presentó en la medición fue de 0,231 kW. Como se explicó en la gráfica 6, este motor fue el único que no tuvo cambios de potencia durante el tiempo, se supuso que la bomba podría estar sobredimensionada. Adicionalmente, se consideró que este motor funciona las 24 horas del día, por lo tanto, tiene una demanda de energía eléctrica constante.

3.2.3.b. Molino 60". Con un factor de potencia promedio de 0,306 kW, se consideró, ya que alimenta cuatro operaciones de la línea del caucho, es decir, su consumo eléctrico es frecuente, y su consumo promedio por turno es de 8 horas.

3.2.3.c. Calander 60". El factor de potencia promedio es de 0,136 kW cuenta con el pico más alto de consumo registrado 53 kW, al ser un motor adquirido hace aproximadamente 80 años la compañía no cuenta con un manual del equipo, o información del mismo.

3.2.3.d. Calander 26". El factor de potencia promedio registrado fue de 0,324 kW. Al igual que los anteriores motores no se cuenta con información del manual. Tiene un consumo de energía eléctrica total de 5 horas por turno.

3.2.3.e Strudder. Factor de potencia de 0,231 kW. Consume 6 horas al día, es un motor antiguo, no cuenta con manual.

3.2.3.e. Toggle. Factor de potencia 0,266 kW. Consume energía eléctrica por 8 horas, tiene un motor antiguo, no cuenta con manual.

3.2.4 Especificación y caracterización actual

Para los motores seleccionados se recopilaron las especificaciones consignadas en la tabla 27, la información presentada se obtuvo del procesamiento de los datos obtenidos del analizador de redes y la información proporcionada por el departamento

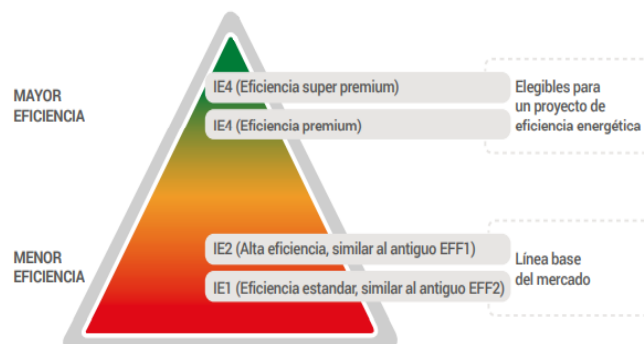
de mantenimiento. No se pudo recolectar información directa de las placas del motor debido a su antigüedad se encuentra deteriorada y la información ya no es visible. Todos los equipos seleccionados son de tensión trifásica y su nivel de eficiencia se clasifica como IE2, de acuerdo a la normativa IEC60034-30, estos motores son de baja eficiencia y se pueden denotar como estándar, la clasificación de nivel de eficiencia se puede ver en la imagen 25.

Los parámetros de voltaje, corriente teórica y potencia nominal se obtuvieron de la información recopilada en el departamento de mantenimiento, los parámetros de voltaje promedio real, corriente promedio real, potencia máxima, potencia aparente, factor de potencia y frecuencia se obtuvieron en el procesamiento de datos del analizador de redes.

Figura 58.

Clasificación de nivel de eficiencia para motores

IEC60034-30



Nota: Los motores de eficiencia premium IE4 E IE3 se pueden usar para proyectos de eficiencia energética. MGM International,” Guía para la Evaluación de Elegibilidad de Financiación de Proyectos de Eficiencia Energética. Tipo de Proyecto: Aire Comprimido. Lima: CAF.”, 2018 Disponible en: <http://scioteca.caf.com/handle/123456789/1296>

Tabla 26.

Especificaciones de los motores seleccionados para cambio

Especificación	Equipo						
	Sistema de enfriamiento de bombeo	Sistema de extracción Banbury	Molino 60"	Calander 60"	Calander 26"	Strudder	Toggle
Tensión	Trifásico	Trifásico	Trifásico	Trifásico	Trifásico	Trifásico	Trifásico
Voltaje Promedio real	453	483	95	284	277	450	249
Corriente Promedio real	10	4	55	17	15	3	5
Potencia Nominal [HP]	23	60	125	125	40	25	8
Potencia Nominal [kW/h]	17	45	93	93	30	19	6
Potencia Máxima[kW/h]	2	11	27	53	6	4	1
Potencia Máxima [hp]	3	15	36	71	8	5	1
Potencia aparente [kW/h]	2	11	8	1	2	2	1

Tabla 27. Continuación

Frecuencia (Hz)	60	60	60	60	60	60	60
Factor de potencia	0,23	0,19	0,31	0,14	0,32	0,23	0,27
Factor de carga	1	1	0	0	0	0	1
Nivel de eficiencia	IE2	IE2	IE2	IE2	IE2	IE2	IE2
Eficiencia (%)	12	25	9	2	8	11	18

Nota. Las especificaciones se obtuvieron de la medición con el analizador de redes y la información del departamento de mantenimiento. El factor de carga relaciona la demanda medida en un periodo de tiempo con la demanda máxima del mismo, esta medida permite ver que tan eficiente es el uso de la energía eléctrica. Factores de carga altos indican que hay un uso de la energía constante. Para calcular el factor de carga se usó la siguiente ecuación 6, el resultado del cálculo para los equipos seleccionados se presenta en la tabla 28.

Ecuación 6.

$$\text{factor carga \%} = \frac{\text{Potencia medida}}{\text{Potencia máxima medida}} * 100$$

Los motores eléctricos no pueden convertir completamente en energía mecánica la energía eléctrica que consumen, la relación de potencia mecánica suministrada y potencia eléctrica consumida representa la eficiencia del motor, esta eficiencia viene especificada por el fabricante, pero como se mencionó antes no se tiene acceso a esta información y los motores han pasado procesos de rebobinado que generan cambios en la eficiencia. Teniendo en cuenta lo anterior se decide calcular la eficiencia con la ecuación 7, los resultados se presentan en la tabla 23.

Ecuación 7.

$$\text{Eficiencia \%} = \frac{\text{Potencia Real}}{\text{Potencia Nominal}} * 100$$

Tabla 27.

Resultados de factor de carga y eficiencia para los equipos seleccionados

Equipo	Especificación		
	Factor de carga	Nivel de eficiencia	Eficiencia (%)
Sistema de enfriamiento de bombeo	1,00	IE2	11,66
Sistema de extracción Banbury	1,00	IE2	24,58
Molino 60"	0,31	IE2	9,11
Calander 60"	0,03	IE2	1,53
Calander 26"	0,37	IE2	7,54
Struder	11,66	IE2	10,56
Toggle	1,00	IE2	17,88

Nota. Los valores de factor de carga y eficiencia se obtuvieron con la ecuación 5 y 6.

Se analizó el costo de energía para la línea de caucho en la tabla 30, usando los datos de consumo anual reportados en la tabla 29 y la tarifa de energía eléctrica de \$479,58 por kW/h, valor suministrado por el departamento de ingeniería ambiental.

Teniendo como referencia los gastos en energía del año 2020, se podría decir que actualmente la línea de caucho representa el 76,5 % de este gasto, los equipos relacionados consumen 780.419 kWh por año lo que representa un costo de \$1.846.414.204

Tabla 28.

Consumo total actual promedio de la línea de caucho

Equipo	Parámetro		
	Consumo promedio [kW/h]	[kW/día]	[kW/año]
Sistema de enfriamiento de bombeo	2	48	14.400
Sistema de extracción Banbury	11	44	52.795
Molino 60"	8	68	20.369
Calander 60"	1	11	3.415
Calander 26"	2	11	3.375
Strudder	2	12	3.544
Toggle	1	8	2.400
Banbury	176	704	211.054
Molino 72	338	1.353	405.858
Molino 42"	4	12	3.677
Calander 16	6	19	5.760
Troqueladora Han Hin	2	13	3.877
Acumulador de alta	2	12	3.720
Acumulador Baja de reserva	2	15	4.452
Horno de vulcanización	3	22	6.749
Compresor	3	23	6.808
Caldera	3	70	21.125
Bomba prensas Nagatuck	3	23	7.042
Total	570	2.469	780.419

Nota. En esta tabla se muestra el consumo anual de cada equipo, basado en el consumo promedio medido por el analizador y las horas de trabajo promedio

Tabla 29.

Costos anuales y diarios de la energía para la línea de caucho

Equipo	Parámetro	
	\$/día	\$/Año
Sistema de enfriamiento de bombeo	\$23.020	\$165.742.848
Sistema de extracción banbury	\$21.100	\$25.319.522
Molino 60"	\$32.562	\$78.147.753
Calander 60"	\$5.460	\$13.102.893
Calander 26"	\$5.395	\$8.092.913
Struder	\$5.666	\$10.198.365
Toggle	\$3.837	\$9.207.936
Banbury	\$337.390	\$404.868.342
Molino 72	\$648.805	\$778.565.519
Molino 42"	\$5.877	\$5.289.528
Calander 16	\$9.208	\$8.287.142
Troqueladora Han Jin	\$6.198	\$11.156.565
Acumulador de alta	\$5.947	\$14.272.301
Acumulador Baja de reserva	\$7.117	\$17.080.721
Horno de vulcanización	\$10.789	\$25.892.716
Compresor	\$10.883	\$26.347.821
Caldera	\$33.770	\$243.144.758
Bomba prensas Nagatuck	\$11.257	\$27.016.084
Total	\$1.184.279	\$1.871.733.726

Nota. En la tabla se muestran los costos de consumo diarios y por anuales para cada equipo.

3.2.5 Plan cambió de motores de mayor eficiencia

Los motores que trabajan con menor eficiencia consumen más energía, teniendo en cuenta lo anterior y las condiciones actuales de los motores se define como criterio de elección la eficiencia para la propuesta de los nuevos motores. Adquirir un motor

de alta eficiencia requiere una inversión que parece alta, sin embargo, la energía que consume un motor representa el 98% de sus costos totales y tan solo el 2% corresponde al valor de la adquisición. Al considerar el costo de la electricidad un motor económico de baja eficiencia puede llegar a ser el más caro de una instalación, por estas razones se puede asegurar que la inversión será compensada por el ahorro de energía especialmente en los equipos con mayor tiempo de operación.

El cambio de los motores debe realizarse con el proveedor adecuado que garantice un proceso de actualización con el menor tiempo de inactividad teniendo un calendario predefinido. En este plan de cambio se propone como proveedor a Siemens una empresa global con sede en Bogotá, esta compañía es pionera en tecnología que brinda soluciones al sector industrial, de energía, salud e infraestructura.

El primer paso para iniciar el proceso de actualización de los motores es programar una visita técnica con el proveedor, donde este pueda evaluar todos los requerimientos necesarios para la instalación, basado en las condiciones específicas de la planta el proveedor presenta una cotización que se evalúa y se aprueba, después de esto se programa el calendario de cambio. El plan que se presenta en este trabajo toma como referencia el catálogo de Siemens para mayo del 2021 [11], donde se seleccionan las referencias de acuerdo a la potencia nominal de los motores actuales, los motores seleccionados fueron de nivel de eficiencia IE3, eficiencia Premium que entra en las categorías aceptables para proyectos de eficiencia energética, se seleccionaron motores de 2 polos con velocidad promedio de 3600 rpm, en la tabla 31 se presentan las referencias seleccionadas junto a las especificaciones de tamaño y peso. En la tabla 33 se presenta el valor de la eficiencia para cada una de las referencias de motor seleccionadas para cada equipo.

Los costos de inversión e indicadores financieros para el retorno de la inversión se encuentran en el capítulo 4.2.

Tabla 31.

Referencias de motores seleccionados

Equipo	Potencia Nominal [hp]	Referencia.	Tamaño constructivo	Peso neto [kg]
Sistema de enfriamiento de bombeo	23	1LE0143-1DA46-4AA4-Z D80+D81	160 L	120
Sistema de extracción Banbury	60	1LE0143-2BA26-4AA4-Z D80+D81	225 M	327FF
Molino 60"	125	1LE0143-2DA23-3AA4-Z D80+D81	280 M	610
Calander 60"	125	1LE0143-2DA23-3AA4-Z D80+D81	280 M	610
Calander 26"	40	1LE0143-2AA46-4AA4-Z D80+D81	200 L	259
Struder	10	1LE0143-1CA16-4AA4-Z D80+D81	132 S	76
	7,5	1LE0143-1BA86-4AA4-Z D80+D81	112 M	47
	7,5	1LE0143-1BA86-4AA4-Z D80+D81	112 M	47
Toggle	8	1LE0143-1BA86-4AA4-Z D80+D81	112 M	47

Nota. Datos tomados del catálogo de siemens de acuerdo a la potencia nominal de los motores actuales.

3.2.6 Energía eléctrica ahorrada

El periodo para recuperar la inversión en un proyecto de eficiencia energética en motores varía de 2 a 4 años, sin embargo, estos periodos pueden ser menores cuando el motor reemplazado tiene una baja eficiencia, el ahorro de energía que producirá implementar el plan de cambio se determina a partir de Ecuación 8, donde el resultado se obtiene en kW/h y se muestra en la tabla 33.

Ecuación 8.

$$\text{Energía eléctrica ahorrada} = \text{Potencia nominal} \times \text{Factor de carga} \times \left(\frac{1}{\eta_{\text{actual}}} - \frac{1}{\eta} \right)$$

Donde

- η_{actual} = eficiencia del motor actual.
- η = eficiencia del motor propuesto.

Tabla 32.

Eficiencia de los motores seleccionados

Equipo	Propuesta nuevo motor
	Eficiencia
Sistema de enfriamiento de bombeo	0,914
Sistema de extracción Banbury	0,936
Molino 60"	0,950
Calander 60"	0,950
Calander 26"	0,924
Struder	0,902
	0,895
	0,895
Toggle	0,896

Nota: Se seleccionaron motores con eficiencia IE3. Catalogo Siemens Mayo 2021, disponible: <https://assets.new.siemens.com/siemens/assets/api/uuid:f8078f4c-af58-4123-a02e-3ea7f4086fbd/lp-colombia-mayo-2021-consolidada.pdf>

Con los resultados obtenidos a partir de la ecuación 8 se plantea la ecuación 9 para calcular la energía ahorrada anualmente. Los datos obtenidos se relacionan en la tabla 33, diariamente se ahorran en total con los 7 nuevos motores 953 kWh y anualmente 2.549.724 kW/año

Ecuación 9.

$$\text{Ahorro de energía anual} = \text{energía eléctrica ahorrada} \times \text{horas de operación anual.}$$

3.3. Impacto ambiental del cambio de motores

3.3.1 Emisiones de CO₂

Las emisiones en la industria manufacturera de zapatos provienen de tres fuentes uso de energía eléctrica (44%), combustión para generar energía térmica (50%) y desechos. (6%) [12]

En la tabla 34 se presenta el impacto que tendrá la energía eléctrica ahorrada anualmente con el cambio de motores en las emisiones de CO₂ producidas en la línea de caucho. En total se deja de emitir 1.657 Ton de CO₂ si se implementa el plan de cambio de estos 7 motores.

Tabla 33.

Energía ahorrada con el cambio de motores.

Equipo	Energía ahorrada [kW/h]	Energía ahorrada anualmente [kW/año]
Sistema de enfriamiento de bombeo	128	923.870
Sistema de extracción Banbury	134	161.027
Molino 60"	291	698.297
Calander 60"	161	387.122
Calander 26"	136	204.269
Extruder	77	115.068
Toggle	25	60.072
Ahorro total	953	2.549.724

Nota. La energía ahorrada se calculó a partir de la ecuación 8 y 9.

Una de las estaciones de medición de calidad del aire de Bogotá es la estación 3, ubicada en Carvajal-Sevillana. Los datos registrados muestran que las mayores concentraciones de gases GEI, como promedio diario trimestral durante el 2020 se presentaron en esta estación [13]. La reducción de emisiones que genera este plan

de cambio de motores traerá grandes beneficios mejorando la calidad del aire, reduciendo la huella de carbono y la obtención de beneficios tributarios.

Tabla 34.

Reducción de Ton de CO₂ a partir de la energía ahorrada anualmente

Equipo	Energía ahorrada anualmente [kWh/año]	Kg de CO ₂	Tn de CO ₂
Sistema de enfriamiento de bombeo	923.870	600.515	601
Sistema de extracción Banbury	161.027	104.668	105
Molino 60"	698.297	453.893	454
Calander 60"	387.122	251.629	252
Calander 26"	204.269	132.775	133
Extruder	115.068	74.794	75
Toggle	60.072	39.047	39
TOTAL	2.549.724	1.657.321	1.657

Nota. Para considerar las emisiones que genera actualmente las máquinas que procesan el caucho en Croydon Colombia S.A, se tuvo en cuenta que para 1 kW/h que produce la energía eléctrica, se emiten 0,65 kg de CO₂ de acuerdo con Mehmet Kanoğlu; Yunus A. Çengel.

3.3.2 Leyes de apoyo

Para reducir el impacto ambiental que tienen las empresas privadas o públicas, el gobierno nacional tiene programas de acuerdos para medir la huella de carbono que las mismas producen y finalmente reducirla.

Inicialmente, se presenta la ley 1931 de 2018 donde se establecen todos los objetivos a considerar para la gestión del cambio climático en Colombia y tomar acciones frente a esta problemática. Por lo tanto, decide regular y sancionar los incumplimientos por las empresas que superen los límites de CO₂, también busca incentivar a las empresas que tomen acciones frente a sus emisiones de CO₂ y ayuden a la reducción de daños al medio ambiente. [14]

La secretaria de ambiente distrital actualmente desarrolla la estrategia Proredes donde busca que las empresas adopten proyectos ambientales enfocados a la economía circular, sostenibilidad energética, sostenibilidad en procesos y producción más limpia, la convocatoria es anual y las empresas obtienen beneficios tributarios, marketing verde y acompañamiento de profesionales en este tipo de proyectos. [15]

Con el fin de brindar apoyo, las entidades financieras de Colombia, Asobancarias lanzaron la línea de financiamiento verde, la cual ofrece créditos orientados al financiamiento de proyectos que ayuden a la reducción de gases (GEI) al tener una eficiencia energética, o aumentar el uso de energías renovables. Puede presentar incentivos tributarios, tasas preferenciales y reembolso de una parte de la inversión inicial.

Teniendo en cuenta lo anterior Croydon puede buscar el financiamiento de este proyecto con tarifas verdes y aplicar aquellos incentivos tributarios por la reducción de emisiones que se van a generar, se recomienda participar en la estrategia de Proredes pues se obtendrán los beneficios y un acompañamiento para la formulación y desarrollo de acciones para la sostenibilidad energética.

3.4. Plan de cambio lubricación

En la caracterización de las máquinas, se pudo identificar visualmente que el sistema de engranaje y las piezas del motor se encuentran corroídas, con incrustaciones de grasas y contaminación en juntas por cauchos.

Los problemas que conlleva un plan de lubricación inadecuado es el desgaste prematuro de las piezas, si se presenta un exceso de grasas puede acumularse en las partes del motor aumentando la presión, lo que también aumenta el calor de funcionamiento. Se debe considerar que un equipo opera mejor a temperaturas bajas.

Con este plan de lubricación se busca minimizar la resistencia entre las piezas, ejes, engranajes y rotores, con eso, solucionar los altos consumos en el arranque en seco. Las ventajas que se obtienen implementando un plan de lubricación se traducen en un aumento de la vida útil de los motores.

3.4.1 Cronograma de actividades

Se tomaron en cuenta las actividades que ya tiene la compañía para un calendario de lubricación, sin embargo, no se lleva un registro cronológico de la rutina que se realiza para lubricar las máquinas, adicional, no se tiene en cuenta el volumen ideal para no desperdiciar producto ni desgaste prematuro.

Por lo tanto, se programó la frecuencia de las actividades como lo muestra la tabla 37.

Tabla 35.

Programación de actividades frente a la periodicidad.

PROGRAMACIÓN	
Actividades	Frecuencia
1. Análisis del estado de lubricación actual.	Trimestral
2. Análisis del aceite o grasa.	Trimestral
3. Verificar tipo de rodamientos, piezas.	Semestral
4. Eliminar grasa antigua.	Semestral
5. Lubricar la máquina.	Semestral

Nota. Se observa el nombre de cada actividad y la frecuencia con la que el operario debe realizar cada una, se debe llevar el registro en los formatos proporcionados.

En el anexo 7. Se puede ver la plantilla para el cronograma de actividades, en el mismo se proyecta en un posible calendario con la semana que se debería implementar.

3.4.2 Control de actividades

Para tener un control de cada una de las actividades a desarrollar, se elaboró el formato que se presenta en la figura 59 donde se debe registrar que se cumplió con cada una de las rutinas propuestas.

Figura 59.

Control de actividades, demarcado con los espacios que lo conforman.

The diagram shows a form titled 'CONTROL DE ACTIVIDADES' with the Croydon logo. It includes fields for 'AÑO' and 'FECHA Y HORA'. The main activity is '1. Análisis del estado de lubricación actual.' Below this is a 'DESCRIPCIÓN' field with the text: 'Verificar cómo se encuentra el estado de la lubricación actual, determinar si se requiere una limpieza de incrustaciones de grasas.' The 'FRECUENCIA' section is divided into 'RUTINA' and 'VALIDACIÓN'. The 'RUTINA' section has three items: '1. Visualizar la carcasa, engranajes, piezas y verificar el nivel de ensusamiento.', '2. Determinar si posiblemente se puede reengrasar.', and '3. Determinar nivel de corrosión.' The 'VALIDACIÓN' section has three checkboxes. Below this is an 'OBSERVACIONES' field. At the bottom is a 'REALIZADO POR:' field. Blue arrows point to various parts of the form: A points to the description, B to the routine table, C to the routine items, D to the 'REALIZADO POR:' field, E to the frequency field, F to the year field, and G to the date and time field.

Nota. Se explica cada campo para el control de actividades, este formato debe ser diligenciado por el operario.

- A. Descripción: Tendrá una breve descripción de la actividad y su objetivo
- B. Rutina: Describe cada una de las acciones que se deben realizar para terminar la actividad, se deben validar en la casilla. Si no se validan las acciones no se podrá considerar la actividad como “Completada”
- C. Observaciones: Se presentarán las herramientas usadas, si se presentó una falla o anomalía al efectuar la actividad.
- D. Realizado por: Se registrará el operario a cargo de la actividad.
- E. Frecuencia: La periodicidad donde se debe repetir la actividad.
- F. Año: Se registra el año con el objetivo de archivarlo por año.
- G. Fecha y hora: Por motivos de operación se debe registrar la fecha y hora para argumentarlo frente a producción.

3.5. Instrumentación recomendada

Durante la fase de diagnóstico con la caracterización que se realizó en los recorridos en planta y las mediciones con el analizador de redes, se pudo evidenciar que una de las mayores oportunidades de mejora en los procesos desarrollados en la línea de

caucho es la ausencia de instrumentación que permita tener un control eficiente de las variables de proceso, donde el operario pueda tomar las decisiones correctas basadas en información técnica en tiempo real que complemente con su experiencia y conocimiento del proceso, como consecuencia se generan reducciones en material para reprocesar y en consumo de energía.

En este capítulo se presenta la instrumentación recomendada para cada equipo que permita dar solución en corto plazo en algunos problemas de operación que aportan a las pérdidas de energía en el proceso. Para cada propuesta se presenta la opción de instrumentación junto con el costo y las ventajas de implementación en Croydon, con el objetivo de que la compañía tenga distintas alternativas y seleccione la solución que mejor se acomode a sus necesidades y presupuesto.

3.5.1 Sensores-Transmisores IR de temperatura

Las principales fallas operativas de instrumentación identificadas en los calander y molinos, fueron la ausencia de control de temperatura en la operación, a continuación, se presentan los sensores y transmisores IR de temperatura, una estrategia apta para implementar en Croydon, que facilitara un control de temperatura en los rodillos y el material manejado.

La necesidad de medir la temperatura en los rodillos se da porque se están presentando pérdidas de vapor y uso ineficiente de la bomba de enfriamiento de agua, debido a que el operario realiza el control basado en su experiencia. El operario hace contacto de sus manos con el rodillo para estimar la temperatura, representando un riesgo para su salud. Además de ser riesgosa la manera de proceder es imprecisa en cuanto al momento correcto para introducir el material, al igual que para abrir y cerrar las válvulas de servicio de vapor y agua. Esto produce que el material se trabaje a condiciones inadecuadas generando reproceso y perdidas.

Este tipo de instrumentos se emplean para medir de forma rápida y a distancia la temperatura de distintos tipos de materiales, son de gran utilidad para medir materiales en continuo movimiento. Este instrumento actúa como un transmisor enviando una señal eléctrica a una pantalla digital.

Los sensores IR ofrecen muchas ventajas para el tipo de operación de los molinos y calander, la selección del transmisor dependerá del tipo de aplicación y condiciones para instalación en planta, a continuación, se hace la propuesta de un instrumento distribuido por el proveedor vía industrial que se encuentra en la ciudad de Bogotá, las especificaciones del instrumento se pueden ver en la figura 60.

Figura 60.

Especificaciones del sensor transmisor de temperatura

Imagen / Dimensión	Código / Ref.	Rango de temperatura	Salidas	Longitud sonda	Marca	Longitud sonda
	P243342 TA1004	-40 a 150°C / -40 a 302°F	Salida 1: PNP NO/NC, NPN NO/NC Salida 2: 0-10V, 4- 20mA	45 mm	marca ema- electronic	18 - 36 DC

Nota. La referencia tiene un rango de operación de -40 °C a 150 °C, cuenta con una salida digital y otra análoga. Tomado de: Vía industrial, "Catalogo virtual Vía Industrial", [en línea], disponible: <https://www.viaindustrial.com/vita/marca/> [consultado: noviembre de 2021]

Para la transición de incorporar estos instrumentos a los equipos de calander y molinos, se recomienda que se inicie con una visita del proveedor para validar los requerimientos de instalación. Es importante que el área de producción defina el estándar para las temperaturas de operación de acuerdo a los tipos de mezcla MB, Z o reprocesos y de esta forma se capacite al operario en el uso del control de temperatura.

3.5.2 Medidores de calibre

En distintas operaciones de la línea de caucho se realizan mediciones del calibre con comparadores de carátula, aunque estos instrumentos tienen un grado de precisión alto no son adecuados para su uso en producción, se pudo identificar que no es

posible para los operarios tomarse el tiempo para hacer estas lecturas, las realizan de manera rápida y con imprecisiones.

Teniendo en cuenta lo anterior y el tipo de operación en Croydon se proponen comparadores de carátula con pantalla digital para los equipos en los que el calibre es un factor determinante para el producto final, estos le facilitarían la lectura al operario, haciendo el proceso más rápido y confiable. En la figura 61 se pueden observar las especificaciones del instrumento recomendado.

Figura 61.

Especificaciones del comparador de caratula digital.

Imagen / Dimensión	Código / Ref.	Rango	Graduacion	Profundidad de garganta	Marca	Características
	248254 248254	0-12.7mm/0.5"	0.001mm/0.00005"	30mm de profundidad	 marca via	Display LCD

Nota. La referencia tiene un rango de operación de 0 mm a 12,7 mm, cuenta con una pantalla LCD en la cual se puede programar las variables de medición. Tomado de: "Vía industrial," Catalogo virtual "Vía Industrial", [en línea], disponible: <https://www.viaindustrial.com/vita/marca/> [consultado: noviembre de 2021]

Para el uso de este instrumento en Croydon, se recomienda realizar un estándar de los espesores que se deben manejar para los distintos tipos de mezclas y hacer que este sea visible para los operarios, también se debe capacitar al operario para el cambio de procedimiento en la medición del calibre con un instrumento digital y resaltar la importancia de realizarlo de manera correcta.

3.5.3 Medidor de flujo para bomba

La bomba de enfriamiento en el diagnóstico demostró un bajo rendimiento energético, también un posible sobredimensionamiento, se recomienda hacer uso de un medidor de flujo para comparar la capacidad de diseño frente al caudal real y determinar si el equipo está sobredimensionado, de ser así se recomienda la instalación de un moto reductor.

En los sistemas de bombeo es común las tasas de flujo bajo, intermitencias y consumo de agua reducido afectando la eficiencia por eso es de vital importancia hacer un control del flujo del sistema de bombeo. Cuando se tiene control del flujo se tiene el control del rendimiento de la bomba y es posible calcular las pérdidas del sistema, optimizar la limpieza, hacer tratamientos de corrosión efectivos y optimizar la eficiencia del sistema logrando reducir el consumo y los costos de energía.


Se proponen los instrumentos de la figura 62 y 63, para instalar en la bomba de enfriamiento de Croydon, el fluido que se maneja en la bomba es agua, apto para la mayoría de medidores, los factores de selección para el instrumento fueron el diámetro nominal y la facilidad de lectura.

Para la transición de incorporar este instrumento en la bomba, se recomienda hacer una limpieza del tanque principal y colocar trampas de grasas en el sistema de retorno de los molinos y calander, pues actualmente se está retornando el agua contaminada, lo que afecta el rendimiento de la bomba e interfiere en la medición del flujo. Los proveedores de estos servicios programan una visita inicial para realizar las mediciones del área donde irían instaladas las trampas y la inspección del tanque para entregar una cotización, por lo cual se recomienda contactar inicialmente al proveedor de este servicio antes de instalar el instrumento de medición de flujo.

También es importante designar a un operario del departamento de mantenimiento que se encargue de ejecutar el diagnóstico de sobredimensionamiento y el seguimiento para el control del flujo.

Figura 62.

Especificaciones del medidor de flujo electromagnético

Imagen / Dimensión	Código / Ref.	Diámetro nominal	Exactitud	Señal de salida	Marca	alimentacion
	P237991 EF-A-6	6"	±0.5%	4 - 20mA, pulsos	marca equvalis	110V o 220V

Nota. La referencia tiene un diámetro nominal de 6" que concuerda con el de la bomba de enfriamiento y tiene una exactitud de 0,5%. Tomado de: "Vía industrial," Catalogo virtual "Vía Industrial", [en línea], disponible: <https://www.viaindustrial.com/vita/marca/> [consultado: noviembre de 2021]

Figura 63.

Especificaciones del medidor de flujo tipo Wolmant

Imagen / Dimensión	Código / Ref.	conexion	Rango lectura	Flujo maximo	Marca	Flujo normal
	171644 LXLC-150	6" flanchado	0,01 a 999999 m3	300 m3/h	marca acquatti	150 m3/h

Nota. La referencia tiene un diámetro nominal de 6" que concuerda con el de la bomba de enfriamiento. "Vía industrial," Tomado de: "Vía industrial," Catalogo virtual "Vía Industrial", [en línea], disponible: <https://www.viaindustrial.com/vita/marca/> [consultado: noviembre de 2021]



3.5.4 Medidor de flujo para vapor

Como se mencionó en el diagnóstico en la compañía no hay un seguimiento a la red de vapor lo que está generando problemas de seguridad y de eficiencia energética, en la red se diagnosticaron fugas y aislamientos desgastados e insuficientes. Las condiciones actuales de la red ayudan a generar condensados en los tramos afectando la eficiencia y distribución del vapor.

Cuando se realizan mediciones del flujo de vapor es posible implementar estrategias de seguimiento al condensado y a las pérdidas que se presentan, existen distintos tipos de medidores adecuados para vapor, en este proyecto se propone el uso del tipo Vortex, ya que se adecua mejor a la operación de Croydon y presenta gran variedad de ventajas. Es un dispositivo que incluye sensor de temperatura y presión, tiene una construcción simple de tamaño estándar y baja caída de presión. En la figura 64 se muestran las especificaciones del medidor recomendado.

Figura 64.

Especificaciones del medidor de flujo tipo Vórtex

Imagen / Dimensión	Código / Ref.				Marca
	<p>P165105</p> <p>FV103-T</p>	<p>Caudalímetro Vortex y transmisor de temperatura para agua y refrigerantes</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ 3/4 "FNPT, de 2,5 a 25 GPM con Temperatura ■ Flujo * Precisión: ±2% escala completa * Repetibilidad: ±0,25% escala completa * Banda muerta de alarma: 5% escala completa * Tiempo de respuesta: Seleccionable por el usuario, de 0,9 a 7,5 segundos * Caudal máximo: Por encima del rango, llegando ocasionalmente hasta un 125% de capacidad ■ Temperatura * Precisión: ±1% escala completa * Tiempo de respuesta: 1,8 seg. a 63% de caudal * Banda muerta de alarma: 2% * Pantalla: LED de 3 dígitos numéricos de 7,6 ... 			 <p>marca omega</p>

Nota. La referencia es estándar, mide flujo con una precisión del 2% y temperatura con una precisión del 1% tiene una temperatura de trabajo máxima de 95 °C. Tomado de: "Vía industrial," Catálogo virtual "Vía Industrial", [en línea], disponible: <https://www.viaindustrial.com/vita/marca/> [consultado: noviembre de 2021]

Para la transición de incorporar este instrumento en la red de vapor, se recomienda previamente hacer un levantamiento del mapa de tuberías de vapor, luego hacer una evaluación si es posible con instrumentos que identifiquen fugas, de no ser así una inspección visual donde se identifiquen las tuberías que requieren reemplazar o mejorar el enchaquetamiento.

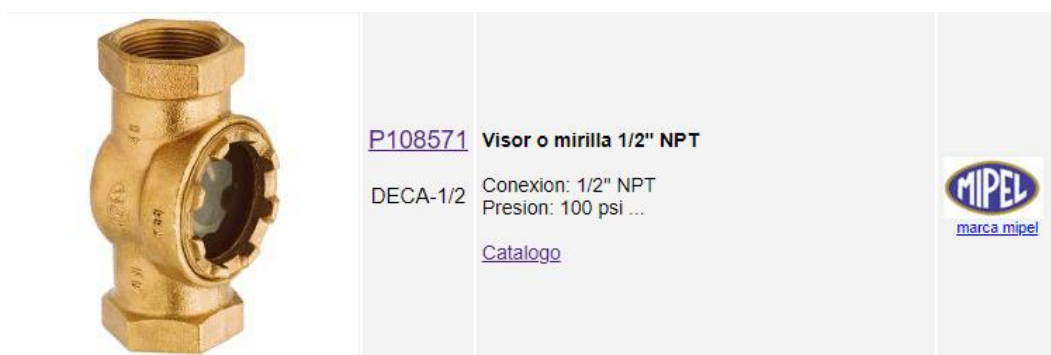
Teniendo el mapa de tuberías se pueden solucionar las fugas con mayor facilidad al igual que reemplazar el enchaquetamiento. Con la evaluación se pueden identificar los puntos estratégicos para la instalación de los medidores.

3.5.5 Mirillas para nivel y flujo

En el diagnóstico de las trampas de vapor se pudo identificar que no se hace una inspección regular y programada a las trampas de vapor por esta razón se recomendó e incluyo en el plan de mantenimiento de la caldera, la inspección de las trampas. Para hacer esta inspección de manera efectiva se recomienda la instalación de mirillas de flujo, a continuación, en la figura 65 se muestran las especificaciones de la mirilla propuesta para cada trampa.

Figura 65.

Especificaciones de mirilla indicadora de flujo



Nota: La referencia es de 1/2" y se adecua a la tubería de las trampas actuales. Vía industrial," Tomado de: Vía industrial," Catalogo virtual Vía Industrial", [en línea], disponible: <https://www.viaindustrial.com/vita/marca/> [consultado: noviembre de 2021]

Para instalar las mirillas de flujo en Croydon se recomienda realizar una limpieza previa a las trampas y un diagnóstico profundo a las que reportaron un funcionamiento inadecuado (Ver Tabla 11).

4. EVALUACIÓN FINANCIERA

En este capítulo se presentan los costos de cada uno de los planes propuesto para mejorar la eficiencia energética dentro de la línea de caucho.

4.1. Plan de mantenimiento Caldera

A continuación, en la tabla 36 se muestran los costos anuales que se deben presupuestar para el plan de mantenimiento de la caldera.

Tabla 36.

Descripción y precios para incorporar el mantenimiento

Descripción	Precio anual (COP)
Salario operario	\$13.200.000
Estudio Isocinético de gases	\$1.514.000
Tratamiento corrosión diario.	\$2.380.000
Limpieza alcalina	No se registra información.
Regeneración de suavizador	No se registra información.
Limpieza de tuberías	No se registra información.

Nota: En la tabla se registra el costo anual de las actividades para el mantenimiento de la caldera, no fue posible totalizar el costo debido a que el departamento encargado no suministro esta información del costo de limpieza y regeneración del suavizador.

Es importante aclarar que para la cotización de este tipo de servicios influye el estado actual de la caldera, por lo tanto, se recomienda que un asesor realice una visita.

4.2. Plan de cambio motores

El criterio de mayor relevancia para la selección del motor fue la eficiencia, a continuación, en la tabla 38, se muestra un comparativo entre la eficiencia del motor actual y el motor propuesto para cada equipo, para estimar el precio de compra, se usa la información del catálogo para la referencia seleccionada, sin embargo, se debe tener en cuenta que este precio puede tener variaciones de acuerdo con los requerimientos de instalación.

La inversión total estimada para el cambio de los 7 motores seleccionados es de \$115.842.000, el impacto en el ahorro de energía producirá que la inversión tuviese un payback inferior a un año.

Tabla 37.

Estimado de costos para la adquisición de nuevos motores

Equipo	Potencia Nominal [hp]	Eficiencia del motor actual %	Propuesta nuevo motor	
			Eficiencia	Precio compra
Sistema de enfriamiento de bombeo	23	0,117	0,914	\$5.763.000
Sistema de extracción Banbury	60	0,246	0,936	\$17.827.000
Molino 60"	125	0,091	0,950	\$35.426.000
Calander 60"	125	0,015	0,950	\$35.426.000
Calander 26"	40	0,075	0,924	\$10.984.000
Struder	10	0,106	0,902	\$2.964.000
	7,5		0,895	\$2.450.000
	7,5		0,895	\$2.450.000
Toggle	8	0,179	0,896	\$2.552.000
			Inversión total	\$115.842.000

Nota. Se muestra el cálculo de la inversión total para el plan de cambio de 7 motores basado en el catálogo de siemens. Catalogo Siemens Mayo 2021, disponible: <https://assets.new.siemens.com/siemens/assets/api/uuid:f8078f4c-af58-4123-a02e-3ea7f4086fbd/lp-colombia-mayo-2021-consolidada.pdf>

Para calcular el costo de la energía ahorrada con el cambio de motores se usa la ecuación 9, al multiplicar la energía ahorrada anualmente por la tarifa actual de \$479,58. Los resultados obtenidos se muestran en la tabla 40

Ecuación 10.

$$\text{Costo de ahorro} = \text{ahorro de energía anual} \times \text{tarifa de energía.}$$

Tabla 38.

Costos de energía ahorrada

Equipo	Energía ahorrada anualmente [kWh/año]	Ahorro en costos
Sistema de enfriamiento de bombeo	923.870	\$443.069.430
Sistema de extracción Banbury	161.027	\$77.225.299
Molino 60"	698.297	\$334.889.184
Calander 60"	387.122	\$185.656.044
Calander 26"	204.269	\$97.963.383
Extruder Toggle	115.068	\$55.184.238
	60.072	\$28.809.295
Ahorro total	2.549.724	\$1.222.796.874

Nota. En esta tabla se observa el impacto del cambio de motores en la energía y costos ahorrados anualmente.

Si el plan de cambio de motores se implementa en los 7 equipos propuestos la energía total ahorrada por hora será de 952,684 [kW/h], anualmente de 2.549.724 [kW/año], lo que generaría un ahorro \$1.222.796.874.

Al comparar el costo del ahorro con los gastos de energía del año 2020, se estaría generando un ahorro del 43%, este ahorro podría aumentar si se siguen todas las recomendaciones generadas en el proyecto, los indicadores financieros para esta inversión se muestran en la tabla 39.

En términos financieros, se observa que producto de esta implementación la compañía tendría una tasa interna de retorno del 88% de la inversión, siendo superior a la rentabilidad mínima de la industria manufacturera y un payback de 2 meses.

Tabla 39.

Indicadores financieros

Indicadores financieros.	
Indicador	Valor.
Tasa de Interés de Oportunidad TIO	17,00%
DTF	2,40%
IPC Mensual	4,60%
Rentabilidad Mínima	10%
Valor Actual VNA	\$ 508.315.388
Valor Presente Neto VPN	\$ 392.473.388
Tasa Interna de Retorno TIR	88%
Payback	2

Nota. Se presentan los indicadores financieros basados en la inversión y la energía ahorrada.

4.3. Plan de lubricación

Para realizar las actividades trimestrales propuestas en el plan de lubricación es necesario programar primero una visita técnica por parte de una empresa especializada en lubricación industrial que brinde un diagnóstico cuantitativo y cualitativo de los lubricantes y grasas usadas actualmente mediante análisis de laboratorio.

Después del diagnóstico esta empresa propondrá el mejor lubricante y grasa para el tipo de operación en Croydon, también brindará la capacitación al operario encargado para realizar los diagnósticos trimestrales del estado de la lubricación.

Se recomienda la empresa Lubrisol de Colombia LTDA, ya que presta todos los servicios que requiere Croydon con alta calidad y su sede principal es cerca de la planta en el barrio Carvajal.

Los costos para las actividades trimestrales y semestrales se tendrán con la cotización que la empresa de lubricación presente después de la visita técnica a esto se debe adicionar el salario del operario a cargo.

4.4. Instrumentación recomendada

En el capítulo anterior se mencionó el tipo y referencia de instrumentación recomendada a continuación se presenta el total de la inversión en instrumentación en la tabla 40 y los costos establecidos por el proveedor en la cotización online para cada opción.

Los costos pueden variar teniendo en cuenta los requerimientos de instalación por eso es primordial programar inicialmente una visita con el proveedor.

Tabla 40.

Costo total de la inversión para instrumentación

Opción 1	
Instrumento	Costo
Sensor-Transmisor IR de temperatura	\$7.042.539
Comparadores de caratula digitales	\$1.920.124
Medidor de flujo Electromagnético	\$10.858.970
Medidor de flujo tipo Vortex	\$77.857.962
Mirillas de vidrio	\$1.240.030
Total	\$98.919.625
Opción 2	
Instrumento	Costo
Sensor-Transmisor IR de temperatura	\$7.042.539
Comparadores de caratula digitales	\$1.920.124
Medidor de flujo Tipo Wolmant	\$1.763.580
Medidor de flujo tipo Vortex	\$77.857.962
Mirillas de vidrio	\$1.240.030
Total	\$88.584.205

Nota. Información tomada de la cotización online con el proveedor vía industrial. Vía industrial, "Catalogo virtual Vía Industrial", consultado en noviembre de 2021, disponible en: <https://www.viaindustrial.com/vita/marca/>

A continuación, en la tabla 41 se presentan los costos para implementar el control de temperatura con los sensores-transmisores IR para temperatura.

A continuación, en la tabla 42 se presentan los costos para implementar el control del calibre usando comparadores de caratula digitales.

Tabla 41.

Costos para instalación sensor-transmisor IR temperatura

Instalación sensor-transmisor IR para temperatura		
Equipo	Cantidad	Precio [\\$]
Molino 60 "	1	\$2.347.513
Calander 26 "	1	\$2.347.513
Calander 60"	1	\$2.347.513
Total inversión		\$7.042.539

Nota. Los costos presentados en esta tabla se cotizaron de forma online con el proveedor vía industrial, los costos pueden variar de acuerdo a las condiciones de instalación.

Tabla 42.

Costos para implementación de comparadores de carátula digital

Implementación del comparador de carátula digital		
Equipo	Cantidad	Precio [\\$]
Molino 60 "	1	\$480.031
Calander 26"	1	\$480.031
Calander 60"	1	\$480.031
Struder	1	\$480.031
Total inversión		\$1.920.124

Nota. los costos presentados en esta tabla se cotizaron de forma online con el proveedor vía industrial, estos instrumentos no requieren instalación, elaboración propia.

En la tabla 43, se presentan los costos estimados de instalación para los dos tipos de medidores de flujo para la bomba, electromagnético y tipo Wolmant.

Para los medidores de flujo de vapor se recomienda inicialmente instalar un medidor por cada ramificación que en total son 7, el punto de ubicación de este medidor se determinara con la evaluación recomendada para la red de vapor, para la instalación se recomienda una visita previa del proveedor, a continuación, en la tabla 44 se presentan los costos estimados de instalación para el medidor tipo Vortex.

Tabla 4330.

Costos para implementación de medidores de flujo en la bomba de enfriamiento

Implementación de medidores de flujo para la bomba de enfriamiento				
Equipo	Electromagnético		Tipo Wolmant	
	Cantidad	Precio [\$]	Cantidad	Precio [\$]
Molino 60 "	1	\$10.858.970	1	\$1.763.580
	Total inversión	\$10.858.970	Total inversión	\$1.763.580

Nota. Los costos presentados en esta tabla se cotizaron de forma online con el proveedor vía industrial, este costo puede variar de acuerdo a los requisitos de instalación, también se debe adicionar el costo de las trampas de grasas junto con el servicio de limpieza del tanque.

Tabla 31.

Costos para implementar medidores de flujo tipo Vortex

Instrumentación para la red de vapor	
Tipo Vortex	
Cantidad	Precio
7	\$77.857.962
Total inversion	\$77.857.962

Nota. Los costos presentados en esta tabla se cotizaron de forma online con el proveedor vía industrial, este costo puede variar de acuerdo a los requisitos de instalación

A continuación, en la tabla 45 se presentan los costos para instalar una mirilla en cada una de las 11 trampas de vapor con las que cuenta la planta.

Tabla 45.

Costos de instalación para mirillas de flujo

Instrumentación para trampas de vapor	
Mirillas de vidrio	
Cantidad	Precio
11	\$1.240.030
Total inversión	\$1.240.030

Nota. Los costos presentados en esta tabla se cotizaron de forma online con el proveedor vía industrial, este costo puede variar de acuerdo a los requisitos de instalación.

5. CONCLUSIONES

Se logró caracterizar el estado actual de operaciones y máquinas de la línea de producción de caucho en Croydon Colombia S.A.

Con base en los resultados se propuso planes de mantenimiento, lubricación, cambio de motores e incorporación de instrumentación que aumentará la eficiencia energética generando una base para la continuación de proyectos y auditorias de energía.

Las principales oportunidades de mejora que se atribuyen a la baja eficiencia energética se presentaron en las fugas de vapor, malas conexiones del sistema de cableado, problemas en los sistemas de transferencia de calor, ausencia de instrumentación y control en las operaciones.

Usando el sistema de analizadores se estableció un patrón de ineficiencia de factor de potencia en un rango de 0,13 a 0,69.

Se seleccionaron los motores que presentan menor eficiencia, a partir de esto se estableció una propuesta de cambio de motores y se cuantificó la inversión. La energía ahorrada representa el 43% del costo del consumo actual y el payback de la inversión que será de 2 meses. La implementación de la propuesta de cambio de motores mejorará la eficiencia energética y reducirá la emisión de 1.657 toneladas de CO₂.

La instrumentación recomendada para implementar se enfocó a los molinos calanders, bomba y red de vapor, la propuesta fue medidores transmisores IR para molinos y calanders, medidores de calibre con pantalla digital para el control de las operaciones de moldeo, mirillas de flujo para trampas de vapor, medidor de flujo para la bomba y medidores de flujo para la red de vapor.

Financieramente, se plantea costos variando la funcionalidad de la instrumentación con dos opciones (\$88.584.205 - \$98.919.625) para que la empresa según su presupuesto decida incorporarlo.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] Legiscomex, "Inteligencia de mercados – informe sectorial de caucho y sus manufacturas en Colombia," mayo. 2017, disponible en: <https://www.legiscomex.com/BancoMedios/Documentos%20PDF/informe-sectorial-sector-caucho-y-sus-manufacturas-colombia-2017-completo-rci318.pdf>
- [2] J. Silva, "Reconversión agroindustrial. *Revista cauchero*" ,Mayo 2016, Disponible en: https://12ac72cd-0885-54a5-ab2f1bcf0156bcb0.filesusr.com/ugd/e90b5c_b06fc0fea162488cb73f7bb8bc70ad31.pdf
- [3] S. C. Bhatia, P. Mangla and S. Devraj," Industrial Energy Conservation: Two Volume Set." 2018
- [4] R. B. Simpson, "*Rubber Basics*. 2002" disponible en: <https://ezproxy.uamerica.edu.co/login?url=http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=nlebk&AN=234881&lang=es&site=eds-live&scope=site>.
- [5] D. Beliczky and J. Fajen, "*Capítulo 80 Industria Del Caucho.*," 2012, Available: [https://ebookcentral.proquest.com/lib/\[SITE_ID\]](https://ebookcentral.proquest.com/lib/[SITE_ID])
- [6] J. L. "Hamilton, Natural Rubber: Properties, Behavior and Applications." 2016, disponible: <https://ezproxy.uamerica.edu.co/login?url=https://search-ebscohost-com.ezproxy.uamerica.edu.co/login.aspx?direct=true&db=nlebk&AN=1365728&lang=es&site=eds-live&scope=site>.
- [7] J. Luis y S. Gonzalo, "Conceptos de ahorro y eficiencia energética: evolución y oportunidades", 2017.
- [8] Mehmet Kanoğlu; Yunus A. Çengel, "Energy Efficiency and Management for Engineers." (McGraw-Hill Education: New York, Chicago, San Francisco, Athens, London, Madrid, Mexico City, Milan, New Delhi, Singapore, Sydney, Toronto.), 2020, disponible en: <https://www-accessengineeringlibrary-com.ezproxy.uamerica.edu.co/content/book/9781260459098/chapter/chapter1>
- [9] F. V. Tavares, L. P. C. Monteiro and F. B. Mainier, "Indicators of energy efficiency in ammonia productions plants," American Journal of Engineering Research (AJER), vol. 02, pp. 116, 2013.
- [10] Y. A. Çengel and M. A. Boles, "Termodinámica 6a. Ed." McGraw-Hill, 2011.
- [11] Catalogo Siemens Mayo 2021, disponible:

<https://assets.new.siemens.com/siemens/assets/api/uuid:f8078f4c-af58-4123-a02e-3ea7f4086fbd/lp-colombia-mayo-2021-consolidada.pdf>

- [12] L. Cheah et al, "Manufacturing-focused emissions reductions in footwear production," Journal of Cleaner Production, vol. 44, pp. 18-29, 2013, disponible en: <https://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2012.11.037>.
- [13] Red de monitoreo de la calidad del aire de Bogotá, "Informe Técnico No. 02171" 29 de diciembre del 2020, Informe trimestral, Disponible en: <http://rmcab.ambientebogota.gov.co/Pagesfiles/Tercer%20informe%20trimestra l%20calidad%20del%20aire%20JAS%202020.pdf>
- [14] P. De and C. Verde, "Conpes consejo nacional de política económica y social república de Colombia departamento nacional de planeación.", 2018.
- [15] Proredes, "Sostenibilidad energética Proyectos de Responsabilidad Empresarial" Disponible en: <https://sites.google.com/ambientebogota.gov.co/sostenibilidadenergetica/semin ario/memorias-sesiones-de-trabajo?authuser=0>.
- [16] S. Fawkes, Energy Efficiency: The Definitive Guide to the Cheapest, Cleanest, Fastest Source of Energy. 2013
Disponible en: <https://ezproxy.uamerica.edu.co/login?url=http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=nlebk&AN=637167&lang=es&site=eds-live&scope=site>.
- [17] M. R. Barbosa and E. F. S. Cavalcanti, "Energy Efficiency: Methods, Limitations And Challenges". 2012 disponible en: <https://ezproxy.uamerica.edu.co/login?url=http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=nlebk&AN=541322&lang=es&site=eds-live&scope=site>.
- [18] Vincent Dufresne, Pierre Langlois, Marie Couture-Roy y Sébastien Flamand, Econoler Incorporated, Canadá, "DISEÑO DE PROGRAMAS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA Serie sobre E ciencia Energética.", 2013.
- [19] L. Aire verde, "Informe de la evaluación de contaminantes emitidos al aire caldera colmaquinas 300 BHP," 31 diciembre de. 2020, consultado en noviembre de 2021.
- [20] Vía industrial," Catalogo virtual Vía Industrial", [en línea], disponible: <https://www.viaindustrial.com/vita/marca/> [consultado: noviembre de 2021]

GLOSARIO

Balas. Forma de almacenamiento del caucho, tienen forma rectangular y son cubiertas de plástico para protegerlo.

Calandrado. Pieza de caucho que pasa un proceso de moldeo en el equipo tipo Calander.

Carros. Estructura metálica donde se acomodan piezas de caucho en bandejas o zapatos en moldes encarrilados.

Cemento. Mezcla de pegamentos y látex que se prepara de acuerdo con una formulación establecida para cada estilo de zapato. Se fabrican dentro de la planta en la zona de cementos. Su mezcla contiene látex, pastas, residuos de caucho y aditivos, este proceso se lleva a cabo en agitadores por un tiempo promedio de 8 a 10 horas.

Compañera. Recorte de tela que cumple la función de separar láminas de caucho evitando que se peguen.

Enguantada. Hace referencia al proceso de unir distintas piezas troqueladas y friccionadas para formar una sola pieza llamada zapatón. Puede ser de caucho con Filtrex o Nomex y hace parte de algunos estilos de botas de caucho.

Extrudado. Pieza de caucho que se obtiene del proceso de inyección en el Strudder.

Filler. Residuo de caucho que se reincorpora a la producción.

Friccionar. Unir caucho con una tela para recubrimientos en el zapato o la bota.

Hoja de construcción. Es un documento que incluye todos los pasos de montaje de un producto.

Libros. Tablas de madera en donde se almacenan todas las piezas troqueladas y friccionadas para posteriormente ser ensambladas.

Mezcla MB. Forma de nombrar internamente una mezcla de caucho conocida como máster batch, es decir no contiene acelerantes de vulcanización, por lo tanto, puede

almacenarse por un periodo de tiempo más amplio sin sufrir modificaciones en su estructura química.

Mezcla Z. Manera de nombrar internamente a una mezcla de caucho que contiene acelerantes para la vulcanización.

ANERXOS

ANEXOS

RECOMENDACIONES

Se recomienda a la empresa, tener una medición constante con el analizador por un periodo de tiempo mayor, para hacer un seguimiento y tener datos robustos que permitan tener una línea base de energía para seguir con el proyecto de eficiencia energética.

El analizador de redes solo puede medir un voltaje de 440 máximo. Los motores que alimentan el Banbury y molino 72" tienen un voltaje superior de 2300, por esta razón se recomienda que se busque un instrumento adecuado de caracterizar el estado actual y las oportunidades de mejora.

Se recomienda a la compañía tener una delimitación en las zonas de tránsito y donde se encuentre una máquina, diferenciando y demarcando los límites, por SG y SST.

Se recomienda instalar las trampas de grasa en el sistema de retorno de agua de enfriamiento, esto ayudará a determinar que la lectura del medidor sea del flujo ya que no disminuirá sus contaminaciones.

Efectuar manuales de operación en dado caso que se lleguen a implementar los planes propuestos en este plan de diseño, para que el operario sepa la rutina de funcionamiento y pueda ser estandarizada la línea de caucho.

Se recomienda levantar un mapa de la red eléctrica de la compañía pues esto facilitaría el monitoreo y control, es importante revisar el cableado de la red eléctrica de toda la zona de moldeo pues se identificaron comportamientos en los equipos que allí están ubicados que pueden estar asociados a daños en la red.

Se recomienda una visita técnica por parte de una empresa especializada en lubricación industrial, donde se diagnostique el estado actual de la lubricación y se evalúe el lubricante y grasa por medio de análisis de laboratorio predictivos.

En la caldera no hay acciones correctivas dentro de su condición actual, pero se recomienda implementar el mantenimiento preventivo y adicionalmente contratar la limpieza alcalina para remover todos los sedimentos que se puedan presentar.

El gobierno nacional desea regular y sancionar los incumplimientos de límites de emisión de CO₂, por lo tanto, se recomienda implementar el plan energético y seguir con las auditorías internas de energía, y adicional contactarse con un asesor de Aso Bancarias para informarse en los planes de financiamiento e incentivos.

ANEXO 1.

CARACTERIZACIÓN DE LA CALDERA

Característica	Unidades	Descripción caldera CROYDON
Marca		Colmaquinas
Capacidad	BHP	300
Tipo		Pirotubular horizontal de tres tubos
Presión de diseño	PSI	150
Presión de trabajo	PSI	150
Serie		A-3572
Modelo		CH3-300-150-3G/G
Año de fabricación		2008
Producción de vapor	lb/h	10.350
Altura ducto descarga	Metros	
Diámetro del ducto	Metros	
Material del ducto		Acero
Días de trabajo a la semana	d/semana	6
Horas de trabajo por día	h/día	24
Número de trabajadores	Trabajador	1600
Número de turnos por día	Turnos/día	3
Trabajadores por turno		Variable
Combustible utilizado		gas natural
Consumo combustible	m ³ /h	248
Tipo de quemador		Dual (gas natural o fueloil), aunque opera con gas natural
Promedio producción mensual de todas las líneas de trabajo	No pares/mes	217.282
Sistema de control de emisiones		No posee

Nota: Esta tabla presenta la caracterización Caldera Colmáquinas de 300 BHP, que consume gas natural como combustible y con la cual se realiza la generación de vapor para los procesos en CROYDON de mezcla, preparación, prensas y vulcanización del caucho (líneas productivas de bota de caucho y calzado convencional).
fuente: Informe de evaluación de contaminantes.

ANEXO 2.

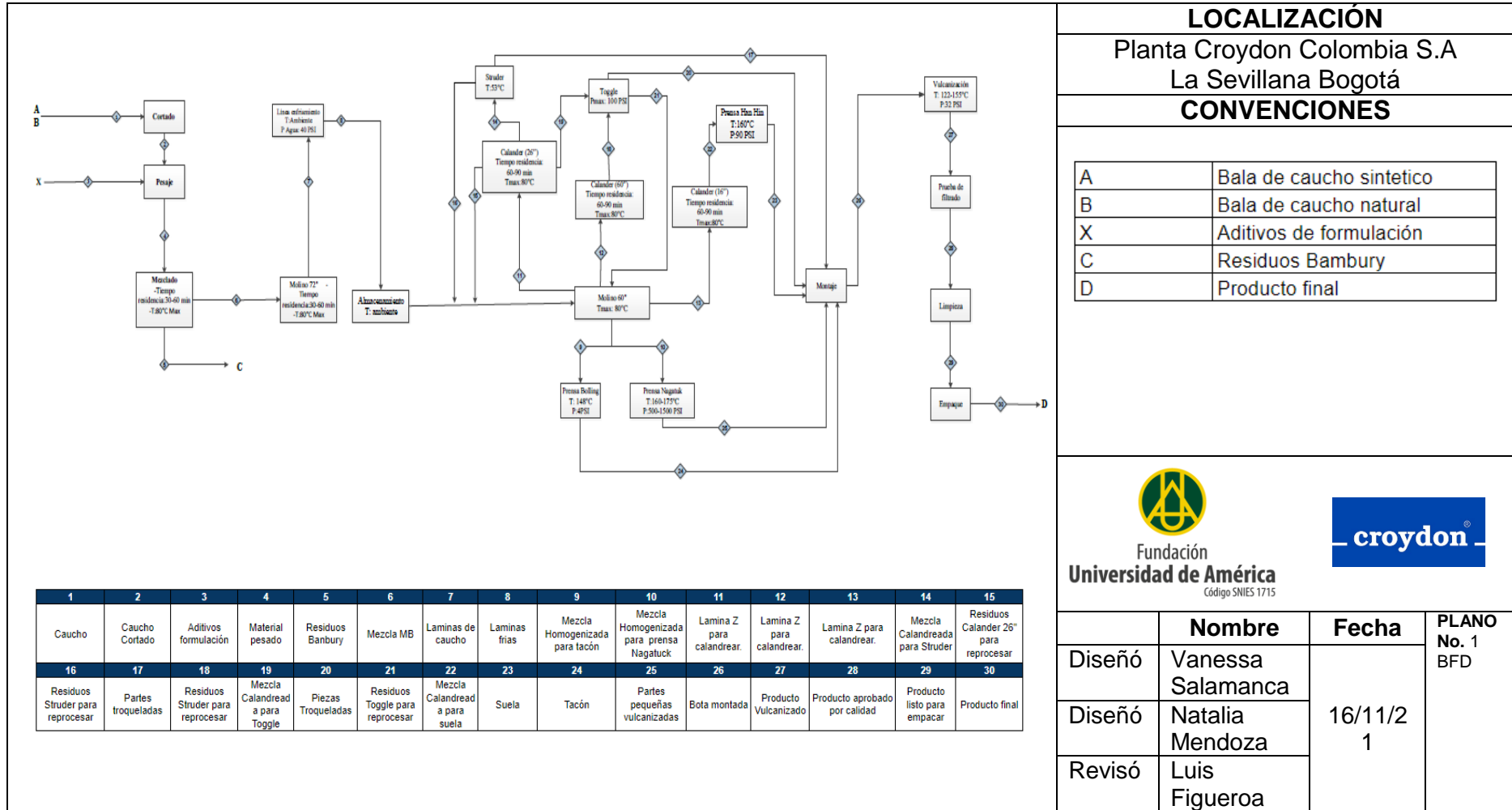
RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN DE CONTAMINANTES EMITIDOS POR LA CALDERA 2020.

CONDICION INDIVIDUAL EN CONCENTRACION RESOLUCION 6982 "SDA"	PARAMETRO	UNIDADES	CALDERA COLMÁQUINAS DE 300 BHP								
			ENSAYO 1 2020/12/18		ENSAYO 2 2020/12/18		ENSAYO 3 2020/12/18		ENSAYO 4 2020/12/18		PROMEDIO
			Resultado +(U)	Resultado -(U)	Resultado +(U)	Resultado -(U)	Resultado +(U)	Resultado -(U)	Resultado +(U)	Resultado -(U)	
Óxidos de Nitrógeno (Crd)	Kg/h		0,0847		0,0729		0,0814		0,0815		0,0801
	Resultado mg/m ³		80,96		56,26		71,72		77,07		71,50
	Incertidumbre Expandida (U)± mg/m ³		± 1,1		± 9,5E-01		± 1,1		± 1,0		
	mg/m ³		Resultado +(U)	Resultado -(U)	Resultado +(U)	Resultado -(U)	Resultado +(U)	Resultado -(U)	Resultado +(U)	Resultado -(U)	
Estándar de emisión admisible Año 2020	mg/m ³		200	200	200	200	200	200	200	200	200
Emisión respecto a Norma	%		41,0	39,9	28,6	27,7	36,4	35,3	39,0	38,1	35,8
<p style="text-align: center;">Regla de decisión: Cumple Estándar de Emisión de NO₂. Artículo 4 Resolución 6982 "SDA"</p>			<p>SI CUMPLE, el resultado de la medición está por debajo del estándar de emisión admisible cuando se tiene en cuenta la incertidumbre de medición. Probabilidad de conformidad = 100%</p>		<p>SI CUMPLE, el resultado de la medición está por debajo del estándar de emisión admisible cuando se tiene en cuenta la incertidumbre de medición. Probabilidad de conformidad = 100%</p>		<p>SI CUMPLE, el resultado de la medición está por debajo del estándar de emisión admisible cuando se tiene en cuenta la incertidumbre de medición. Probabilidad de conformidad = 100%</p>		<p>SI CUMPLE, el resultado de la medición está por debajo del estándar de emisión admisible cuando se tiene en cuenta la incertidumbre de medición. Probabilidad de conformidad = 100%</p>		<p>SI CUMPLE, Todas las concentraciones medidas cumplen con el estándar de emisión admisible.</p>

Nota: Se presenta los resultados donde la caldera cumple el estándar de la normativa de la SDA.

ANEXO 3.

DIAGRAMA BFD



LOCALIZACIÓN
 Planta Croydon Colombia S.A
 La Sevillana Bogotá

CONVENCIONES

A	Bala de caucho sintético
B	Bala de caucho natural
X	Aditivos de formulación
C	Residuos Bambury
D	Producto final

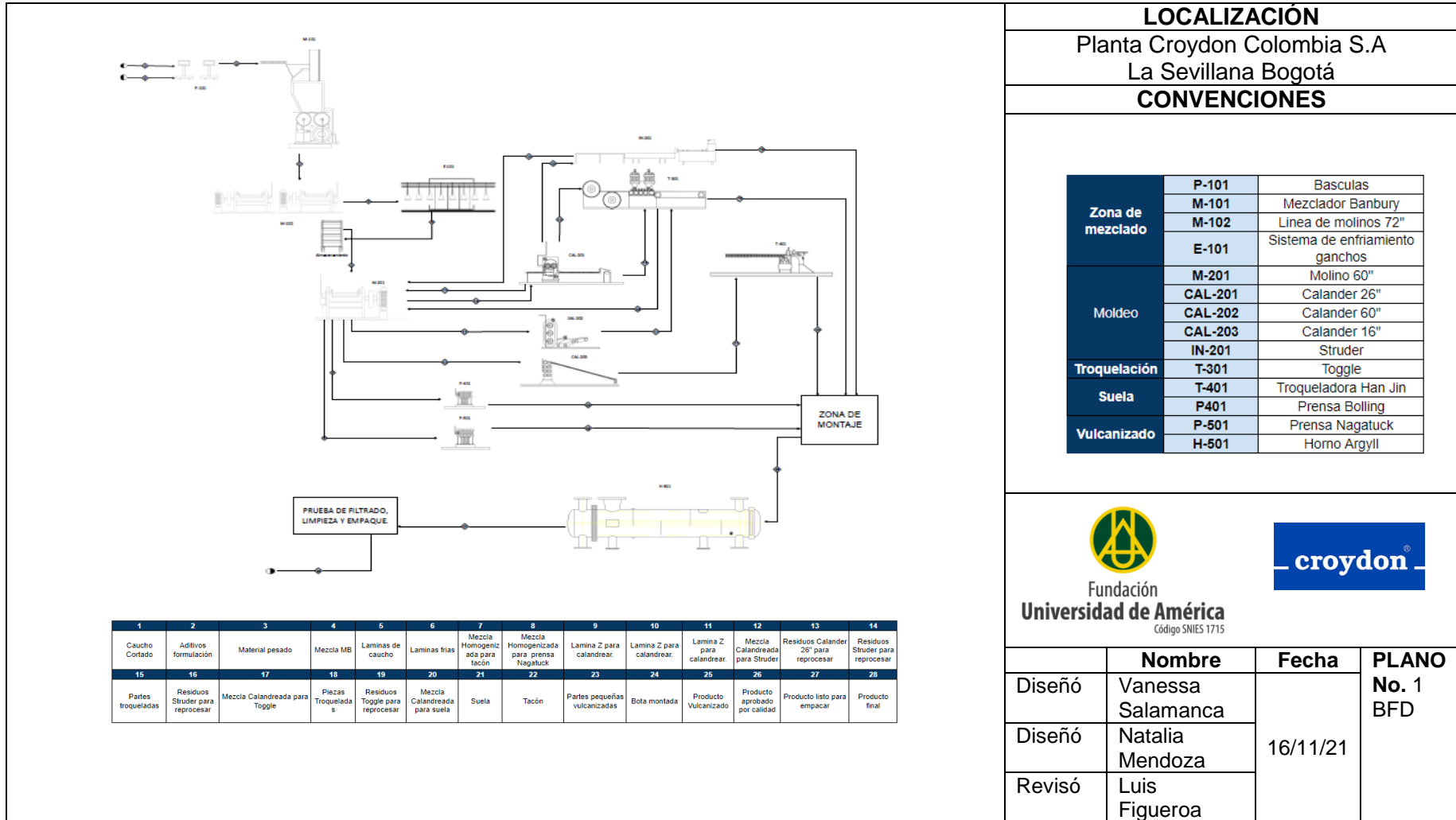
Fundación Universidad de América
 Código SNIES 1715

croydon

	Nombre	Fecha	PLANO No. 1 BFD
Diseño	Vanessa Salamanca	16/11/2011	
Diseño	Natalia Mendoza		
Revisó	Luis Figueroa		

ANEXO 4.

DIAGRAMA PFD



ANEXO 5.


CRONOGRAMA PROPUESTA PLAN DE MANTENIMIENTO CALDERA

CRONOGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO CALDERA COLMAQUINAS DE 300 BHP		VERSIÓN		FECHA																																					
				Ene			Feb			Mar			Abr			May			Jun			Jul			Ago			Sep			Oct			Nov			Dic				
		Actividades	Frecuencia	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2
1. Purga diaria de la columna de agua.	Diario																																								
2. Mantenimiento y limpieza del sistema de alimentación de agua.	Mensual																																								
3. Verificación de la limpieza de ventilador.	Mensual																																								
4. Regeneración de suavizador	Mes y medio.																																								
5. Revisión de tuberías y valvulas registrando la presencias de fugas.	Trimestral																																								
6. Comprobar el nivel mas bajo que tiene la caldera de condensado.	Trimestral																																								
7. Lubricacion o engrase de motores según sea necesario.	Trimestral.																																								
8. Mantenimiento del sistema de combustión.	Semestral.																																								
9. Revisar el estado de ensuciamiento de los tubos.	Anual.																																								
10. Tratamiento anticorrosión en secciones. (Preventivo)	Anual.																																								
11. Estudio Isocinetico de emisión de gases.	Anual.																																								

Nota: todo el plan de mantenimiento está proyectado en un archivo y fu entregado al área de ingeniería ambiental.

ANEXO 6.

CRONOGRAMA PROPUESTA PLAN DE MANTENIMIENTO DEL SISTEMA DE LUBRICACIÓN

		CRONOGRAMA DE LUBRICACION PARA LAS MAQUINAS DE CAUCHO.												VERSIÓN																																			
PROGRAMACIÓN		FECHA																																															
Actividades		Ene				Feb				Mar				Abr				May				Jun				Jul				Ago				Sep				Oct				Nov				Dic			
Frecuencia		Semanas				Semanas				Semanas				Semanas				Semanas				Semanas				Semanas				Semanas				Semanas				Semanas											
1. Análisis del estado de lubricacion		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
2. Análisis del aceite o grasa.																																																	
3. Verificar tipo de rodamientos, piezas.																																																	
4. Eliminar grasa antigua.																																																	
5. Lubricado.																																																	

Nota: todo el plan de mantenimiento está proyectado en un archivo y fu entregado al área de ingeniería ambiental.