	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

Estimación de costos por pérdidas de energía en una empresa del sector avícola

Julio Cesar Aragón Santos

Trabajo de grado presentado como requisito parcial para optar al título de:
 Especialista en Gestión de sistemas Energéticos Industriales

Docente seminario de profundización II

María Vilma García Buitrago

Asesor(es)

Carlos Mario Londoño Parra


Instituto Tecnológico Metropolitano - ITM

Facultad de Ingenierías

Departamento de Antioquia

Medellín, Colombia

2023

	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020


RESUMEN

El análisis realizado en este trabajo se basa en la experiencia personal y la aplicación de los conocimientos adquiridos durante la especialización en Gestión de Sistemas Energéticos Industriales, este proceso conlleva a tener que contemplar la planta de Beneficio y Desprese de aves como una escuela llena de oportunidades significativas para mejorar en materia de eficiencia energética y reducir costos operacionales. Se destaca el consumo de energía eléctrica como un factor principal en la estructura de costos y poniendo especialmente los ojos en los equipos de extracción de calor. Para dar soluciones integrales y aterrizadas a las necesidades de la planta se propone realizar mediciones por proceso para identificar áreas prioritarias de intervención y aplicar estrategias de mejora en la eficiencia energética de dichos equipos o procesos.

Además, se identifican sistemas generadores de aire comprimido como equipos clave para el ahorro de energía. Se propone la adquisición de compresores con mayor capacidad, accionados por variadores de velocidad para generar un flujo de aire variable y así, reducir los costos de consumo eléctrico y brindar confiabilidad al proceso en calidad de respaldo para el proceso. Asimismo, abordar las pérdidas por fugas en la red de distribución de aire buscando una mejora en la eficiencia global del sistema.

Estas oportunidades justifican realizar inversiones en mediciones y tecnologías para optimizar el consumo de energía. Implementar planes de acción basados en un análisis detallado permitirá identificar las áreas críticas y tomar decisiones encaminadas a la sostenibilidad de la compañía en la industria. Esta monografía proporciona una visión clara de los desafíos y oportunidades en eficiencia energética, proponiendo acciones concretas para mejorar la eficiencia y reducir costos de producción en la planta de Beneficio y Desprese. Estas mejoras respaldarán la toma de decisiones gerenciales y fomentarán un desarrollo sostenible, responsable desde el punto de vista energético y competitivo dentro del mercado.

Palabras clave: Eficiencia energética, Reducción de costos, Consumo de energía eléctrica, Mejoras en equipos, Optimización de procesos.

	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

RECONOCIMIENTOS

En este momento de crecimiento personal y profesional, quiero expresar mi más sincero agradecimiento a todas las personas y entidades que contribuyeron de manera significativa a la realización de esta monografía. En primer lugar, agradezco de corazón a mi asesor, Carlos Mario Londoño Parra y a la docente María Vilma García Buitrago, por su valioso tiempo, orientación experta y apoyo continuo a lo largo de este proyecto. Su dedicación y conocimientos fueron fundamentales para alcanzar los resultados obtenidos.


Además, quiero agradecer a mi esposa por su inquebrantable apoyo emocional y motivación constante. Su aliento, comprensión y sacrificio del tiempo de calidad como pareja fueron pilares fundamentales en cada etapa de esta investigación.

También deseo expresar mi gratitud a los profesores que generosamente compartieron su tiempo, conocimientos y valiosas sugerencias durante las discusiones académicas. Sus aportes enriquecieron la calidad de este trabajo.

Asimismo, quiero reconocer y agradecer a mis compañeros, Frank Durango, Juan Esteban Rúa y Julio De La Barrera, cuya colaboración, paciencia y disposición fueron esenciales para el cumplimiento de las metas propuestas desde el inicio del curso. Su generosidad y compromiso han sido invaluable.

No puedo dejar de mencionar mi agradecimiento al Instituto Tecnológico Metropolitano-ITM por proporcionar los recursos necesarios y por crear un entorno propicio para llevar a cabo esta investigación.

A cada uno de ustedes, mi más profundo agradecimiento. Su apoyo ha sido fundamental en este logro académico y ha dejado una huella duradera en mi camino hacia el conocimiento y crecimiento personal.

	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

ACRÓNIMOS

AVINSA S.A.S: Avicultura Industrial S.A.S.

COP21: Conferencia de las Partes 21. Hace referencia a la 21ª Conferencia de las Partes de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, celebrada en París en 2015.

ISO 50001: International Organization for Standardization 50001. Se refiere a la norma ISO 50001, que establece los requisitos para un sistema de gestión de la energía.

MTonCO2: Megatoneladas de dióxido de carbono. Se utiliza para medir las emisiones de CO2.

EPM: Empresas Públicas de Medellín.

PROURE: El Programa de Uso Racional y Eficiente de la Energía.

UPME: Unidad de Planeación Minero Energética.



 Institución Universitaria	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN	2
TABLA DE CONTENIDO	5
1 INTRODUCCIÓN	6
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	6
1.2 OBJETIVOS.....	6
2 MARCO TEÓRICO	7
2.1 ESTADO DEL ARTE.....	7
3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	10
3.1 LEVANTAMIENTO DE LA INFORMACIÓN.....	10
3.2 ANÁLISIS DE CALIDAD DE LA ENERGÍA.....	23
3.3 COSTOS DE CONSUMO DE ENERGÍA.....	30
4 CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES Y TRABAJO FUTURO	34
5 REFERENCIAS	36
6 ANEXOS	36

	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

1 INTRODUCCIÓN

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La falta de análisis y mediciones de los consumos de energía en el sector avícola constituye un problema de relevancia y pertinencia tanto para las empresas del sector como para el medio ambiente. La falta de información precisa sobre los consumos de energía dificulta la estimación de los costos de producción asociados al desperdicio de energía, lo que afecta la competitividad de las empresas y su eficiencia. Además, este problema tiene un impacto negativo en el medio ambiente, debido a que implica un agotamiento innecesario de recursos naturales y contribuye al deterioro medio ambiental. Por lo tanto, abordar esta falta de análisis y mediciones de los consumos de energía en esta industria se vuelve fundamental para optimizar el uso de la energía, reducir los costos de producción, mejorar la competitividad y minimizar el impacto ambiental.


1.2 OBJETIVOS

General

Analizar las pérdidas de energía que se puedan generar en los procesos de escaldado, eviscerado, enfriamiento, y congelación en una industria del sector avícola con el propósito de evaluar la viabilidad de implementar un sistema de gestión energética.

Específicos

- Identificar las condiciones actuales de las instalaciones y equipos que consumen energía para los procesos de colgado, escaldado, enfriamiento y congelación del producto.
- Analizar la calidad de la energía para la industria del sector avícola.
- Costear consumos de energía e indicadores del sistema energético de la empresa del sector avícola.

	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

2 MARCO TEÓRICO

2.1 ESTADO DEL ARTE

La gestión energética se presenta como una de las grandes herramientas para la disminución de los costos de proceso y de los impactos ambientales en las pequeñas, medianas y grandes empresas, a su vez, también pone en evidencia la que tienen los países de optimizar los consumos energéticos y de esta manera medir el desarrollo de los mismos. (Andrade, 2021)

En términos ambientales promover una cultura de ahorro y uso eficiente de energía podría significar una estrategia de adaptación al cambio climático y minimizar a largo plazo los impactos generados por los mismos, esto, medido desde el punto de vista de disminución de la huella de carbono de las industrias, pero para lograrlo se necesita del cambio dar un salto a tecnologías más limpias (Fernández, 2021).

Para países como China donde el acceso a incentivos económicos no hacen parte de las políticas de estado, la eficiencia energética debe ser abordada el crecimiento tecnológico de las empresas (Li, 2014).

Sin embargo, a nivel nacional ha buscado diferentes estrategias para estimar la eficiencia energética de sus ciudades con respecto al crecimiento industrial, variables como la innovación tecnológica, la población y riqueza le han permitido determinar que el desarrollo industrial no es sinónimo de uso consciente de la energía, por el contrario, se logró evidenciar que empresas con alto potencial de ahorro como las del sector minero (Xue, 2022).

Para el caso de los países de la unión europea que han avanzado tanto en la utilización alternativa de energías renovables, se han planteado como uno de sus mayores retos para avanzar en términos de eficiencia energética, la inversión en el desarrollo tecnológico y el intercambio de conocimientos a nivel internacional, esto con el fin de disminuir sus impactos en materia ambiental y aumentar la competitividad su sistema productivo (Pang, 2015).

Caso diferente se presenta para los países de las subregiones de América del Sur, América Central y del Norte y el Caribe que hoy en día solo contemplan el avanzar en aspectos como el progreso tecnológico para poder comenzar a implementar estrategias de eficiencia energética (Zhang, 2021)

Se logra observar en un contexto global que la eficiencia energética ha tenido gran importancia como herramienta dinamizadora de la sostenibilidad en cada país y se convierte en uno de los instrumentos más importantes a nivel mundial para combatir los efectos del cambio climático, muestra de esto se refleja en la figura 1, donde se observa el presupuesto destinado en 2021 y 2021 para eficiencia energética.


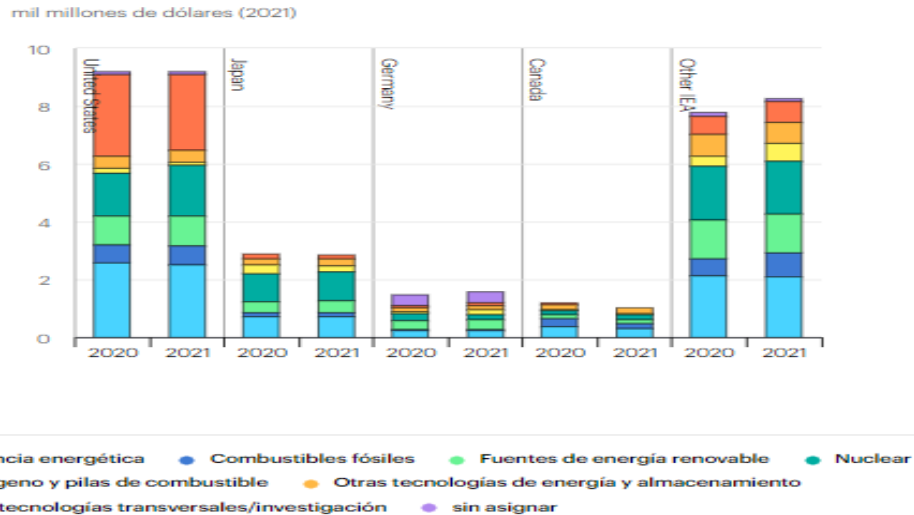
	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

Figura 1. Comparativo de fuentes energéticas a nivel mundial




Fuente: International Energy Agency. (<https://www.iea.org/countries/colombia>)

En Colombia la gestión realizada sobre eficiencia energética toma gran poder e incluso ha permitido que el gobierno adopte lineamientos y planes a nivel nacional de uso eficiente y ahorro de energía, definiendo metas que responden a los compromisos “pactados a nivel internación en la COP21 y en el marco de la agenda 2030 para el desarrollo sostenible” como se observa en la siguiente tabla.

Tabla 1. Resolución en proceso de consulta propuesta por el ministerio de minas y energía.

Sector	Ahorro Potencial (pj)	Meta de ahorro	Emisiones evitadas (MtonCO2)
Residencial	523,07	3,11%	8,23
Transporte	673,33	4,00%	50,33
Terciario	131,71	0,78%	6,25
Industrial	256,36	1,52%	14,12
Termoelectrico	25,46	0,15%	1,89
Hidrocarburos	27,67	0,16%	1,66
Mineria	11,46	0,07%	0,77
Edificaciones	38,08	0,23%	1,75
Almacenaiento	1,05	0,01%	0,003
Distritos termicos	0,35	0,002%	0,008
Totales	1688	10%	85,02

Fuente: https://www.minenergia.gov.co/documents/2592/Resoluci%C3%B3n_adopci%C3%B3n_PROURE_-_consulta.pdf

	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020


Se puede observar que el sector industrial se ubica en el tercer puesto con mayor potencial de ahorro y reducción de emisiones de CO₂. A su vez se han estado generando avances sobre buenas prácticas para la gestión eficiente de la energía, políticas públicas para la eficiencia de la energía en la economía y medidores inteligentes (mejorar infraestructura para la medición avanzada) (Colombia, 2022) .

Por otro lado, el éxito de la elaboración e implementación de los planes de uso eficiente y ahorro de energía radican en la realización de un buen diagnóstico, lo que se busca con éste, es que refleje lo más acertadamente posible la situación actual de los procesos productivos que se presentan en las compañías en torno a los consumos de energía. La dificultad de estos procesos de medición radica en el costo de los equipos y la falta de mano de obra calificada para tal fin en las industrias.

Por consiguiente, al revisar la información sobre evaluación de sistemas de gestión energética se logra determinar que para cada organización y proceso en particular se debería implementar una metodología única debido a las diferentes variables que pueden alterar la medición de la misma (Castillo, 2022)

Para el caso particular de la elaboración de esta monografía, se observa de manera positiva la instalación de equipos generadores de energía a partir de la radiación como el caso de una de las empresas del sector que suplente el 30% de sus necesidades energéticas con paneles solares, sin embargo, acceder a este tipo de sistemas de generación tienen altas limitantes para empresas con instalaciones físicas muy viejas y que no cumplen con condiciones de sismo resistencia, esto incide en los consumos de energía. Por lo tanto, se debe estudiar la disminución de consumos energéticos asociados a las pérdidas que se puedan dar por condiciones tan básicas como la falta de conductores adecuados para el transporte de la energía, falta de aislamientos térmicos en conductos de sistemas generadores de vapor o de frío o el más común pérdidas por fugas en las tuberías de conducción.

Dentro de los referentes se tienen que la aplicación de metodologías sugeridas en la norma ISO 50001 y la identificación de consumos energéticos en otra planta del sector ha permitido identificar oportunidades de mejoras significativas en áreas de estudio similares a las propuestas en este estudio. (Marquez, 2018) en su estudio y después de la elaboración de una línea base energética para la empresa AVINSA S.A.S logró determinar que los URE's significativos en este tipo de industrias esta dado por los sistemas de motores, refrigeración y aire comprimido, obteniendo ahorros equivalentes a \$46.219,157 pesos y 31.41 toneladas de CO₂ evitadas, contribuyendo así al medio ambiente.

	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 LEVANTAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

En esta sección se identifican las condiciones actuales de las instalaciones y equipos que consumen energía para los procesos de colgado, escaldado, enfriamiento y congelación del producto.

La empresa cuenta con un área construida de aproximadamente ochocientos metros cuadrados y se encuentra distribuida por áreas de proceso. Para abastecer las necesidades energéticas de cada proceso, las acometidas de los circuitos eléctricos se efectuaron sin respetar las consideraciones del reglamento técnico de instalaciones eléctricas – RETIE – y más bien, se fueron supliendo acorde a la necesidad del momento, como se evidencia en las figuras 2 y 3.

Figura 2. Condiciones técnicas que no cumplen con RETIE



Fuente: propia


	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

Figura 3. Cableado expuesto sin cumplimiento de norma




Fuente: propia

También se evidenció como hallazgos de gran interés, el hecho de que dentro de las instalaciones se han implementado mecanismos de ahorro de energía como las lámparas tipo led con encendido por medio de sensores de movimiento (figura 4). Sin embargo, en el estado que se encuentran actualmente no corresponden a una condición de mejora.

Figura 4. Luminarias LED con sensores de movimiento.



Fuente: propia

	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

Equipos de frío

Figura 5. Condensadores de equipos de frío




Fuente: propia

En la empresa se cuenta con 35 compresores para el proceso de conservación y congelación (extracción de calor: ver figura 5) del producto. De los cuales se tienen 8 túneles de congelación y 9 cavas de conservación alimentadas por 32 equipos con sistema uno a uno con capacidad de entre 15 HP a 45 HP y un Rack de refrigeración que se utiliza para 2 túneles y una cava que tiene una capacidad de 90 HP (3 compresores de 30 HP).

Figura 6. Compresor de equipos de frío



Fuente: propia

	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

en la figura 6 se observa un equipo que tiene pendiente mejorar temas de aislamiento y de válvulas, estos equipos marca Copeland trabajan a una presión por baja de entre 15 psi a 25 psi en túneles de congelación para alcanzar temperaturas de -30 grados Celsius (ver figura 7).

La empresa tiene contratado un servicio de mantenimiento de equipos de frío con una empresa externa llamada Agefrío S.A.S quienes disponen de un técnico que debe estar pendiente del comportamiento de la temperatura de los equipos y de realizar las intervenciones oportunas de mantenimiento.

Figura 7. Tablero de control de equipos de frío



Fuente: propia

Para dar seguimiento y garantizar que los túneles y cavas se encuentran dentro de los rangos de operación óptimos y poder tomar acciones tempranas sin poner en riesgo la conservación y congelación del producto se lleva un documento (Tabla 2) que debe ser diligenciado por el personal técnico encargado de los equipos de frío en ciertos intervalos de tiempo. Estos valores son de importancia relevante porque facilitan la toma de decisiones sobre que equipos (túneles o cavas) se deben utilizar de acuerdo a la referencia de la mercancía y permiten evaluar su comportamiento frente a condiciones climáticas como días con temperaturas más altas de lo habitual, capacidad del túnel de almacenar mercancía con las diferentes referencias que se manejan en planta de procesos y los casos para los cuales los quipos están presentando fallas y requieren de intervención.

Tabla 2. Seguimiento a temperaturas en túneles y cavas.

EQUIPOS/HORA	8:00 (°C)	10:00 (°C)	14:00 (°C)	16:00 (°C)
TUNEL 3 A	-18	-11	-10	D
TUNEL 3 B	-18	-11	-10	D


	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

Tabla 2. Seguimiento a temperaturas en túneles y cavas.

EQUIPOS/HORA	8:00 (°C)	10:00 (°C)	14:00 (°C)	16:00 (°C)
TUNEL 4	-14	-19	-12	-7,5
TUNEL 5	-12	-12	-12	-13
TUNEL 6	-16	-10	-13	-13
TUNEL 7	-23	-21	D	-12
TUNEL 8	M	D	D	-21
TUNEL 9	M	D	D	-28
TUNEL 10	-20	-12	D	-12
CAVA 1	-20	-22	-20	-22
CAVA 2	-18	-16	-13	-12
CAVA 3	-17	-19	-18	-16
CAVA 4	-19	-20	-19	-18
CAVA 5	-08	-22	-24	-28
CAVA 6	-20	-21	-21	D
CAVA 7	-21	-21	-20	-21
CAVA 8	-20	-20	-20	-20
CAVA 9	-13	D	D	-15

Fuente: propia


El refrigerante que se utiliza en la empresa es R507, el cual entró a reemplazar el R22 con la finalidad de disminuir el impacto al medio ambiente.

Figura 8. Uso de refrigerante



Fuente: propia

Se tienen 4 compresores que trabajan a 440 Voltios y 31 que trabajan a 220 Voltios.

	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

En operación normal los compresores que trabajan a 440 V consumen en promedio entre 18 Amperios a 22 Amperios, esto sin considerar el arranque, a diferencia de los que trabajan a 220 Voltios que consumen en operación normal entre 75 Amperios a 90 Amperios con una presión del refrigerante.

Sistemas generadores de vapor

En la empresa se cuenta con dos calderas para generar el vapor requerido en el proceso de calentamiento del agua y realizar el proceso de escaldado del pollo y a su vez se distribuye una porción de vapor para el proceso de lavado de canastas.

Figura 9. Placa de caldera principal



Fuente: propia

Se tiene una caldera pirotubular horizontal con una capacidad de 50 BHP (figura 11) y una caldera pirotubular vertical de 40 BHP que se utiliza en casos de contingencia.


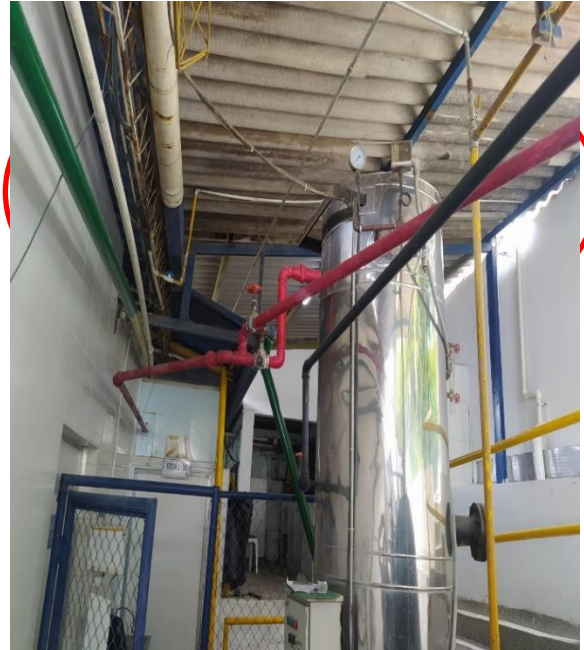
	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

Figura 11. Caldera Principal



Fuente: propia

Figura 10. Caldera secundaria.



Fuente: propia

Para el transporte del vapor se tienen tuberías galvanizadas que como se evidencia en la figura 12 y 13 no cuentan con aislamiento térmico.


	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

Figura 13. Tuberías sin aislamiento



Fuente: propia

Figura 12. tuberías sin aislamiento en área de escalado



Fuente: propia

El quemador (figura 14) que se encuentra instalado de acuerdo con las estimaciones realizadas presenta un paso de aire aproximado del 52%, donde lo recomendado para calderas que trabajan con GLP y gas natural como combustible es de máximo un 10%.


	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

Figura 14. Quemador de caldera principal



Fuente: propia

El suministro de agua para alimentar la caldera se realiza desde un tanque de almacenamiento, al cual no retorna el condensado que se genera en la tubería y que adicionalmente hay que aplicarle desincrustante para mantenimiento preventivo de las tuberías.


	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

Figura 15. Tanque de suministro de agua.



Fuente: propia

Actualmente la Calidad de agua de la caldera no cumple con características que garanticen los parámetros óptimos de operación, por lo que demanda la adición de un producto desincrustante.


 Institución Universitaria	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

Figura 16. Análisis de calidad de agua para caldera suministrado por empresa Provinas.



RESULTADO DE ANALISIS DE AGUAS	Código F-39
	V. 3.0
	15 Abril /2020

Cliente: POLLOS PAULANDIA

Fecha: 10 Junio de 2022

Equipo: Caldera 60 BHP

Horas de trabajo: 18 horas

Purgas: 2 diarias

Producto: PI 200

Dosis: 6 Lt

Características Físicas

Parametro	Rango Normal	Marzo 2022	Mayo 2022	Actual
Olor	Ninguno	Ninguno	Ninguno	Ninguno
Color	Blanco rosado	Blanco	Rosado ligero	Blanco
Turbidez	Ligera a Media	Media	Media	Alta

Características Químicas

PARÁMETRO	RANGO NORMAL	Marzo 2022	Mayo 2022	Actual
pH	10,5 - 11,5	11,7	11,7	11,5
Dureza [ppm]	0 - 5	5	5	5
Alcalinidad Total [ppm]	<700	>800	>800	800
Sulfitos [ppm]	30 - 40	30	7	9
Fosfatos [ppm]	60 - 80	60	12	16
STD [ppm]	2000 - 3000	5390	2500	4480
Conductividad [µS/cm]	3000 - 5000	-	3900	6989
Cloruros [ppm]	80 - 240	>500	400	>400

STD: Sólidos Totales Disueltos
ppm: Partes por millón
µS/cm: microSiemens/cm

Comportamiento pH:	CUMPLE
Comportamiento Dureza:	CUMPLE
Comportamiento tratamiento químico:	NO CUMPLE

Recomendaciones:

Modificar tratamiento químico: SI NO

Acciones a realizar: Aplicar 3 Lt por cada 9 horas de operación del equipo.

Modificar purgas: SI NO

Acciones a realizar: Aumentar la duración de las purgas para el ajuste de los Cloruros y pH.

Cambio parcial/total del agua: SI NO

En la figura 16 se observa que la calidad del agua para la caldera presenta solidos totales por encima de la norma, por lo que se recomienda adicionar producto desincrustante al agua de suministro de la caldera y tener en cuenta una frecuencia de purgas en intervalos de tiempo recomendados (2 de 3 minutos diarios).


	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

Figura 17. Tabla de dosificaciones de productos desincrustantes para tratamiento de calderas.




TABLA DE DOSIFICACIÓN PARA CALDERAS

CARACTERÍSTICAS Y CABALLAJE			LITRAJE PARA TRATAMIENTO		
			INICIAL O DE CHOQUE	DOSIS 12 HORAS SIN RETORNO	DOSIS 12 HORAS CON RETORNO
H.P.	H2O LBS	H2O LTS			
10	1000	500	2,5	1	0,6
20	1900	860	4,3	1,075	0,86
30	2850	1300	6,5	1,625	1,3
40	3780	1500	7,5	1,875	1,5
50	3950	1700	8,5	2,125	1,7
60	4380	2000	10	2,5	2
70	5110	2300	11,5	2,675	2,3
80	5570	2500	12,5	3,125	2,5
100	6620	3000	15	3,75	3
125	8100	3700	18,5	4,625	3,7
150	8930	4000	20	5	4
200	12300	5600	28	7	5,6
250	15850	7200	36	8	7,2
300	18950	8600	43	10,75	8,6
350	18900	8600	43	10,75	8,6
400	18650	8600	43	10,75	8,6
500	23350	10600	53	13,25	10,6
600	24000	12000	60	14	11
800	30800	14000	65	14,5	11,5

Los sólidos totales identificados en el análisis de calidad de agua para calderas (figura 16) dan muestra de una mala calidad de agua de suministro para el proceso, sumado a esto el condensado no retorna al tanque de abastecimiento de agua sino que se aprovecha para otro proceso.

Aire comprimido

	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

La empresa actualmente tiene instalado un compresor de referencia SK 20 T1 marca Kaeser y un tanque de almacenamiento de aire comprimido (tanque pulmón) con capacidad de 133 US gal.

El aire comprimido es utilizado para el accionamiento de tijeras neumáticas, pistolas neumáticas, en los procesos de eviscerado y para las inyectoras de marinado en los procesos de empaque. En la empresa también se utiliza el aire comprimido para realizar actividades de mantenimiento, funcionamiento de filtro prensa y accionamiento de electroválvulas.

Actualmente solo se cuenta con un compresor de potencia de 20 HP y de caudal instalado de 80 Pies cúbicos por minuto (cfm).

Figura 18. Estudio de eficiencia energética realizado en el año 2018 por la empresa KAESER COMPRESORES

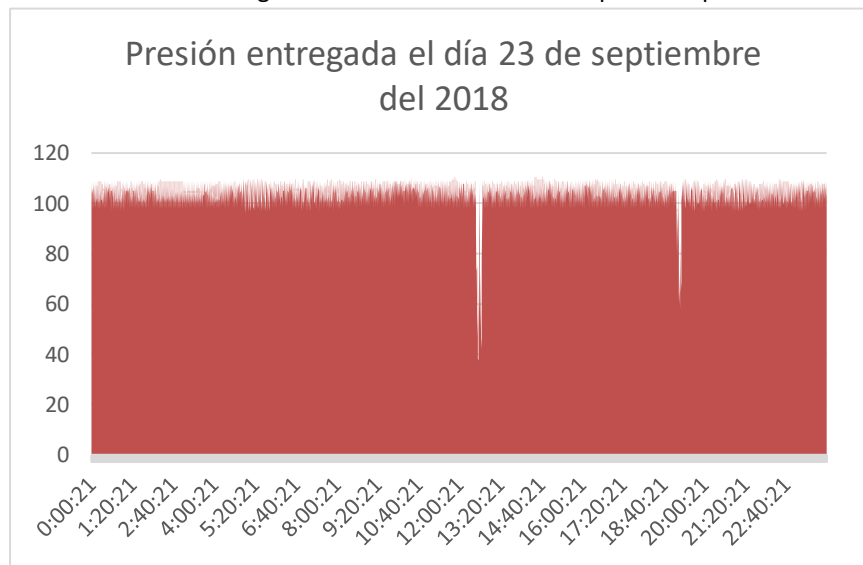
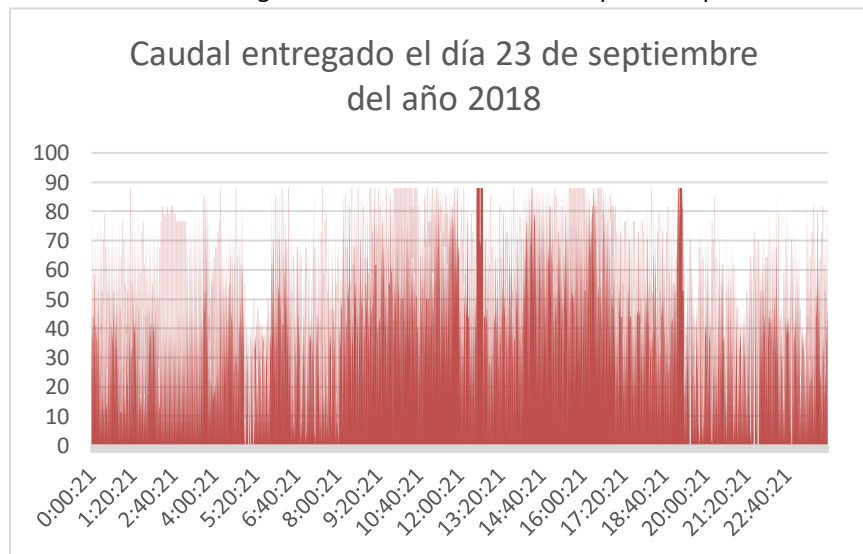



Figura 19. Estudio de eficiencia energética realizado en el año 2018 por la empresa KAESER COMPRESORES



	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

En las figuras 18 y 19 se observan caídas de presión y aumento del caudal respectivamente en horas específicas, esto debido a que en ciertas horas del día se demandan más caudal del que el compresor es capaz de entregar, sumado a esto se tiene que no se dispone de un compresor de respaldo, por lo que en caso de que se presente un daño de éste, se vería afectada la producción.

Consumo de energía eléctrica por motores.

La empresa posee motores eléctricos para la transmisión de potencia y movimiento de los equipos que conforman las líneas de proceso: bandas, operación de los equipos de corte, y bombas de succión. Estos motores son de diferente capacidad de potencia y van de entre los 0,5 HP hasta los 30 HP. Actualmente se trabaja en la construcción de la hoja de vida de los motores para incluirlos en el plan de mantenimiento. Sin embargo, se realizan prácticas de embobinado de motores para los casos en que se presentan fallas técnicas en los mismos por temas de costos y practicidad.

Figura 20. Stock de motores de la empresa.




Fuente: propia

En la Figura 20 se observan motores de diferente capacidad que se tienen en stock para cuando se requiera realizar cambios y enviar a reparación sin necesidad de parar la operación.

3.2 ANÁLISIS DE CALIDAD DE LA ENERGÍA

En la empresa contrató un análisis de calidad de la potencia con la empresa COINSI S.A.S en el año 2018. Para la medición se utilizó un analizador de redes MI 2892 marca METREL, el cual tiene la capacidad de medir, calcular y almacenar la información de los principales parámetros eléctricos de las redes de estudio.

Características técnicas del analizador:

	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

Medida de tensión

Rango de medida: 0 a 690 V

Cambio de escala: Automático

Frecuencia: 40 a 70 Hz

Medida de corriente

Rango de medida: Pinzas Flexibles de 1 a 3000 A (corriente pico 10000^a)

Clase de precisión (Clase A)

Corriente: 0.01%

Tensión: 0.01%


Para la medida se utilizaron cables con terminales tipo caimán para captar la señal de tensión y fueron conectadas a las fases L1, L2 y L3, neutro (Ln) y tierra (PE). Además se utilizaron cuatro pinzas tipo rogowski que captan la señal de corriente alterna, conectadas a cada una de las tres fases anteriormente mencionadas (L1, L2, L3).

Con el registro de las medidas básicas de frecuencia de la red, y de la tensión y la corriente en el mismo instante de tiempo, el equipo MI 2892, tiene la capacidad de calcular el resto de las variables eléctricas de interés para el estudio, como lo son: factor de potencia, potencia aparente, potencia activa y potencia reactiva, consumo de energía activa y energía reactiva, armónicos de corriente y voltaje, desbalance de tensión, eventos atípicos en el servicio de energía, entre otros.

El hallazgo más importante de ese estudio tuvo que ver con la variación de la tensión, como se aprecia en la curva CEBEMA¹ presentada por la empresa que realizó dicho estudio, la cual se muestra en la figura 21.

Analizando esta gráfica, se nota que hubo tres caídas de voltaje por debajo del valor estipulado en la norma (menor del 10% de la tensión nominal), uno de ellos con una magnitud del 70% y una duración aproximada de 40 segundos, los otros dos con una magnitud cercana al 100% y una duración que oscila entre los 100 segundos y 1000 segundos. Estos dos eventos, se pueden considerar como un “apagón”. No obstante, se puede notar que las sobretensiones o subidas de voltaje, que aunque solo fueron dos por encima del valor de la norma (10% por encima del voltaje nominal) con amplitudes cercanas al 112% y de una notable duración (muy cerca de los 1000 segundos, casi tres horas) representan el mayor problema, más aún cuando se registran muchos eventos de sobretensión en el umbral de la norma, entre 1 segundo y 100 segundos.

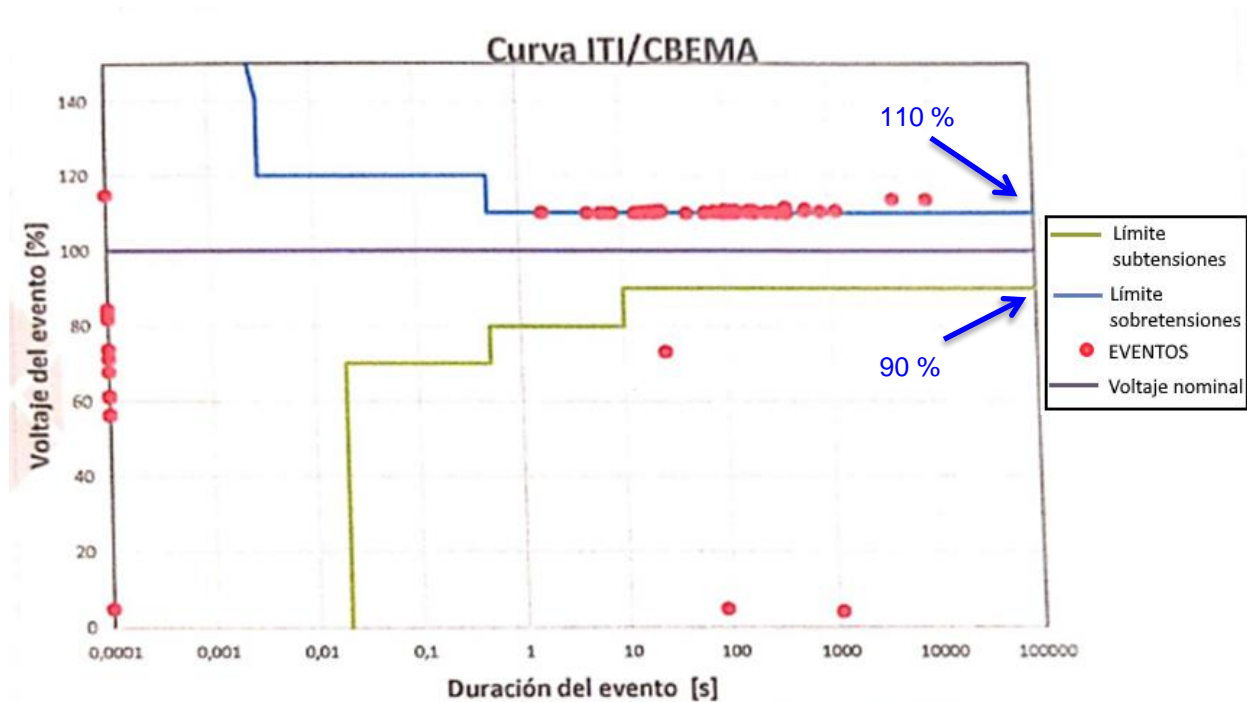
¹ La curva CBEMA publicada por el Comité 3 (TC3) del Consejo de información tecnológica e industrial, antes conocido como «Computer and Business Equipment Manufacturers Association» (CBEMA), indica la amplitud de la tensión de suministro en función de la duración de los acontecimientos no deseados.

	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

Es así como se recomienda la instalación de un Sistema de Alimentación Ininterrumpida (SAI) o por su sigla en inglés una UPS (Uninterruptible Power Supply), para proveer energía eléctrica mediante baterías cuando el suministro eléctrico falle y de este modo, proteger las cargas críticas contra las sobretensiones detectadas.

Por otra parte, también se logró determinar la necesidad de realizar mantenimiento al transformador de distribución que se tenía instalado en la empresa debido a los eventos que se habían presentado y evidenciado durante el estudio de calidad de potencia.

Figura 21. Eventos no deseados de tensión



Fuente: Estudio de calidad de energía realizado por COINSI S.A.S en el año 2018

Tabla 2. Resumen de cargabilidad (promedio medido)

Capacidad del transformador.	630 KVA
Potencia máxima demandada.	691.39 KVA
Potencia promedio demandada.	422.99 KVA
Porcentaje de promedio demandada vs carga instalada	67.14%
Potencia instalada al 90% Sn(Potencia Aparente Nominal)	567 KVA
Porcentaje de potencia disponible al 90% Sn (Potencia Aparente Nominal)	74.6%
Potencia disponible al 90%	144.01 KVA


	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

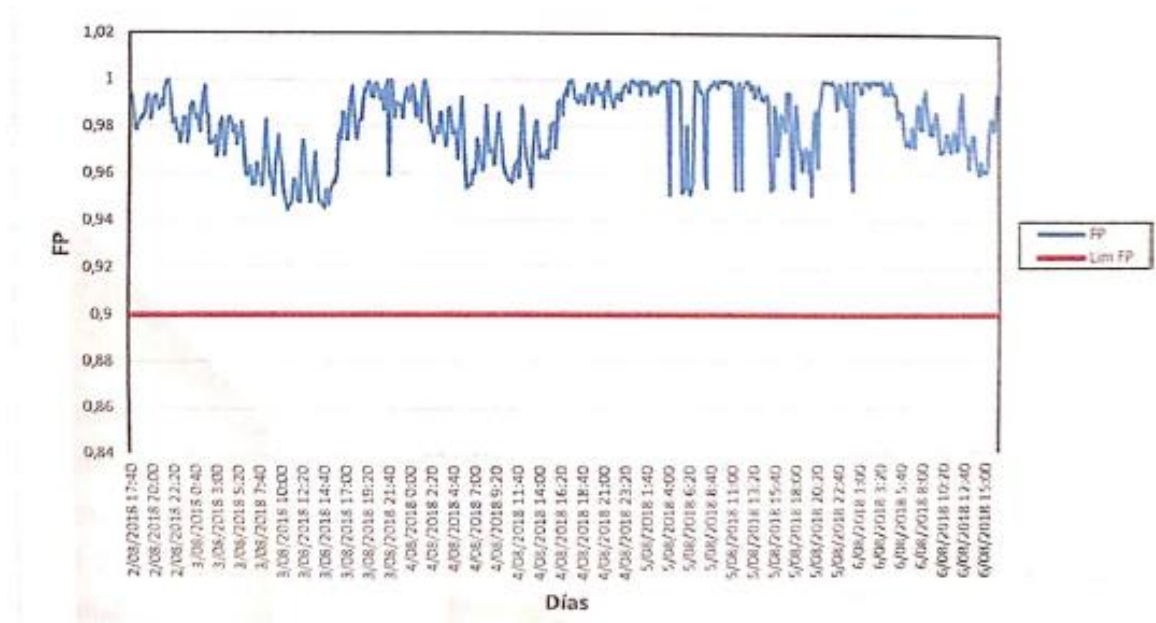
Tabla 2. Resumen de cargabilidad (promedio medido)

Capacidad del transformador.	630 KVA
Potencia disponible al 100%	207.01 KVA

Se recomendó trasladar cargas de las líneas 2 y 3 a la línea 1 para balancear el sistema trifásico y disminuir la circulación de corriente por el neutro.

Se identificó la necesidad de instalar banco de condensadores de 120 kVAR para compensar la potencia reactiva y mejorar el factor de potencia del sistema. Se aprecia en la figura 22 como después de su instalación, el factor de potencia permanece entre 0.94 y 1 en un periodo de mediciones desde febrero de 2018 a junio de 2018.

Figura 21. Gráfica de factor de potencia corregido con banco de capacitadores de 120 kVAR



Estudios de tensión a la entrada de la frontera.

Para el año 2023 se realizaron pruebas de tensión a la entrada y salidas del transformador, en el punto de conexión del operador de red, en las cuales se identificaron caídas de tensiones en bornes secundarios de los transformadores de potencia identificados con N° 105071 630KVA 13200/220/127V y N° 137264 400KVA 13200/440/254V.

Las pruebas se realizaron para identificar fallas internas a la salida de los transformadores, pero se llegó a la conclusión que las fallas están a la entrada de la frontera, por lo que se le solicitó al prestador del servicio que en este caso es Empresas públicas de Medellín corregir la falla para prevenir daños en los sistemas eléctricos de la planta.


	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

Tabla 3. Comparativo de identificación de bajas tensiones a la entrada de la frontera.

Tensiones (V) en bornes secundarios de transformador N°137264 400KVA 13200/440/254V		
FASES	Tensión medida	Tensión real Nominal (V)
L1 - L2	451	405
L2 - L3	451	407
L1 – L3	451	402

La información más reciente que se tiene abarca el análisis de variación de tensión en el sistema de potencia eléctrica del transformador de 400kVA 13200/440V/254V de la planta avícola.

Este informe se enfocó en el análisis de la variación de tensión del sistema de potencia eléctrica en la planta de Beneficio. En general, las redes de distribución de energía eléctrica tienden a tener variaciones en la señal de tensión, las cuales pueden ser de estado estable o de larga duración. Las variaciones de estado estable son desviaciones del valor eficaz de la tensión con una duración de 1 minuto, y dependen de las características de la red, como la longitud de los circuitos, problemas de regulación, variaciones de la carga eléctrica y concentración de cargas al final de un circuito. Por otro lado, las variaciones de larga duración, conocidas como sobretensiones o sub-tensiones, se manifiestan en una desviación de la amplitud de un $\pm 10\%$ respecto al valor nominal de la instalación.


En este informe se realizó una evaluación de las variaciones de tensión en la planta avícola, conectando un analizador de redes en los bornes secundarios del transformador de potencia de 400kVA a 13200/440/254V. El objetivo era tomar una decisión técnica acertada que permitiera tener una operación constante sin afectar los equipos conectados a la red aguas debajo de la planta de Beneficio.

Se identificaron anomalías en el secundario de los transformadores de la planta de Beneficio, las cuales se derivan de la calidad del operador de red (EPM) para suministrar un nivel de tensión adecuado. Empresas públicas de Medellín procedió a presentar un informe detallado con las acciones y consideraciones que se tuvieron para mejorar la calidad en el servicio de energía, incluyendo la contextualización del circuito de alimentación, sus características y las cargas de mayor demanda para el mismo.

Tabla 5. Transformador de 400kVA 13200/440V/254V, relaciones de transformación

Posición del conmutador	Uniones	% de tomas del TAP	Tensión Primario [kV]	Tensión Secundario [kV]	Relación de transformación
1	1-2	1.02	13.53	0.44	30.75
2	2-3	1.00	13.20	0.44	30.00
3	3-4	0.97	12.87	0.44	29.25
4	4-5	0.95	12.54	0.44	28.50
5	5-6	0.92	12.21	0.44	27.75

A partir del análisis y la respuesta del operador de red, el equipo técnico de REDELECTRICAS SAS efectuó pruebas conectando las derivaciones del TAP del transformador y evaluando el comportamiento de las


 Institución Universitaria	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO		Código	FDE 089
			Versión	04
			Fecha	24-02-2020

tensiones de salida en el secundario del transformador, buscando solucionar el problema de la variación de la tensión de este modo. Las relaciones de transformación se muestran en la tabla 5.

Inicialmente se deja el TAP del transformador en la posición 2, donde se evalúa en un periodo de tiempo de 18 días comprendidos entre el 30 de marzo de 2023 y el 16 de abril del 2023 y durante este periodo se obtiene los siguientes resultados representados en la tabla 6.

Tabla 6. Resultados de la medición de tensión con el conmutador del transformador en la posición 2

Posición del TAP	Fecha Inicio	Fecha Final	Tiempo Medido [h]	Día	Tensión Sec. Máxima [V]	Tensión Sec. Mínima [V]	Hora Max. Tensión	Hora Min. Tensión	Tensión Prim. Máxima [kV]	Tensión Prim. Mínima [kV]	Porcentaje Max	Porcentaje Min
2 Conexión [2-3] 100%	2023-03-30	2023-03-31	24	Jueves	453.46	420.25	22:30:00	8:50:00	13.6	12.61	3.10%	-0.045
	2023-03-31	2023-04-01	24	Viernes	448.07	426.8	1:35:00	14:15:00	13.44	12.8	1.80%	-0.03
	2023-04-01	2023-04-02	24	Sábado	448.16	425	17:45:00	10:50:00	13.44	12.75	1.90%	-0.034
	2023-04-02	2023-04-03	24	Domingo	456.72	427.83	23:55:00	12:50:00	13.7	12.83	3.80%	-0.028
	2023-04-03	2023-04-04	24	Lunes	460	426.82	0:30:00	10:05:00	13.8	12.8	4.50%	-0.03
	2023-04-04	2023-04-05	24	Martes	453.08	425.68	19:45:00	10:30:00	13.59	12.77	3.00%	-0.033
	2023-04-05	2023-04-06	24	Miércoles	477.7	425.68	2:25:00	10:30:00	14.33	12.77	8.60%	-0.033
	2023-04-06	2023-04-07	24	Jueves	477.7	431.86	2:20:00	10:40:00	14.33	12.96	8.60%	-0.018
	2023-04-07	2023-04-08	24	Viernes	470	433.99	0:25:00	8:50:00	14.1	13.02	6.80%	-0.014
	2023-04-08	2023-04-09	24	Sábado	480	432.07	6:35:00	8:50:00	14.4	12.96	9.10%	-0.018
	2023-04-09	2023-04-10	24	Domingo	480	433.93	6:35:00	11:45:00	14.4	13.02	9.10%	-0.014
	2023-04-10	2023-04-11	24	Lunes	466.15	430	4:45:00	11:10:00	13.98	12.9	5.90%	-0.023
	2023-04-11	2023-04-12	24	Martes	460	430	3:05:00	11:10:00	13.8	12.9	4.50%	-0.023
	2023-04-12	2023-04-13	24	Miércoles	458.64	430.8	2:00:00	11:50:00	13.76	12.92	4.20%	-0.021
	2023-04-13	2023-04-14	24	Jueves	459.21	426.19	0:45:00	10:30:00	13.78	12.79	4.40%	-0.031
	2023-04-14	2023-04-15	24	Viernes	459.29	426.19	0:20:00	10:30:00	13.78	12.79	4.40%	-0.031
	2023-04-15	2023-04-16	24	Sábado	476.7	430	7:15:00	9:20:00	14.3	12.9	8.30%	-0.023
	2023-04-16	2023-04-17	24	Domingo	477.4	430.75	7:15:00	9:50:00	14.32	12.92	8.50%	-0.021
2023-04-17	2023-04-18	24	Lunes	477.4	423	3:10:00	7:25:00	14.68	13.01	11.20%	-0.015	

	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO		Código	FDE 089
			Versión	04
			Fecha	24-02-2020

La Unidad Centro de Excelencia Técnica Normalización y Laboratorios de EPM, mediante la Norma Técnica No. 13 referente a la calidad de la potencia suministrada para redes de distribución², indica que para los niveles de media tensión, la tensión máxima puede ser de +5% y la mínima del -10%. De acuerdo con esta norma, se observan sobretensiones que están por fuera del rango de permitido: superiores a 5%, o mayores de 13.87 kV, estos eventos no deseados y resaltados en la tabla 6 oscilan entre 5.9% y 11.2% de la tensión. También se aprecia que varían de acuerdo con los días y horas de operación de tal forma que, los días en que se presenta la mayor tensión de operación son los sábados y domingos en horas de la mañana, posiblemente debido a que la carga conectada al circuito de alimentación disminuye en dichos periodos de tiempo. No se registraron en este periodo, caídas de voltaje: tensiones mínimas menores al 10% , o inferiores a 11.88 kV.

Es claro que con el TAP del transformador en la posición 2, no se resuelve el problema de la sobretensión, lo cual es nocivo para el normal funcionamiento de los equipos instalados en la planta. Por ello, se decide cambiar la posición del TAP del transformador de posición 2 (uniones 2-3) a la posición 1 (uniones 1-2) por un periodo de 22 días, contados desde el día 17 de abril de 2023 hasta el día 9 de mayo de 2023. Los resultados se muestran en la tabla 7.

Tabla 7. Resultados de la medición de tensión con el conmutador del transformador en la posición 2

Posición del TAP	Fecha Inicio	Fecha Final	Tiempo Medido [h]	Día	Tensión Sec. Máxima [V]	Tensión Sec. Mínima [V]	Hora Max. Tensión	Hora Min. Tensión	Tensión Prim. Máxima [kV]	Tensión Prim. Mínima [kV]	Porcentaje Max	Porcentaje Min
1 Cone- xión [1-2] 102,5%	2023-04-18	2023-04-19	24	Martes	455	423	0:40:00	7:25:00	13.99	13.01	6.00%	-0.015
	2023-04-19	2023-04-20	24	Miércoles	455	422.12	0:40:00	11:05:00	13.99	12.98	6.00%	-0.017
	2023-04-20	2023-04-21	24	Jueves	448.49	421.35	23:40:00	11:25:00	13.79	12.96	4.50%	-0.018
	2023-04-21	2023-04-22	24	Viernes	451.79	421.33	3:35:00	14:35:00	13.89	12.96	5.20%	-0.018
	2023-04-22	2023-04-23	24	Sábado	452.46	425	8:20:00	11:55:00	13.91	13.07	5.40%	-0.01
	2023-04-23	2023-04-24	24	Domingo	453.25	421.53	0:40:00	11:50:00	13.94	12.96	5.60%	-0.018
	2023-04-24	2023-04-25	24	Lunes	453.25	420	0:40:00	10:55:00	13.94	12.92	5.60%	-0.022
	2023-04-25	2023-04-26	24	Martes	445	420	2:30:00	13:35:00	13.68	12.92	3.70%	-0.022
	2023-04-26	2023-04-27	24	Miércoles	450	421.12	2:25:00	7:50:00	13.84	12.95	4.80%	-0.019
	2023-04-27	2023-04-28	24	Jueves	450	420	2:25:00	10:55:00	13.84	12.92	4.80%	-0.022
	2023-04-28	2023-04-29	24	Viernes	447.16	420	1:45:00	14:30:00	13.75	12.92	4.20%	-0.022
	2023-04-29	2023-04-30	24	Sábado	449.74	420	6:50:00	7:55:00	13.83	12.92	4.80%	-0.022

² EPM-UCET-NYL-NT-13. Norma Técnica: Calidad de la potencia de redes de distribución. Agosto 2019.


	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO		Código	FDE 089
			Versión	04
			Fecha	24-02-2020

Tabla 7. Resultados de la medición de tensión con el conmutador del transformador en la posición 2

Posición del TAP	Fecha Inicio	Fecha Final	Tiempo Medido [h]	Día	Tensión Sec. Máxima [V]	Tensión Sec. Mínima [V]	Hora Max. Tensión	Hora Min. Tensión	Tensión Prim. Máxima [kV]	Tensión Prim. Mínima [kV]	Porcentaje Max	Porcentaje Min
	2023-04-30	2023-05-01	24	Domingo	459.8	421.25	23:40:00	14:25:00	14.14	12.95	7.10%	-0.019
	2023-05-01	2023-05-02	24	Lunes	465	425.06	4:25:00	13:05:00	14.3	13.07	8.30%	-0.01
	2023-05-02	2023-05-03	24	Martes	457.27	420.93	0:40:00	8:30:00	14.06	12.94	6.50%	-0.019
	2023-05-03	2023-05-04	24	Miércoles	444.12	420	0:30:00	8:15:00	13.66	12.92	3.50%	-0.022
	2023-05-04	2023-05-05	24	Jueves	448.72	420	0:40:00	11:45:00	13.8	12.92	4.50%	-0.022
	2023-05-05	2023-05-06	24	Viernes	450	420.29	0:20:00	11:45:00	13.84	12.92	4.80%	-0.021
	2023-05-06	2023-05-07	24	Sábado	451.62	420.38	4:40:00	10:10:00	13.89	12.93	5.20%	-0.021
	2023-05-07	2023-05-08	24	Domingo	449.71	420	6:05:00	11:55:00	13.83	12.92	4.80%	-0.022
	2023-05-08	2023-05-09	24	Lunes	453.27	420	3:15:00	14:35:00	13.94	12.92	5.60%	-0.022


Se evidencia en los resultados de las mediciones registradas en la tabla 7 con el TAP del transformador ajustado a la mínima posición (posición 1), que aún se obtienen tensiones no aptas para operación de la maquinaria de la empresa y por periodos de tiempo prolongados. En este caso las sobretensiones oscilan entre 5.2% y 8.3% de la tensión, siendo menos severas que las registradas en el caso anterior, cuando el TAP del transformado se ubicó en la posición 2. Por ello, como recomendación final, el contratista decide continuar con el TAP del transformador en la posición 1 y solicitar al operador de red una revisión más exhaustiva para corregir los problemas de sobretensión en el punto de conexión.

3.3 COSTOS DE CONSUMO DE ENERGÍA

En esta sección se analizan los costos de la energía y los indicadores del sistema energético de la empresa del sector avícola.

Los consumos de energía eléctrica activa para el año 2022 en la planta de Beneficio y Desprese fueron de 4.448.332,46 kWh con una equivalencia en costos de \$ 2.603.576.204,38 millones de pesos, a esto se le sumó un costo de \$ 67.536.823,00 por valor Exceso Energía Reactiva Inductiva.

El consumo de Gas Licuado de petróleo que se utiliza como combustible para la alimentación y generación de vapor en la caldera oscila entre los 5250 kg a 5500 kg y va muy de la mano con los volúmenes que maneja el proceso. El costo por kg de Gas licuado de petróleo es de \$ 6.241 mil pesos y para el año 2022 representó un costo de \$393.183.000 millones de pesos. Al proceso de generación de vapor se le suma también la aplicación de un desincrustante utilizado para evitar incrustaciones en los ductos de la

	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

caldera, este tiene un consumo promedio de novecientos treinta y seis litros para el año 2022 con un valor total de \$ 9.640.800 y los mantenimientos asociados a remover incrustaciones y verificar el estado de los ductos sumaron alrededor de \$7.300.000 mil pesos y fueron realizados por la empresa electro vapor.

Para el caso del sistema de aire comprimido se tiene un consumo de energía de \$47.314,086 de pesos y el ahorro propuesto estaría dado en la compra de otro compresor con mayor capacidad y velocidad de operación variable, de acuerdo a lo estimado en el estudio realizado en años anteriores por la empresa KAESER compresores podrían bajar los costos hasta en \$13.350.000 millones de pesos al año por costos de consumo de energía eléctrica.

El estudio de eficiencia energética realizado al sistema de aire comprimido también dimensiona unas pérdidas de alrededor de \$19.000.000 por año que estarían asociadas a fugas de aire en la red de distribución, es un estimado que surge de la capacidad nominal de consumo de aire de los sistemas que requieren energía y del consumo real que se presenta, por lo que la estimación no es cien por ciento confiable.

El refrigerante que se utiliza en la empresa es el R507 (ver figura 8) y se tiene un consumo de 50 libras mensuales en promedio por un valor de 1'000.000 pesos, esto en los casos en que no se presentan daños en los equipos de frío.

Finalmente, la distribución de los costos más representativos por consumos energéticos en la empresa se presenta en la figura 23.


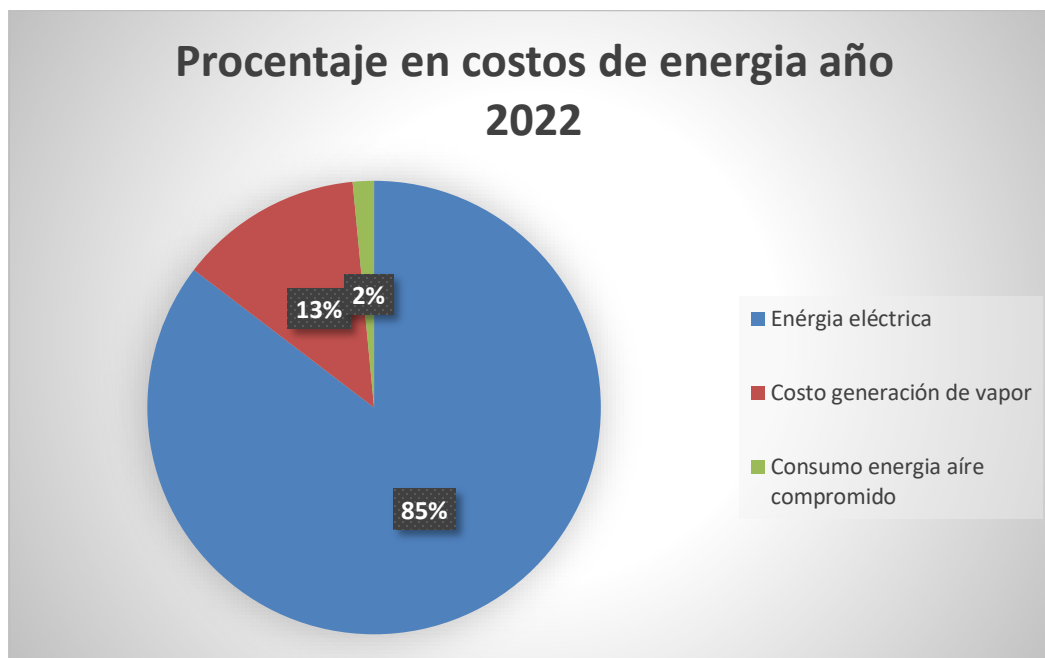
	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

Figura 22. Distribución de costos por consumo de energía eléctrica y térmica en la empresa.




En la literatura revisada para en este trabajo no se encontró una línea de base energética para empresas del sector avícola, por lo tanto, el reto para esta monografía es asentar la relación de la información que se analizó en los numerales anteriores y transformarla en una herramienta que facilite la toma de decisiones a nivel gerencial.

Inicialmente se definen los KPI para este proceso por cada uno de los sistemas (véase la tabla 8):

Tabla 8. Propuesta de KPI para la empresa.

KPI 1	KPI 2	KPI 3
\$354 pesos de kWh*kg de carne de pollo procesada.	\$ 54 pesos de generación de vapor* kg de carne de pollo procesada.	\$6,26 pesos de kWh consumido para generar aire comprimido * kg de carne de pollo procesado.

El KPI 1 enunciado en la tabla 8, se refiere al costo de kWh por kilogramo de carne de pollo procesada, este es un indicador crucial para evaluar la eficiencia energética en el proceso. Un valor alto en este KPI indica un consumo excesivo de energía eléctrica o variaciones inusuales en volúmenes de proceso (disminución), es decir, a las industrias que no cuentan con sistemas de gestión de energía los consumos de energía eléctrica, generalmente no se les facilita ajustar sus consumos a los volúmenes de proceso, lo


	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

cual puede ser un aspecto de mejora para reducir costos y minimizar el impacto ambiental. Sería recomendable buscar formas de optimizar los equipos de extracción de calor y explorar tecnologías más eficientes.

El KPI 2, que se enfoca en el costo de generación de vapor por kilogramo de carne de pollo procesada, también es relevante. La generación de vapor es un proceso energéticamente intensivo, por lo que es importante buscar alternativas para reducir los costos asociados. Esto podría implicar la implementación de sistemas de recuperación de calor o la optimización de la eficiencia de los generadores de vapor.

En cuanto al KPI 3, que se refiere al costo de kWh consumido para generar aire comprimido por kilogramo de carne de pollo procesada, es esencial evaluar la eficiencia de los sistemas de compresión de aire y el estado de los conductores del aire comprimido. Es posible que existan oportunidades para mejorar la eficiencia energética en estos aspectos, a través de la optimización de la configuración de los compresores, la reducción de fugas o el uso de sistemas de control más eficientes.

A simple vista se podría afirmar que el mayor potencial de mejora estaría dado en el consumo de energía eléctrica (KPI 1), esto está muy asociado al consumo de los equipos de extracción de calor que demandan grandes cantidades de energía, sin embargo, se debería entrar a realizar mediciones por proceso para determinar cuál proceso se debería intervenir primero.

	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020


4 CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES Y TRABAJO FUTURO

La empresa debe tomar medidas urgentes para mejorar su eficiencia energética y cumplir con las normas técnicas aplicables. Esto no solo permitirá reducir los costos operativos, sino también contribuirá a la sostenibilidad y al cuidado del medio ambiente. Con una evaluación de cada área y la implementación de soluciones técnicas adecuadas, la empresa podrá alcanzar niveles óptimos de eficiencia energética y establecerse como un ejemplo en su industria. Además, es importante fomentar una cultura de eficiencia energética en todos los niveles de la organización, promoviendo la conciencia sobre el consumo responsable y brindando capacitación necesaria a los colaboradores.

La empresa ha realizado esfuerzos para implementar medidas de ahorro de energía, como la sustitución de luminarias por lámparas LED con sensores de movimiento (figura 4). Resulta poco realista afirmar que las inversiones en iluminación generarían un impacto significativo en la reducción del consumo de energía comparado con otros sistemas. Sin embargo, se ha identificado que estas acciones no se basaron en criterios técnicos sólidos. Esto ha llevado a tener desafíos significativos en términos de eficiencia energética y el no cumplimiento de normas técnicas en las instalaciones. Es evidente que la falta de cumplimiento normativo en las redes eléctricas ha resultado en una distribución de energía que se adapta a las necesidades inmediatas, sin seguir un criterio técnico específico, tal como se muestra en las figuras 2 y 3. Además, dado que la empresa tiene altos consumos de energía en generación de vapor debería centrarse más en mejorar las condiciones de operación de este equipo en temas tan básicos como la calidad del agua de suministro y los aislamientos térmicos. En cuanto a los sistemas de extracción de calor (equipos de frío) que operan las 24 horas del día, los 7 días de la semana se debe evaluar su eficiencia y estado de funcionamiento en temas de válvulas y resistencias, incluso, considerando la viabilidad de proyectar control de flujo mediante la instalación de variadores de frecuencia.


El análisis de calidad de potencia realizado por COINSI S.A.S en 2018 reveló eventos de sobretensión en la red, lo que llevó a recomendar el mantenimiento del transformador de distribución y la instalación de Sistemas de Alimentación Ininterrumpida con el propósito de proteger las cargas críticas. Se observaron caídas de tensión en los bornes secundarios de los transformadores, indicando fallas en la entrada de la frontera. Como medidas correctivas, se propuso el balanceo del sistema trifásico y la instalación de un banco de compensación capacitiva. Todas estas medidas terminaron llevando a la compañía a tener herramientas para poder exigirle a Empresas Públicas de Medellín como prestador del servicio eléctrico corregir fallas en la entrada de la frontera. Estas acciones lograron mejorar la eficiencia y confiabilidad del sistema eléctrico de la empresa y disminuir costos para el año 2023 por cobros de penalizaciones.

El estudio realizado por la empresa REDELECTRICAS en el año 2023 no evidenció problemas de caídas de tensión, como tampoco desviaciones del factor de potencia, ni la presencia de armónicos de voltaje o corriente en la instalación eléctrica. No obstante, permitió determinar que el mayor problema registrado en la planta se relaciona con la sobretensión, siendo ésta una variable eléctrica muy crítica, ya que

	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

las subidas de tensión por fuera de los rangos establecidos en la norma y periodos de tiempo prolongados inciden directamente en el mal funcionamiento y posible daño de los equipos. A pesar de intentar corregir el problema, interviniendo la relación de transformación del transformador de potencia, no se consiguió una solución adecuada. Esto significa que los inconvenientes con las subidas de tensión provienen directamente del circuito alimentador y se manifiestan en el punto de conexión del operador de la red. Por eso, es muy importante agendar una reunión que involucre personal técnico del operador de red y el contratista para analizar en conjunto posibles soluciones a las fluctuaciones en la señal de tensión que suministran a la planta de producción.

El análisis detallado de los consumos energéticos en la planta de Beneficio y Desprese revela áreas de oportunidad para mejorar la eficiencia y reducir costos. El alto consumo de energía eléctrica y los gastos por exceso de energía reactiva inductiva son significativos. Se requiere optimizar el sistema de generación de vapor y el sistema de aire comprimido mediante la adquisición de equipos más eficientes y la detección y corrección de fugas en la red de distribución. Además, el uso de refrigerante y los mantenimientos asociados necesitan atención. Priorizando el consumo de energía eléctrica, se deben realizar mediciones por proceso para determinar la intervención más adecuada. Estos hallazgos brindan una base sólida para la toma de decisiones gerenciales y la implementación de estrategias eficientes. Con medidas correctivas y enfoque en la optimización de los sistemas energéticos, se esperan mejoras en eficiencia y reducción de costos, para un desarrollo sostenible y responsable en el sector industrial.

	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

5 REFERENCIAS

Andrade, E. E. (2021). Las PYMES y la eficiencia energética con la ISO 50001. Polo del conocimiento.

Castillo, A. P. (2022). Factores determinantes para la evaluación de la eficiencia energética en las organizaciones. Una visión desde las condiciones de Colombia. *Universidad y sociedad*, 509-520.

Colombia. (25 de Octubre de 2022). Ministerio de minas y energía. Obtenido de Ministerio de minas y energía: <https://www.minenergia.gov.co/es/misional/eficiencia-energ%C3%A9tica/>

Fernández, J. F. (2021). Eficiencia Energética en el sector industrial. Orkestra, Instituto Vasco de Competitividad.

Li, H. (2014). Energy efficiency analysis on Chinese industrial sectors: an improved Super-SBM model with undesirable outputs. *Journal of Cleaner Production*, 97-117.


Pang. (2015). Clean energy use and total-factor efficiencies: An international comparison. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 1158-1171.

Xue, L. (2022). Impacts of industrial structure adjustment, upgrade and coordination on energy efficiency: Empirical research based on the extended STIRPAT model. *Energy Strategy Reviews*.

Zhang, Y. (2021). Total factor efficiency and convergence analysis of renewable energy in Latin American countries. *Renewable Energy*, 785-795.

Márquez Findicue, Y. V., & Pérez Jiménez, M. C. (2020). Desarrollo de la etapa de planeación para la implementación de un sistema de gestión energética en Avinsa SAS basado en la norma ISO 50001: 2018.

6 ANEXOS

	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

FIRMA ESTUDIANTES	<u>Julio C. Aragón Santos</u>
FIRMA ASESORES	<u></u>

FECHA ENTREGA: 14 de junio de 2023