	GESTIÓN DE SERVICIOS ACADÉMICOS Y BIBLIOTECARIOS		CÓDIGO	FO-GS-15	
			VERSIÓN	02	
	ESQUEMA HOJA DE RESUMEN			FECHA	03/04/2017
				PÁGINA	1 de 1
ELABORÓ		REVISÓ		APROBÓ	
Jefe División de Biblioteca		Equipo Operativo de Calidad		Líder de Calidad	

RESUMEN TRABAJO DE GRADO

AUTOR(ES):

NOMBRE(S): TIANNY YORGELYS APELLIDOS: CARRASCAL BARRIENTOS

FACULTAD: INGENIERÍA

PLAN DE ESTUDIOS: INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

DIRECTOR: MSc. CRISTIAN LEONARDO TARAZONA CELIS

TÍTULO DEL TRABAJO (TESIS): ANÁLISIS Y OPTIMIZACIÓN DEL CONSUMO ENERGÉTICO DE LA LÍNEA DE COQUIZACIÓN EN LA PLANTA URIMAX, DE LA EMPRESA CARBOMAZ S.A.S.

RESUMEN:

En el presente proyecto se realizó los estudios sobre el consumo energético con énfasis en los motores eléctricos de la línea de coquización, ubicados en las instalaciones de la planta URIMAX de la empresa colombiana CARBOMAZ S.A.S. Dado que estos motores son de uso industrial, demanda una gran parte de energía eléctrica de la red, absorbiendo una considerable suma de reactivos que repercuten en penalizaciones por parte de la empresa de CENS.

Con base en los resultados obtenidos, se planteó algunas estrategias para mejorar la optimización de los procesos productivos con énfasis en estos motores eléctricos, con el propósito de examinar la factibilidad económica de la propuesta, al mismo tiempo reducir los costos de energía eléctrica en la planta, además de contribuir para amortizar y evitar la penalización por cobro de reactivos.

Este proyecto contribuye al conocimiento en el área de eficiencia energética, con aplicaciones prácticas en el sector industrial.

PALABRAS CLAVES: Motores, potencia, energía, consumo y condensadores.

CARACTERÍSTICAS:

PÁGINAS: 113 PLANOS: ILUSTRACIONES: 51 CD ROOM:

Copia No Controlada

ANÁLISIS Y OPTIMIZACIÓN DEL CONSUMO ENERGÉTICO DE LA LÍNEA DE
COQUIZACIÓN EN LA PLANTA URIMAX, DE LA EMPRESA CARBOMAZ S.A.S.

TIANNY YORGELYS CARRASCAL BARRIENTOS

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER

FACULTAD DE INGENIERÍA

PLAN DE ESTUDIOS DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

SAN JOSÉ DE CÚCUTA

2023

ANÁLISIS Y OPTIMIZACIÓN DEL CONSUMO ENERGÉTICO DE LA LÍNEA DE
COQUIZACIÓN EN LA PLANTA URIMAX, DE LA EMPRESA CARBOMAZ S.A.S.

Autor

Tianny Yorgelys Carrascal Barrientos

Proyecto de grado – Modalidad Pasantía

Requisito para optar por el título de Ingeniero Electromecánico

Director

MSc. Cristian Leonardo Tarazona Celis

Codirector

Ing. Jhonattan Gerardo Sandoval Ramírez

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER

FACULTAD DE INGENIERÍA

PLAN DE ESTUDIOS DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

SAN JOSÉ DE CÚCUTA

2023



**ACTA DE SUSTENTACIÓN PROYECTO DE GRADO
MODALIDAD TRABAJO PASANTÍA**

FECHA: 17 de octubre del 2023

HORA: 03:00 P.M.

LUGAR: SC 302 UFPS

PLAN DE ESTUDIOS: INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

TITULO DEL TRABAJO DE GRADO: "ANÁLISIS Y OPTIMIZACIÓN DEL CONSUMO ENERGÉTICO DE LA LÍNEA DE COQUIZACIÓN EN LA PLANTA URIMAX, DE LA EMPRESA CARBOMAZ S.A.S."

JURADOS: Msc: GLORIA ESMERALDA SANDOVAL MARTINEZ
Msc: GERMAN ENRIQUE GALLEGO RODRÍGUEZ

DIRECTOR: Msc: CRISTIAN LEONARDO TARAZONA CELIS
CODIRECTOR: Ing: JHONATAN GERARDO SANDOVAL RAMÍREZ

APROBADO

NOMBRE DEL ESTUDIANTE:	CÓDIGO	CALIFICACIÓN
TIANNY YORGELYS CARRASCAL BARRIENTOS	1091567	4.4

FIRMA DE LOS JURADOS:




VOBO. COORDINADOR COMITÉ CURRICULAR

Margarita Ch.

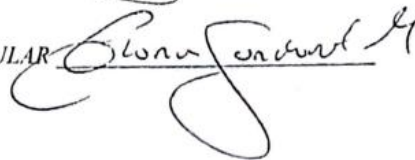


Tabla de Contenido

Introducción	13
1. Planteamiento del Problema	15
1.1. Formulación del Problema.....	15
2. Justificación	16
2.1. Beneficios Institucionales	16
2.2. Beneficios Tecnológicos.....	16
2.3. Beneficios Económicos.....	17
2.4. Beneficio Social	17
3. Objetivos.....	18
3.1. Objetivo General.....	18
3.2. Objetivos Específicos.....	18
4. Alcances.....	19
5. Limitaciones y Delimitaciones	20
5.1. Limitaciones.....	20
5.2. Delimitaciones	20
5.2.1. Delimitación Espacial	20
5.2.2. Delimitación Temporal	20
6. Marco Referencial.....	21
6.1. Antecedentes	21
6.1.1. Antecedentes Regionales	21
6.1.2. Antecedentes Nacionales	22
6.1.3. Antecedentes Internacionales.....	23
6.2. Marco Teórico.....	24
6.2.1. ¿Qué es un Motor Eléctrico?.....	24
6.2.1.1. Cuáles son los motores eléctricos más utilizados en la industria.	24
6.2.2. ¿Qué es un Motorreductor?.....	25
6.2.2.1. ¿Qué es un reductor?	25
6.2.2.2. Aplicación de los motorreductores y los reductores.....	25
6.2.2.2.1. Bandas transportadoras industriales.....	26
6.2.3. ¿Qué es Eficiencia de un Motor?	26

6.2.4.	Los Tipos de Potencias	26
6.2.4.1.	Potencia activa	27
6.2.4.2.	Potencia reactiva.....	28
6.2.4.3.	Potencia aparente.....	29
6.2.5.	¿Qué es Factor de Potencia?	30
6.2.5.1.	¿Cómo calcular el factor de potencia?.....	30
6.2.5.2.	¿Cómo corregir el factor de potencia en un motor?	31
6.2.5.3.	¿Qué es un condensador trifásico?	31
6.2.6.	Beneficios del Mantenimiento Industrial.....	32
6.3.	Marco Legal	33
7.	Metodología	36
8.	Desarrollo de la Investigación	40
8.1.	Análisis de los Motores Eléctricos de la Línea de Coquización de la Planta URIMAX 40	
8.2.	Análisis de la Demanda de la Potencia Reactiva de los Motores Eléctricos	46
8.3.	Consumo Actual de Energía Eléctrica de la Planta de Coquización URIMAX	68
8.4.	Estrategias Desde el Punto de Vista del Mejoramiento del Factor de Potencia	73
8.5.	Factibilidad Económica de la Propuesta	88
9.	Conclusiones.....	93
10.	Recomendaciones	94
11.	Referencias.....	95
Anexos	99

Lista de Tablas

Tabla 1. <i>Datos según la placa de los alimentadores – Tolva Ronbon de la línea de coquización.</i>	40
Tabla 2. <i>Datos medidos de los alimentadores – Tolva Ronbon de la línea de coquización.</i>	41
Tabla 3. <i>Datos según la placa de los motores de las bandas transportadoras de la línea de coquización.</i>	42
Tabla 4. <i>Datos medidos de los motores de las bandas transportadoras de la línea de coquización.</i>	43
Tabla 5. <i>Datos según la placa del motor de la esclusa de la línea de coquización.</i>	44
Tabla 6. <i>Datos medidos del motor de la esclusa de la línea de coquización.</i>	44
Tabla 7. <i>Datos según la placa de los motores de los molinos de la línea de coquización.</i>	45
Tabla 8. <i>Datos medidos de los motores de los molinos de la línea de coquización.</i>	45
Tabla 9. <i>Datos de los alimentadores M°1, M°2, M°3 y M°4.</i>	47
Tabla 10. <i>Datos del motor M°5.</i>	49
Tabla 11. <i>Datos del motor M°6.</i>	51
Tabla 12. <i>Datos del motor M°9.</i>	52
Tabla 13. <i>Datos del motor M°10.</i>	54
Tabla 14. <i>Datos del motor M°11.</i>	55
Tabla 15. <i>Datos del motor M°12.</i>	57
Tabla 16. <i>Datos del motor M°13.</i>	58
Tabla 17. <i>Datos del motor M°14.</i>	60
Tabla 18. <i>Datos del motor M°16.</i>	61
Tabla 19. <i>Datos del motor M°17.</i>	63

Tabla 20. <i>Datos del motor M°15.</i>	64
Tabla 21. <i>Datos del motor M°7.</i>	66
Tabla 22. <i>Datos del motor M°8.</i>	67
Tabla 23. <i>Referencias de condensadores para los alimentadores M°1, M°2, M°3 y M°4.</i>	75
Tabla 24. <i>Datos y costos utilizando el condensador para los alimentadores.</i>	75
Tabla 25. <i>Otras referencias de condensadores para los alimentadores M°1, M°2, M°3 y M°4.</i> 77	
Tabla 26. <i>Datos y costos utilizando el otro condensador para los alimentadores.</i>	77
Tabla 27. <i>Referencias de condensadores para los motores de las bandas transportadoras.</i>	79
Tabla 28. <i>Datos y costos utilizando el condensador para los motores de las bandas transportadoras.</i>	80
Tabla 29. <i>Otras referencias de condensadores para los motores de las bandas transportadoras.</i>	83
Tabla 30. <i>Datos y costos utilizando el otro condensador para los motores de las bandas transportadoras.</i>	84
Tabla 31. <i>Referencias de condensadores para los motores de los molinos.</i>	85
Tabla 32. <i>Datos y costos utilizando el condensador para los motores de los molinos.</i>	85
Tabla 33. <i>Consumo en costos de activa y reactiva de la planta de coquización URIMAX.</i>	88
Tabla 34. <i>Factibilidad económica de los condensadores trifásicos.</i>	90

Lista de Figuras

Figura 1. <i>Delimitación de la planta URIMAX, de la empresa CARBOMAZ.</i>	14
Figura 2. <i>Triángulo de potencias.</i>	27
Figura 3. <i>Rango del factor de potencia.</i>	30
Figura 4. <i>Gráfica de las curvas de desempeño para los alimentadores M°1, M°2, M°3 y M°4.</i> 46	
Figura 5. <i>Gráfica de las curvas de desempeño para el motor M°5.</i>	49
Figura 6. <i>Gráfica de las curvas de desempeño para el motor M°6.</i>	50
Figura 7. <i>Gráfica de las curvas de desempeño para el motor M°9.</i>	52
Figura 8. <i>Gráfica de las curvas de desempeño para el motor M°10.</i>	53
Figura 9. <i>Gráfica de las curvas de desempeño para el motor M°11.</i>	55
Figura 10. <i>Gráfica de las curvas de desempeño para el motor M°12.</i>	56
Figura 11. <i>Gráfica de las curvas de desempeño para el motor M°13.</i>	58
Figura 12. <i>Gráfica de las curvas de desempeño para el motor M°14.</i>	59
Figura 13. <i>Gráfica de las curvas de desempeño para el motor M°16.</i>	61
Figura 14. <i>Gráfica de las curvas de desempeño para el motor M°17.</i>	62
Figura 15. <i>Gráfica de las curvas de desempeño para el motor M°15.</i>	64
Figura 16. <i>Gráfica de las curvas de desempeño para el motor M°7.</i>	65
Figura 17. <i>Gráfica de las curvas de desempeño para el motor M°8.</i>	67
Figura 18. <i>Datos del recibo de servicio de energía de la planta de coquización URIMAX.</i>	68
Figura 19. <i>Diagrama de barras del recibo de servicio de energía de la planta de coquización URIMAX.</i>	69
Figura 20. <i>Rango del factor de potencia.</i>	70
Figura 21. <i>Fórmula para penalización de energía reactiva inductiva.</i>	71

Figura 22. <i>Fórmula para penalización de energía reactiva capacitiva.</i>	71
Figura 23. <i>Esquema del factor M, aplicado por la CREG.</i>	72
Figura 24. <i>Corrección de factor de potencia.</i>	73
Figura 25. <i>Lista del catálogo de condensadores trifásicos para corrección del factor de potencia – WEG.</i>	89
Figura 26. <i>Gráfica del valor total de los condensadores y de costos del consumo acumulado de reactiva durante el periodo de los siete meses estudiados.</i>	91
Figura 27. <i>Diagrama de barras del recibo de servicio de energía de la planta de coquización URIMAX sin consumo de reactiva.</i>	92

Lista de Anexos

Anexo 1. <i>Listado de los motores objeto de estudio de la línea de coquización.</i>	99
Anexo 2. <i>Hoja de vida del Motorreductor, Alimentador N°1.</i>	99
Anexo 3. <i>Hoja de vida del Motorreductor, Alimentador N°2.</i>	100
Anexo 4. <i>Hoja de vida del Motorreductor, Alimentador N°3.</i>	100
Anexo 5. <i>Hoja de vida del Motorreductor, Alimentador N°4.</i>	101
Anexo 6. <i>Hoja de vida del Motorreductor, Banda N°1.</i>	101
Anexo 7. <i>Hoja de vida del Motorreductor, Banda N°2.</i>	102
Anexo 8. <i>Hoja de vida del Motor, Molino N°1.</i>	102
Anexo 9. <i>Hoja de vida del Motor, Molino N°2.</i>	103
Anexo 10. <i>Hoja de vida del Motorreductor, Banda N°3.</i>	103
Anexo 11. <i>Hoja de vida del Motorreductor, Banda N°4.</i>	104
Anexo 12. <i>Hoja de vida del Motorreductor, Banda N°5.</i>	104
Anexo 13. <i>Hoja de vida del Motorreductor, Banda N°6.</i>	105
Anexo 14. <i>Hoja de vida del Motorreductor, Banda N°7.</i>	105
Anexo 15. <i>Hoja de vida del Motorreductor, Banda N°8.</i>	106
Anexo 16. <i>Hoja de vida del Motorreductor, Esclusa.</i>	106
Anexo 17. <i>Hoja de vida del Motorreductor, Banda N°9.</i>	107
Anexo 18. <i>Hoja de vida del Motorreductor, Banda N°10.</i>	107
Anexo 19. <i>Hoja de vida del condensador trifásico UCWT1V53 L10 HD (WEG, 2023)</i>	108
Anexo 20. <i>Hoja de vida del condensador trifásico UCWT1.5V53 L10 HD (WEG, 2023)</i>	109
Anexo 21. <i>Hoja de vida del condensador trifásico UCWT2V53 L10 HD (WEG, 2023)</i>	110
Anexo 22. <i>Hoja de vida del condensador trifásico UCWT2.5V53 L10 HD (WEG, 2023)</i>	111

Anexo 23. <i>Hoja de vida del condensador trifásico UCWT30V53 S28 HD (WEG, 2023)</i>	112
Anexo 24. <i>Hoja de vida del condensador trifásico UCWT50V53 U28 HD (WEG, 2023)</i>	113

Introducción

La empresa CARBOMAZ S.A.S., es una empresa colombiana del sector minero y coquización. Cuenta con operaciones en Norte de Santander, Valledupar, Córdoba, Boyacá y Cundinamarca, con clientes internacionales en diversos lugares del mundo. Actualmente tiene a su disposición varias plantas de coquización, una de ellas es la planta de URIMAX. (figura 1).

La planta de URIMAX, se dedica a la transformación y comercialización de carbón en Norte de Santander, principalmente a la producción de coque. En ella se encuentra a su disposición motores eléctricos, de los cuales diecisiete de ellos son el objeto de estudio. Estos motores, al ser de uso industrial, demanda una gran suma de energía eléctrica de la red, absorbiendo una considerable cantidad de reactivos que repercute en penalizaciones por parte de la empresa comercializadora de energía eléctrica, además generan problemas de abastecimiento de energía a otros sectores de la planta URIMAX.

La intención de este proyecto tiene como finalidad realizar los respectivos estudios sobre el consumo energético con énfasis en los diecisiete motores que trabajan en la línea de coquización, identificando las diversas variables con el propósito de generar una solución que contribuya a un mejor aprovechamiento y consumo de energía eléctrica de los motores objeto de estudio de la planta URIMAX.

Figura 1.

Delimitación de la planta URIMAX, de la empresa CARBOMAZ.



Nota. Adaptado de Grupo MAX, SST, por CARBOMAZ, 2023.

1. Planteamiento del Problema

La planta de coquización URIMAX, ubicada en Norte de Santander, cuenta con una gran variedad de motores eléctricos industriales a nivel operativo, diecisiete de ellos se encuentran en la zona entre molinos de carbón y coquería (figura 1), algunos de estos motores son de gran tamaño y consumo energético, los cuales están ocasionando altos niveles de consumo de reactiva inductiva, que conllevan a un pago de la misma y a una penalización a futuro si no se corrige el factor de potencia de la línea de estudio en los niveles establecidos por la CREG (la Comisión de Regulación de Energía y Gas).

Además, con la adquisición prevista de más dispositivos y herramientas de uso eléctrico a futuro, la capacidad eléctrica de la subestación se verá comprometida, lo que agudiza la problemática energética en la planta URIMAX si no se mejora la eficiencia del consumo eléctrico. Esta situación tiene un impacto directo en la eficiencia operativa de la planta y en los costos asociados a la factura de energía eléctrica, lo cual representa una preocupación importante para la empresa.

Los costos de penalización por parte del operador de RED seguirán aumentando al no establecer medidas respecto a la compensación de los reactivos inductivos que se está tomando de la red. Esto conlleva a establecer medidas apremiantes en la solución a la problemática planteada respecto al consumo eléctrico de los motores de la línea de coquización.

1.1. Formulación del Problema

Teniendo en cuenta lo anteriormente planteado se realizó la siguiente pregunta:

¿Cuáles estrategias basadas en el análisis operativo, permiten optimizar el consumo eléctrico de la línea de coquización en la planta URIMAX?

2. Justificación

La producción de coque se ha convertido en un producto de gran potencial, es usado principalmente para la fabricación de aceros. Para lograr la producción de este combustible sólido, se debe realizar un proceso, en el cual involucra tolvas, bandas, molinos, hornos, cribado y el objeto de estudio que son los motores eléctricos. Por ende, es de vital importancia el óptimo aprovechamiento de la energía.

Basados en las condiciones y necesidades mencionadas anteriormente, se hace indispensable la realización de un cuadro de cargas para los motores objetos de estudio, para así tener conocimiento del porcentaje de consumo de la energía eléctrica que estos disipan, lo que garantizaría un correcto funcionamiento de la planta, pudiendo generar los siguientes beneficios:

2.1. Beneficios Institucionales

La posibilidad del desarrollo de trabajos de grado en modalidad pasantía llevan a fortalecer el vínculo entre la Universidad y el sector industrial, además de permitir al estudiante adquirir habilidades a nivel operativo con el trabajo en campo que se va a desarrollar en la Planta URIMAX.

2.2. Beneficios Tecnológicos

Actualización de la información técnica de los motores eléctricos objeto de estudio, lo que permitirá saber con precisión el consumo y rendimiento de cada uno de ellos.

Identificación de oportunidades de mejora en la gestión de energía eléctrica en la planta URIMAX.

2.3. Beneficios Económicos

Garantizando el buen funcionamiento de la planta, asegura un continuo trabajo para el personal involucrado, por tanto, reduce pérdidas y mantiene constante la producción de coque.

Realizando el planteamiento de las acciones que se puedan corregir a la hora del consumo de energía eléctrica, se lograra reducir gastos en la factura de energía.

2.4. Beneficio Social

Se espera que en la empresa se mantenga un entorno laboral positivo, al brindar un buen funcionamiento del suministro de la energía eléctrica en el sector, lo que permitirá mejorar el entorno de trabajo, disminuyendo así mismo el estrés laboral, retrasos, pérdidas, además evitar discusiones y complicaciones en la producción.

3. Objetivos

3.1. Objetivo General

Analizar el consumo energético para la optimización de la línea de coquización con énfasis en los motores eléctricos en la planta URIMAX, de la empresa CARBOMAZ S.A.S.

3.2. Objetivos Específicos

A continuación, se presentan los objetivos desarrollados en este proyecto.

- Analizar la demanda de la potencia activa de los motores eléctricos de la planta de coquización URIMAX.
- Analizar la demanda de la potencia reactiva de los motores eléctricos de la planta de coquización URIMAX.
- Determinar el factor de potencia que producen los motores eléctricos objeto de estudio de la planta URIMAX, analizando su impacto en la factura de energía eléctrica.
- Presentar diferentes estrategias para optimizar las demandas de potencia activa y reactiva de los motores eléctricos de la línea de coquización respecto al factor de potencia.
- Analizar la factibilidad económica de la propuesta en la planta de coquización URIMAX, de la empresa CARBOMAZ.

4. Alcances

La finalidad de este proyecto es estudiar el consumo energético con énfasis en los diecisiete motores que trabajan en la línea de coquización, identificando las diversas variables con el propósito de generar una solución que contribuya a un mejor aprovechamiento y consumo de energía eléctrica de los motores objeto de estudio de la planta URIMAX.

Con la implementación de este proyecto podemos controlar y evitar la saturación de la subestación, que actualmente se encuentra en la planta URIMAX.

El desarrollo del proyecto permitirá proporcionar bases, para un análisis posterior, enfocado en las demás plantas relacionadas con la empresa CARBOMAZ.

La investigación realizada para el planteamiento del proyecto tendrá en cuenta los marcos legales vigentes para la ejecución de diversas actividades, tales como el reglamento (RETIE), la norma técnica colombiana (NTC), ISO, el grupo EPM, ESSA y la Comisión de Regulación de Energía y Gas (CREG).

5. Limitaciones y Delimitaciones

5.1. Limitaciones

El estudio de este proyecto no alcanzará la fase ejecución e implementación del mismo.

Durante la realización del proyecto, solo se estudiarán diecisiete motores eléctricos (línea de coquización) ubicados en la zona entre molinos de carbón y coquería (figura 1).

La información que la empresa tiene de los motores eléctricos objetos de estudio es muy limitada, por ende, se debe examinar cada placa de los respectivos motores y tomar mediciones.

La eficiencia energética se va a analizar desde el punto de vista del mejoramiento del factor de potencia.

El sistema mencionado en esta investigación solo tendrá aplicabilidad en la planta de coquización URIMAX o donde se encuentre un contexto similar.

5.2. Delimitaciones

5.2.1. Delimitación Espacial

El proyecto se dirigirá a optimizar el consumo energético de los motores eléctricos ubicados en la zona entre molinos de carbón y coquería en la planta de coquización URIMAX, de la empresa CARBOMAZ S.A.S. (figura 1).

5.2.2. Delimitación Temporal

El diseño del proyecto y el periodo de las pasantías en la empresa CARBOMAZ está definido para una duración de 4 meses.

6. Marco Referencial

6.1. Antecedentes

6.1.1. Antecedentes Regionales

En el ámbito regional, Nefer Eduardo Ortiz Ascanio y Pablo Peñaranda Gutiérrez (2019) realizaron en Cúcuta, Norte de Santander, Colombia, en la Universidad Francisco de Paula Santander una investigación denominada “*Gestión energética de los motores eléctricos de inducción trifásicos de baja tensión utilizados en la industria transformadora de plástico en la ciudad de Cúcuta*”. El objetivo principal de esa investigación es desarrollar la gestión energética de los motores de inducción trifásicos para una empresa transformadora de plástico, realizando un análisis en la calidad de energía, consumo y consigo la aplicación de un método para el cálculo de la eficiencia actual en los motores y se sintetiza con la elaboración de la etiqueta energética. (Ortiz Ascanio & Peñaranda Gutiérrez, 2019)

En el ámbito regional, Elkin Alberto López Pedraza (2019) realizó en Cúcuta, Norte de Santander, Colombia, en la Universidad Francisco de Paula Santander una investigación denominada, “*Análisis y estudio de la eficiencia de los motores eléctricos en cerámica Italia S.A*”. El objetivo principal de esa investigación es realizar un análisis y estudio de la eficiencia de los motores eléctricos más significativos, que actualmente posee la empresa cerámica Italia s.a. Este análisis se centra en los motores eléctricos más deficientes y de mayor continuidad de trabajo, los consumos y porcentaje de trabajo, se realizó de forma manual logrando así obtener datos reales de la empresa. (Lopez Pedraza, 2019)

En el ámbito regional, Juan Daniel Pabón Ortiz (2017) realizó en Cúcuta, Norte de Santander, Colombia, en la Universidad Francisco de Paula Santander una investigación denominada, “*Evaluación del consumo energético en máquinas y equipos de la empresa*

ladrillera SIGMA LTDA". El objetivo principal de esa investigación es desarrollar proyectos que permitan mejorar la operatividad, funcionamiento y mantenimiento de los motores de las diferentes máquinas y equipos instalados en sus procesos de transformación de materia prima, para poder optimizar el consumo de energía eléctrica, de manera que pueda lograr alcanzar cada día mayor eficiencia y de esa forma maximizar la calidad de sus productos en el mercado. (Pabón Ortiz, 2017)

6.1.2. Antecedentes Nacionales

En el ámbito nacional, Jair Alberto Ocampo Malagón y Fernando Carvajal Rojas (2009) realizaron en Santiago de Cali, Colombia, en la Universidad Autónoma de Occidente una investigación determinada, "*Gestión energética de motores eléctricos de inducción en la universidad autónoma de occidente*". El objetivo principal de esa investigación es analizar el funcionamiento energético de los motores eléctricos de mayor incidencia en el consumo de energía eléctrica, para evaluar la eficiencia actual de operación y proponer medidas de gestión energética que permitan mejorar la eficiencia de operación de estos motores. (Ocampo Malagón & Carvajal Rojas, 2009)

En el ámbito nacional, Edwin Ramírez Gil (2007) realizó en Santiago de Cali, Colombia, en la Universidad Autónoma de Occidente una investigación determinada, "*Gestión de la energía en la aplicación de motores eléctricos de inducción, en la empresa SUCROMILES S.A.*" El objetivo principal de esa investigación consiste en determinar el menor grupo de motores eléctricos trifásicos que consuman la mayor parte de energía utilizada en la empresa. A este grupo de motores se le realiza un estudio de eficiencia energética para estimar la eficiencia y la potencia de estos motores eléctricos con la finalidad de implementar medidas que permitan una operación más eficiente. (Ramírez Gil, 2007)

En el ámbito nacional, José Mauricio Zapata Gil, John Hamilton Martínez Otálvaro y Edwin Aurelio Mosquera Castaño (2018) realizaron en Medellín, Colombia, en la Institución Universidad Pascual Bravo una investigación determinada, *“Eficiencia energética de motores industriales.”* El objetivo principal consiste en recopilar una investigación referente a motores en la industria, ya que estos son los equipos de mayor consumo de energía eléctrica en las instalaciones industriales. Aproximadamente entre el 60 % y el 70 % del consumo de energía eléctrica corresponde a equipos electromotrices (equipos auxiliares) tales como ventiladores, bombas, compresores de aire, bandas transportadoras, entre otros y que a su vez están acoplados a motores eléctricos. (Zapata Gil, Martínez Oltálvaro, & Mosquera Castaño, 2018)

6.1.3. Antecedentes Internacionales

En el ámbito internacional, José David López Sequen (2017) realizó en Guatemala, en la Universidad del Valle de Guatemala una investigación determinada, *“Análisis de la eficiencia energética en los motores eléctricos de una fábrica de helados y conos.”* El objetivo principal de esa investigación consiste en identificar cuáles son los motores eléctricos críticos para analizar su estado, capacidad, eficiencia, caídas de tensión en la instalación eléctrica y el factor de potencia de los motores eléctricos. La metodología utilizada para el estudio fue la investigación y recopilación de información en la planta, para lo cual se estableció un cronograma actividades y visitas a realizar, se tomaron datos técnicos de los equipos y se realizaron mediciones directas a los equipos. (López Sequen, 2017)

En el ámbito internacional, Yúnior Guido Flores Elera (2020) realizó en Chiclayo, Perú, en la Universidad César Vallejo una investigación determinada, *“Estudio de la eficiencia energética para mejorar los indicadores eléctricos y reducir facturación en la fábrica de Ladrillo GREG – Jaén.”* El objetivo principal de esa investigación consiste en realizar el

diagnóstico actual del consumo de energía eléctrica, facturación de energía eléctrica, utilizando información histórica de los recibos de energía eléctrica, los niveles de producción de ladrillos y la facturación eléctrica, con ello se determinará el índice de consumo eléctrico actual. (Flores Elera, 2020)

6.2. Marco Teórico

A continuación, se presentan los conceptos necesarios para el desarrollo de la investigación.

6.2.1. ¿Qué es un Motor Eléctrico?

Un motor eléctrico es una máquina que consume energía eléctrica de la red y la transforma en energía mecánica a través de la punta del eje. Este equipo eléctrico está compuesto por un estator y un rotor, y su rotación es provocada por la acción de campos magnéticos generados en sus bobinas. (García, Servicios y Suministros Industriales., 2022)

6.2.1.1. Cuáles son los motores eléctricos más utilizados en la industria.

En la industria los motores eléctricos más recomendados son los de corriente alterna, sin embargo, estos equipos se dividen en dos grupos: los motores monofásicos y los motores trifásicos, ambos con frecuencia de 50 o 60 Hz.

- **Motores eléctricos de alimentación monofásica.**

Estos motores se componen de una conexión por dos fases o una fase y un neutro. Las tensiones más comunes son 127 V y 220 V. Además, se pueden encontrar motores monofásicos de hasta 10 HP de potencia. (García, Servicios y Suministros Industriales., 2022)

- **Motores eléctricos de alimentación trifásica.**

En cambio, estos motores se componen de una conexión por tres fases y el neutro. De hecho, pueden generar más ahorro que un monofásico, por su capacidad de transferir energía en grandes superficies. Estos motores son usados en todo tipo de máquinas o aplicaciones industriales. Las tensiones más utilizadas son: Baja tensión: 230V, 400V y 440V, Alta tensión: 2.300V, 4.160V y 6.00V. (García, Servicios y Suministros Industriales., 2022)

6.2.2. ¿Qué es un Motorreductor?

En la industria el propósito que cumplen los motorreductores al interior de las máquinas es permitir y controlar el paso de una velocidad a otra sin que sufra daños el mecanismo. Es decir, transmite la fuerza del motor del eje de entrada, al eje de salida. Por otra parte, estos equipos se componen de un reductor de velocidad y un motor que, por lo general, es AC o servomotor. (AYJ, Transmisiones y Equipos., 2022)

6.2.2.1. ¿Qué es un reductor?

El objetivo de un reductor es transformar la velocidad de un motor, según las necesidades requeridas, de mayor a menor. (AYJ, Transmisiones y Equipos., 2022)

6.2.2.2. Aplicación de los motorreductores y los reductores.

Estos elementos son cruciales para el correcto funcionamiento de toda clase de máquinas o equipos de aplicación industrial. Sin embargo, en la planta URIMAX, su aplicación, es en las bandas transportadoras de la mezcla de carbón o de coque.

6.2.2.2.1. *Bandas transportadoras industriales.*

Estas bandas, son una solución muy práctica para integrar sistemas de transporte continuo en industrias, donde se mueven cargas pesadas, objetos con superficies irregulares o artículos muy pequeños; tienen la capacidad de moverse en dos direcciones, ya sea para avanzar o devolverse. Los sistemas de bandas transportadoras están compuestos por una cama metálica o de rodillos para el deslizamiento de baja fricción, además de un bastidor metálico con rotores en los extremos, poleas y un motor. (AYJ, Transmisiones y Equipos., 2022)

6.2.3. *¿Qué es Eficiencia de un Motor?*

La eficiencia de un motor, es la relación entre la potencia mecánica de salida (P_s) y la potencia eléctrica de entrada (P_e). Este concepto es importante desde el punto de vista del consumo de energía y del costo de operación de un motor eléctrico. (Londoño Restrepo & Rey García, 2016)

La eficiencia se puede expresar como:

$$\text{Eficiencia } (\eta) = \frac{\text{Potencia Mecánica de salida } (P_s)}{\text{Potencia Eléctrica que entra } (P_e)} \quad (\text{Ecu. 1})$$

$$\text{Eficiencia } (\eta) = \frac{HP * 746}{\sqrt{3} * V_{L-L} * I * Fp} \quad (\text{Ecu. 1.2})$$

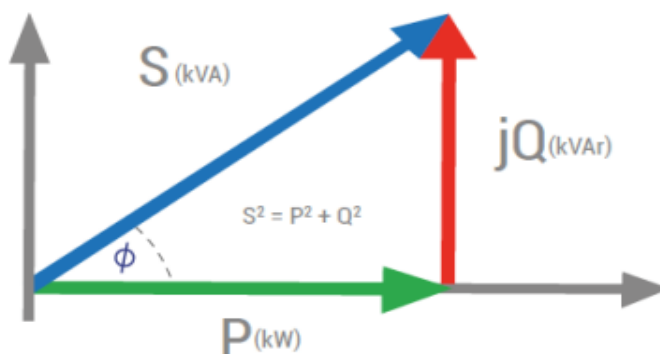
6.2.4. *Los Tipos de Potencias*

Teniendo en cuenta la ley de Ohm en términos de potencia ($S = V * I$) y multiplicando las dos componentes de la corriente (reactiva y activa) por la tensión de alimentación o tensión aplicada, se conseguirán las respectivas potencias, potencia reactiva (Q) y potencia activa (P). En la siguiente ilustración (figura 2), se muestra el triángulo de potencias, en donde se representa la

relación existente entre las potencia reactiva, activa, aparente y el factor de potencia. (Restrepo Osorio, 2020)

Figura 2.

Triángulo de potencias.



Nota. La ilustración representa el Triángulo de potencias, tomado por Jairo Flechas Villamil, GENELEC de Colombia S.A.S – ISAGEN. (Villamil, 2013) <https://docplayer.es/68675579-Recomendaciones-para-seleccion-de-condensadores-en-baja-tension-jairo-flechas-villamil-genelec-de-colombia-s-a-s.html>

6.2.4.1. Potencia activa.

La potencia activa o real es aquella que, en el proceso de transformación de la energía eléctrica se aprovecha como trabajo. También se le conoce como potencia útil o promedio, es designada con la letra P y su unidad de medida son los vatios [W]. (Restrepo Osorio, 2020)

$$P = \sqrt{3} * V_L * I_L * \cos \theta \quad (\text{Ecu. 2})$$

Donde:

- **P** = Potencia activa [Vatios – W].
- **VL**= Voltaje de línea de alimentación [Voltios – V].

- I_L = Corriente de línea [Amperios – A].
- Θ = Ángulo equivalente del factor de potencia [Grados - °].

6.2.4.2. Potencia reactiva.

La potencia reactiva, es la usada para la formación del campo magnético en equipos que están compuestos por bobinas o capacitores internamente. En estos, la energía se almacena en energía magnética, que produce un campo imantado dando origen al flujo magnético necesario para su funcionamiento. Este tipo de energía no es disipada, fluctúa entre los componentes y la fuente, se denomina mediante la letra Q y su unidad de medida son los voltiamperios reactivos [VAr]. (Restrepo Osorio, 2020)

$$Q = \sqrt{3} * V_L * I_L * \sin \theta \quad (\text{Ecu. 3})$$

Donde:

- Q = Potencia reactiva [Voltio amperios reactivos – VAR].
- V_L = Voltaje de línea de alimentación [Voltios – V].
- I_L = Corriente de línea [Amperios – A].
- Θ = Ángulo equivalente del factor de potencia [Grados - °]

Existen dos modalidades que ayudan a comprender qué es la potencia reactiva.

Una de ellas es la potencia reactiva inductiva el cual se desarrolla en el interior de un circuito inductivo y queda en su interior. No es consumida ni creada.

La otra modalidad es la potencia reactiva capacitiva, esta es la que se crea y se desarrolla en un circuito capacitivo, el cual opone resistencia a la corriente alterna. (©Grupo Masmóvil , 2023)

¿Cómo se mide la potencia reactiva?

La compañía eléctrica es la entidad encargada de medir la potencia reactiva a través del contador que forma parte de la instalación eléctrica de la empresa u oficina. En caso de que esta medida supere ciertos parámetros establecidos, la propia compañía es la responsable de aplicar una penalización que se verá reflejada en la factura de energía que recibe el consumidor.

(©Grupo Masmóvil , 2023)

6.2.4.3. Potencia aparente.

Esta potencia eléctrica es la que realmente es absorbida por la carga. La potencia aparente es solo útil cuando el factor de potencia es igual a la unidad, lo que indica que la potencia activa es igual a la potencia aparente y no se tiene ningún consumo de reactiva. La potencia aparente se representa mediante la letra S y su unidad de medida es el voltiamperio [VA]. (Restrepo Osorio, 2020)

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2} \quad \text{ó} \quad S = V * I \quad (\text{Ecu. 4})$$

Donde:

- **P** = Potencia activa [Wattios – W].
- **Q** = Potencia reactiva [Voltio amperios reactivos – VAR].
- **S** = Potencia aparente [Vatio amperios – VA].
- **V** = Tensión [Voltios – V].
- **I** = Corriente [Amperios – A]

6.2.5. ¿Qué es Factor de Potencia?

El factor de potencia se utiliza para medir la eficiencia en la utilización de la energía eléctrica, en otras palabras, ayuda a determinar el nivel de rendimiento de un equipo eléctrico. Un factor de potencia cercano a 1 indica que la energía eléctrica se está utilizando de manera eficiente, mientras que un factor de potencia bajo indica una menor eficiencia y puede tener implicaciones en el consumo de energía y en los costos eléctricos. (Restrepo Osorio, 2020)

Figura 3.

Rango del factor de potencia.



Nota. Representa el rango del factor de potencia, tomado por (Restrepo Osorio, 2020)

https://bibliotecadigital.udea.edu.co/bitstream/10495/18456/14/RestrepoDiego_2021_DimensionamientoBancoCapacitores.pdf

La potencia activa (KW) es la energía eléctrica que se utiliza para realizar un trabajo útil, como generar calor, producir movimiento en motores eléctricos o iluminar dispositivos. La potencia aparente (kVA) es la cantidad total de energía eléctrica que se suministra al sistema (energía absorbida), incluyendo la potencia activa (KW) que es la energía útil y la potencia reactiva (KVAR) que es la energía perdida. (Blog SEAS CAMPUSSEAS, 2020)

6.2.5.1. ¿Cómo calcular el factor de potencia?

Conociendo los valores demandados de potencia activa (kW) y de potencia aparente (KVA) en un periodo de tiempo, se utiliza la relación observada en la siguiente ecuación para obtener el valor del factor de potencia.

$$FP = \frac{P}{S} = \frac{\sqrt{3} * V * I * \cos \varphi}{\sqrt{3} * V * I} = \cos \varphi \quad (\text{Ecu. 5})$$

Donde:

- **P** = Potencia activa [Vatios – W].
- **S** = Potencia aparente [Voltio amperios – VA].
- **FP** = Factor de potencia [Adimensional – FP]. (Restrepo Osorio, 2020)

6.2.5.2. ¿Cómo corregir el factor de potencia en un motor?

Cuando el factor de potencia de un motor es muy bajo, es recomendado aumentarlo para que no se pierda tanta energía y hacerlo más eficiente. Para ello se debe colocar condensadores en paralelo, que aportan una carga de energía supletoria que hace reducir la corriente necesaria para generar ese campo electromagnético en los arranques de motores.

Con esto se logra reducir el consumo de energía y también las penalizaciones que hacen las compañías eléctricas por el consumo de reactiva. (Blog, SEAS, 2020)

6.2.5.3. ¿Qué es un condensador trifásico?

Un capacitor o también conocido como condensador, es un componente electrónico que se utiliza principalmente para almacenar energía eléctrica en forma de campo eléctrico. Sin embargo, en este caso, un condensador trifásico está diseñado específicamente para utilizarlo en sistemas de corriente alterna (CA) trifásica.

Al conjunto de condensadores se le llama banco de capacitores en el cual se conectan en paralelo con la línea de alimentación eléctrica. Tiene como función de corregir el factor de potencia en sistemas de Voltaje Alterno, lo que se traduce en un ahorro significativo de energía eléctrica y un aumento en la eficiencia energética. (Electrositio.com, 2023)

6.2.6. Beneficios del Mantenimiento Industrial

El mantenimiento industrial es una práctica que se debe adquirir en todas las empresas que utilizan equipos y maquinaria en la fabricación de sus productos. Este trabajo, puede llevarse a cabo de forma continua o permanente, se centra en diversas etapas del proceso de producción y se convierte en numerosos beneficios. Algunas ventajas que genera el mantenimiento industrial para las empresas serían:

- Al llevar un historial y realizar las prácticas de mantenimiento industrial recomendadas a cada uno de los equipos pueden ayudar a prolongar la vida útil de la planta y la maquinaria al ralentizar el proceso de desgaste. De este modo, se cumple con la normativa local e internacional.
- El ciclo de vida de los equipos es más productivo y, en ocasiones, puede ampliarse mediante intervenciones de modificación.
- Se reduce el riesgo con respecto a los accidentes laborales, al tener un mejor control del funcionamiento de las máquinas evitando daños críticos.
- El mantenimiento industrial garantiza la disponibilidad operativa de los equipos y también un ahorro de energía, además el costo de producción es más eficiente, debido a que se pierde menos tiempo por fallos mecánicos, eléctricos o electrónicos. (SICMA21, 2022)

Es decir, el diseño de un programa de mantenimiento adecuado, en este caso enfocado en los motores eléctricos, permitirá que los equipos funcionen en óptimas condiciones, de la misma manera ayudando a extender la vida útil de los componentes del motor, reduciendo así el tiempo de inactividad y manteniendo la eficiencia del motor, el cual es medible en términos de consumo de energía como de productividad operativa.

6.3. Marco Legal

El marco legal aplicable al presente proyecto de grado es el siguiente:

En el **Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas (RETIE)**, encontraremos referente a Motores y generadores eléctricos **en el capítulo 3 artículo 20 en el parágrafo 20.21** que:

Motores y generadores eléctricos, para los efectos del presente reglamento, los motores y generadores eléctricos (máquinas eléctricas rotativas), nuevos, reparados o reconstruidos, de potencia mayor o igual a 375 W, deben cumplir los requisitos que son adaptados de **las normas NTC 2805 e IEC 60034-1**, siempre y cuando no sean parte integral de una máquina, excepto cuando estén acoplados a una instalación especial como escaleras eléctricas, ascensores o montacargas.

Aplica a los motores que contengan elementos mecánicos complementarios, tales como reductores o amplificadores de velocidad, bombas y embragues, así como a los generadores acoplados a máquinas motrices. (RETIE, CONTE, 2013)

En Colombia, **el factor de potencia** permitido está regulado por **la Resolución 90708 de 2013**, emitida por **la Comisión de Regulación de Energía y Gas (CREG) y la NTE-03 ESSA**. Según esta resolución, el factor de potencia debe ser igual o superior a 0.95 para los consumidores de energía eléctrica con demanda contratada superior a 500 kVA.

Para los consumidores con demanda contratada inferior a 500 kVA, no existe una norma específica que regule el factor de potencia. Sin embargo, se recomienda mantener un factor de

potencia cercano a 1 para mejorar la eficiencia energética y reducir los costos de energía eléctrica. (ESSA, Gurpo-EPM, 2021)

La Comisión de Regulación de Energía y Gas (CREG) es la entidad colombiana encargada de regular los servicios de electricidad y gas según se establece en la **ley 142 y 143 de 1994**. Busca que estos dos servicios se presten al mayor número posible de usuario, al menor costo y equilibrando la compensación para las empresas prestadores garantizando así la calidad, cobertura y expansión. El objetivo de la **CREG** es lograr que la energía eléctrica, el gas natural y el gas licuado de petróleo se presten al mayor número de personas y al menor costo posible para los usuarios, con una remuneración adecuada permitiendo calidad, cobertura y expansión. (Restrepo Osorio, 2020)

La CREG, también reglamenta la manera de determinar los excesos de energía sobre los cuales un usuario está obligado a pagar. Las reglas vigentes y su respectiva fórmula para penalización de reactiva se encuentran establecidas en el capítulo 12 de la resolución **CREG 015 de 2018**, la resolución **CREG 199 de 2019** y la resolución **CREG 195 de 2020**.

En estas normas, se divide a los clientes que generan reactiva en dos grupos: Clientes que generan reactiva en 10 días o menos de durante el mes y aquellos que generan reactiva en más de 10 días. (CENS, GOV.CO, 2023) (CELSIA A.S., 2023)

La **ISO 50001:2018**, es la norma internacional para **los sistemas de gestión de la energía**, que proporciona el marco más sólido para optimizar la eficiencia energética en las organizaciones del sector público y privado. Es decir, tiene como objetivo mantener y mejorar un sistema de gestión de energía en una empresa, cuyo propósito es el de permitirle una mejora continua de la eficiencia energética, la seguridad energética, la utilización de energía y el

consumo energético con un enfoque sistemático. Este estándar apunta a permitir a las organizaciones mejorar continuamente la eficiencia, los costos relacionados con energía, y la emisión de gases de efecto invernadero. (ISO 50001, 2018)

La **certificación ISO 50001:2018**, demuestra el compromiso de una organización con la mejora continua de la gestión de la energía, lo que le permite predicar con el ejemplo en sus respectivos sectores y garantizar el cumplimiento de los requisitos legislativos y reglamentarios correspondientes. (nqa. Organismo de certificación global., 2018)

También se utiliza para otras normas conocidas, como **ISO 9001 o ISO 14001**. Esto facilita que las organizaciones integren la gestión energética en sus esfuerzos generales para mejorar la calidad y la gestión ambiental. (ISO, 2018)

La norma que establece los requisitos para la implementación y certificación de un **sistema de gestión de calidad en la industria es la Norma Técnica Colombiana NTC-ISO 9001:2015**, incluyendo los procesos de diseño, fabricación y ensayo de paneles y motores eléctricos; el cual, al implementarla se asegura de cómo deben funcionar los aspectos técnicos y del buen funcionamiento de una organización o empresa. (NTC-ISO, 2015).

7. Metodología

Para desarrollar el proyecto se cumplieron los objetivos específicos anteriormente planteados, siguiendo la metodología propuesta con la cual se consiguió la finalización exitosa de los mismos. A continuación, se presentan la metodología para el desarrollo del proyecto:

Actividades y Metodologías

Objetivo 1. Analizar la demanda de la potencia activa de los motores eléctricos de la planta de coquización URIMAX.

Actividades

- Realizar una investigación previa sobre la problemática.

Metodología: Se consultaron algunos conceptos básicos respecto al tema, además de la revisión de artículos y tesis relacionadas con el análisis y optimización del consumo energético de una línea de motores eléctricos.

- Recopilar la información de cada motor eléctrico objeto de estudio.

Metodología: Durante las visitas realizadas a la planta URIMAX se identificaron los motores y motorreductores que eran objetos de estudio. Seguidamente, se realizaron las mediciones en campo y se recopiló la información de las placas de cada motor que se encontró en la línea de coquización.

- Elaborar unas tablas con la recopilación de los datos y mediciones de los motores.

Metodología: Se crearon unas tablas donde se reúne las características técnicas según las placas de los motores eléctricos objetos de estudio, en ellas se pueden observar el nombre, marca, caballos de fuerza, revoluciones por minuto, factor de potencia, voltaje

nominal, corriente nominal y año. Además, se realizaron otras tablas donde se puede examinar las corrientes, voltajes y potencias medidas de cada uno de los motores de la línea de coquización de la planta URIMAX.

Objetivo 2. Analizar la demanda de la potencia reactiva de los motores eléctricos de la planta de coquización URIMAX.

Actividades

- Realizar una investigación sobre las hojas de vida de cada motor.

Metodología: Con la recopilación de la información de las placas de cada motor, se investigó para identificar los manuales del fabricante de los respectivos equipos. Con base en esta recopilación, se elaboró una ficha técnica para identificar cada uno de los motores eléctricos. Para así validar si estos equipos operan dentro de los parámetros establecidos por el fabricante.

- Analizar la demanda de la potencia reactiva de cada motor.

Metodología: Por medio de la investigación, se realizó un análisis exhaustivo de los datos obtenidos, en donde se encontraron unas gráficas sobre las curvas de rendimiento, en ellas se compara el rendimiento, el factor de potencia, el deslizamiento, la corriente y la potencia provista en porcentaje de la nominal, con el fin de hallar mediante cálculos matemáticos la potencia reactiva de cada motor eléctrico objeto de estudio.

Objetivo 3. Determinar el factor de potencia que producen los motores eléctricos objeto de estudio de la planta URIMAX, analizando su impacto en la factura de energía eléctrica.

Actividades

- Investigación, análisis y dimensionamiento.

Metodología: En primer lugar, se investigaron las normativas legales vigentes sobre el factor de potencia. Seguidamente, mediante la recopilación de los datos obtenidos de los motores eléctricos y el análisis de las gráficas sobre las curvas de rendimiento, se realizó la interpolación, el cual es un proceso de usar puntos con valores conocidos para estimar valores en puntos desconocidos.

- Consultar sobre el consumo actual de energía eléctrica en la planta URIMAX.

Metodología: En las visitas realizadas a la planta URIMAX, además de tomar las mediciones de cada equipo, también se consultó sobre el consumo actual de energía eléctrica solicitando su respectivo recibo.

Objetivo 4. Presentar diferentes estrategias para optimizar las demandas de potencia activa y reactiva de los motores eléctricos de la línea de coquización respecto al factor de potencia.

Actividades

- Análisis e Investigación.

Metodología: Se realizó un análisis exhaustivo en páginas web, artículos, libros y tesis relacionadas con el tema de optimizar el consumo eléctrico, basados en el análisis operativo.

- Analizar el consumo energético desde el punto de vista del mejoramiento del factor de potencia.

Metodología: Desde el punto de vista del mejoramiento del factor de potencia, se inspeccionó un catálogo de condensadores trifásicos Heavy Duty de la línea WEG. Con la finalidad de compararlos con los datos recolectados y obtener los valores junto con las referencias de los capacitores, con el fin de corregir el factor de potencia.

Objetivo 5. Analizar la factibilidad económica de la propuesta en la planta de coquización URIMAX, de la empresa CARBOMAZ.

Actividad

- Análisis e Investigación de valores comerciales.

Metodología: Se realizaron los respectivos cálculos matemáticos y se tuvieron en cuenta los valores comerciales para cada condensador trifásico, además de sus precios según el catálogo de la lista de precios WEG automatización, con el propósito de examinar la factibilidad económica de la propuesta para la planta de coquización URIMAX.

8. Desarrollo de la Investigación

8.1. Análisis de los Motores Eléctricos de la Línea de Coquización de la Planta URIMAX

Para el análisis de los diecisiete motores objetos de estudio, se distribuyeron en cuatro grupos que son: los alimentadores de la tolva Ronbon, los motorreductores de las bandas transportadoras, el motorreductor de la esclusa y los motores de los molinos.

- Alimentadores – Tolva Ronbon:

En el inicio de la línea de coquización en la tolva ronbon se encuentran ubicados los alimentadores, en el cual se dividen en 4 motorreductores de las mismas capacidades, marca WEG, cada uno de 7,5 HP.

Estos motorreductores trabajan de acuerdo a la operación y material a utilizar, se manejan por medio de variadores de frecuencia, en el cual trabajan por lo general entre 15 a 30 Hz. A continuación, se puede observar los datos según las placas de los respectivos motores:

Tabla 1.

Datos según la placa de los alimentadores – Tolva Ronbon de la línea de coquización.

Nombre	Tipo	Marca	KW	HP	RPM	FP	Voltaje Nominal (V)	Corriente Nominal (A)	Año
Alimentador N°1	<u>M°1</u>	WEG - W22/ IR2	5,5	7,5	1740	0,79	220/380/440	20.4/11.8/10.2	2019
Alimentador N°2	<u>M°2</u>	WEG - W22/ IR2	5,5	7,5	1740	0,79	220/380/440	20.4/11.8/10.2	2019
Alimentador N°3	<u>M°3</u>	WEG - W22/ IR2	5,5	7,5	1740	0,79	220/380/440	20.4/11.8/10.2	2019
Alimentador N°4	<u>M°4</u>	WEG - W22/ IR2	5,5	7,5	1740	0,79	220/380/440	20.4/11.8/10.2	2019

Nota. Las características de cada motorreductor identificadas por medio de sus placas se encuentran en la parte de anexos.

En campo se realizaron unas pruebas tanto de corriente en vacío como de corriente a plena carga en cada uno de los motorreductores, Además, se llevaron a cabo mediciones de tensión a plena carga. Posteriormente, se presentan los datos obtenidos:

Tabla 2.

Datos medidos de los alimentadores – Tolva Ronbon de la línea de coquización.

Nombre	Tipo	Corriente Vacío (A)	Corriente Medida			Voltaje Medido			Potencia Medida (KW)
			L1 (A)	L2 (A)	L3 (A)	L1-L2 (V)	L2-L3 (V)	L1-L3 (V)	
Alimentador N°1	<u>M°1</u>	5,53	7,53	7,54	7,53	415	412	418	3.13
Alimentador N°2	<u>M°2</u>	5,53	7,53	7,52	7,54	416	418	413	3.13
Alimentador N°3	<u>M°3</u>	5,53	7,56	7,53	7,52	418	416	417	3.14
Alimentador N°4	<u>M°4</u>	5,53	7,53	7,51	7,56	415	414	416	3.13

- Motorreductores – Bandas Transportadoras:

En la línea de coquización, se encuentran ubicadas 10 bandas. Cada una de estas bandas puede variar en cuanto a la distancia, la inclinación, la cantidad de rodillos utilizados, el tipo y grosor de la banda, además la cantidad de material que se transporta. Estas variables son determinantes en la capacidad de los respectivos motorreductores utilizados en cada banda.

A continuación, se puede observar los datos según las placas de los respectivos motores:

Tabla 3.

Datos según la placa de los motores de las bandas transportadoras de la línea de coquización.

Nombre	Tipo	Marca	KW	HP	RPM	FP	Voltaje Nominal (V)	Corriente Nominal (A)	Año
Banda N°1	<u>M5</u>	WEG - W21	9,2	12,5	1765	0,8	220/380/440	31.7/18.4/15.9	2020
Banda N°2	<u>M6</u>	WEG - W22/IR2	5,5	7,5	1740	0,79	220/380/440	20.4/11.8/10.2	2019
Banda N°3	<u>M9</u>	TECHTOP Premium/IE3	4	5,5	1740	---	220/440	14.1/7.1	2022
Banda N°4	<u>M10</u>	TECHTOP Premium/IE3	4	5,5	1740	---	220/440	14.1/7.1	2022
Banda N°5	<u>M11</u>	WEG - W22	3	4	1735	0,78	220/380/440	11.7/6.77/5.85	2017
Banda N°6	<u>M12</u>	WEG	7,5	10	1765	0,8	220/380/440	25.6/14.8/12.8	2019
Banda N°7	<u>M13</u>	WEG	7,5	10	1765	0,8	220/380/440	25.4/14.7/12.7	2019
Banda N°8	<u>M14</u>	WEG - W22 High Eff.	3,7	5	1730	0,79	220/440	14,0/7,02	2020
Banda N°9	<u>M16</u>	WEG - W22/IR2	5,5	7,5	1740	0,79	220/380/440	20.4/11.8/10.2	2019
Banda N°10	<u>M17</u>	WEG - W22 High Eff./IE2	3	4	1725	0,8	220/440	11,1/5,55	2020

Nota. Las características de cada motorreductor identificadas por medio de sus placas se encuentran en la parte de anexos.

En campo se realizaron unas pruebas tanto de corriente en vacío como de corriente a plena carga en cada uno de los motorreductores, Además, se llevaron a cabo mediciones de tensión a plena carga. Posteriormente, se presentan los datos obtenidos:

Tabla 4.

Datos medidos de los motores de las bandas transportadoras de la línea de coquización.

Nombre	Tipo	Corriente Vacío (A)	Corriente Medida			Voltaje Medido			Potencia Medida (KW)
			L1 (A)	L2 (A)	L3 (A)	L1-L2 (V)	L2-L3 (V)	L1-L3 (V)	
Banda N°1	<u>M°5</u>	7,4	11,4	11,6	11,2	416	416	415	4,74
Banda N°2	<u>M°6</u>	5,4	7,7	7,5	7,6	417	420	421	3,18
Banda N°3	<u>M°9</u>	3,0	4,8	4,8	4,9	417	415	419	2,00
Banda N°4	<u>M°10</u>	3,5	4,7	4,9	4,7	418	417	418	2,01
Banda N°5	<u>M°11</u>	3,8	4,1	4,2	3,9	414	413	414	1,68
Banda N°6	<u>M°12</u>	6,1	7,9	7,9	7,9	416	417	416	3,29
Banda N°7	<u>M°13</u>	6,2	8,1	8,1	7,9	416	416	415	3,34
Banda N°8	<u>M°14</u>	3,7	4,7	4,7	4,7	416	417	415	1,96
Banda N°9	<u>M°16</u>	4,9	7,5	7,6	7,6	415	415	417	3,16
Banda N°10	<u>M°17</u>	2,7	3,7	3,9	3,9	415	416	415	1,58

- Motorreductor – Esclusa:

La esclusa, controlada por el motorreductor, se utiliza para regular el flujo de carbón, con el fin de redirigirlo hacia la banda N°9 para su distribución en las tolvas restantes. No obstante, también tiene la capacidad de dirigir el carbón directamente hacia la tolva N°2 si es necesario, dependiendo de los niveles de las tolvas.

A continuación, se puede observar los datos según la placa del respectivo motor:

Tabla 5.

Datos según la placa del motor de la esclusa de la línea de coquización.

Nombre	Tipo	Marca	KW	HP	RPM	FP	Voltaje Nominal (V)	Corriente Nominal (A)	Año
Esclusa	<u>M°15</u>	DIXUS	0,55	3/4	1650	---	220/440	2.7/1.36	2021

Nota. Las características del motorreductor identificado por medio de su placa se encuentran en la parte de anexos.

En campo se realizaron unas pruebas tanto de corriente en vacío como de corriente a plena carga al motorreductor, Además, se llevaron a cabo mediciones de tensión a plena carga. Posteriormente, se presentan los datos obtenidos:

Tabla 6.

Datos medidos del motor de la esclusa de la línea de coquización.

Nombre	Tipo	Corriente Vacío (A)	Corriente Medida			Voltaje Medido			Potencia Medida (KW)
			L1 (A)	L2 (A)	L3 (A)	L1 - L2 (V)	L2 - L3 (V)	L1 - L3 (V)	
Esclusa	<u>M°15</u>	0,5	1,03	1,02	1,1	419	419	419	0,4399

- Motores – Molino:

En la línea de coquización se encuentran dos tipos de molinos: uno horizontal y otro vertical. Cada uno de ellos tiene características y capacidades diferentes, pero ambos trabajan con variadores de frecuencia.

El molino horizontal está equipado con un motor de 100 HP. En su interior, utiliza dos mallas y cuenta con 6 platos y 6 ejes que se dividen en dos o tres martillos por eje, lo que da un

total de 15 martillos. Estos martillos desempeñan un papel importante en el proceso de molienda del carbón. Por otro lado, el molino vertical cuenta con un motor de 150 HP y también tiene la capacidad para albergar 15 martillos en su interior. Sin embargo, actualmente solo se están utilizando 6 martillos para el proceso de molienda de carbón. A continuación, se puede observar los datos según las placas de los respectivos motores:

Tabla 7.

Datos según la placa de los motores de los molinos de la línea de coquización.

Nombre	Tipo	Marca	KW	HP	RPM	FP	Voltaje Nominal (V)	Corriente Nominal (A)	Año
Molino N°1	<u>M°7</u>	U.S. Electrical Motors	74.57	100	1750	---	440	120	---
Molino N°2	<u>M°8</u>	BALDOR Reliancer	111.85	150	1785	---	460	165	---

Nota. Las características de cada motor identificadas por medio de sus placas se encuentran en la parte de anexos.

En campo se realizaron unas pruebas tanto de corriente en vacío como de corriente a plena carga en cada uno de los motores, Además, se llevaron a cabo mediciones de tensión a plena carga. Posteriormente, se presentan los datos obtenidos:

Tabla 8.

Datos medidos de los motores de los molinos de la línea de coquización.

Nombre	Tipo	Corriente Vacío (A)	Corriente Medida			Voltaje Medido			Potencia Medida (KW)
			L1 (A)	L2 (A)	L3 (A)	L1-L2 (V)	L2-L3 (V)	L1-L3 (V)	
Molino N°1	<u>M°7</u>	49,8	99	100	100	419	418	419	41,9
Molino N°2	<u>M°8</u>	72,2	199,9	200	198,9	480	479	480	95,8

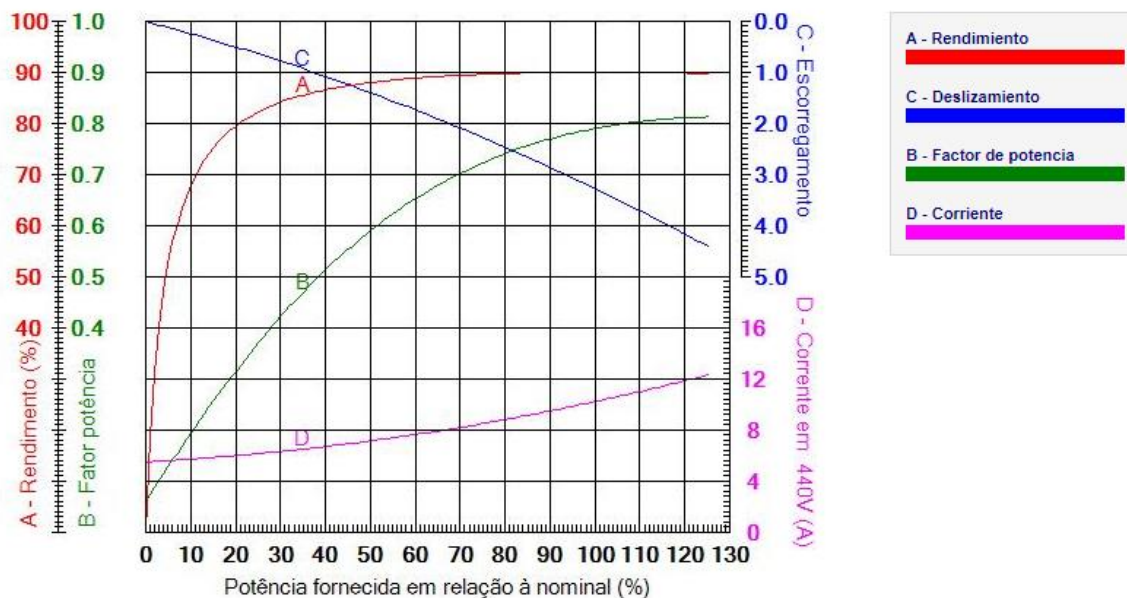
8.2. Análisis de la Demanda de la Potencia Reactiva de los Motores Eléctricos

Con el propósito de analizar los motores eléctricos, se llevó a cabo una investigación de su rendimiento utilizando la página web “El Catálogo Electrónico de WEG”. Como resultado, se obtuvieron los datos técnicos y además unas gráficas de las curvas de desempeño de cada uno de los motores de la línea de coquización, como se puede visualizar posteriormente:

Para los alimentadores, se estudió la misma gráfica dado que los cuatro motores tienen la misma capacidad, cada uno de 7,5 HP (5,5 KW). Lo que dio como solución:

Figura 4.

Gráfica de las curvas de desempeño para los alimentadores M^o1, M^o2, M^o3 y M^o4.



Nota. El gráfico representa la curva de desempeño para un motor de 7,5 HP. Tomado del catálogo electrónico WEG - Selección de motores eléctricos. (WEG, 2023)

https://www.weg.net/catalog/weg/BR/es/Motores-El%C3%A9ctricos/Trif%C3%A1sico---Baja-Tensi%C3%B3n/Usos-Generales/W22/W22-IR2/c/BR_MT_3PHASE_LV_TEFC_W22_IR2

Analizando la corriente medida en cada uno de los cuatro motores, se logró determinar por medio de la figura 4 el factor de potencia y la potencia provista en porcentaje de la nominal (%), dando como resultado la siguiente tabla.

Tabla 9.

Datos de los alimentadores M°1, M°2, M°3 y M°4.

Nombre	Corriente medida (A)	Corriente Nominal (A)	Voltaje Nominal (V)	Factor Potencia	Potencia Provista en Porcentaje de la Nominal (%)
M°1	7,53	10,2	440	0,59	52 %
M°2	7,53	10,2	440	0,59	52 %
M°3	7,54	10,2	440	0,59	52 %
M°4	7,53	10,2	440	0,59	52 %

Para realizar los cálculos de cada alimentador mencionados en la tabla 9, se tiene en cuenta las siguientes ecuaciones:

$$\varphi = \tan^{-1}(FP) \quad (\text{Ecu. 6})$$

$$Q = P_{Activa} * \tan(\varphi) \quad (\text{Ecu. 7})$$

Al utilizar los valores de cada uno de los alimentadores establecidos en las tablas 2 y 9 para reemplazarlos en las ecuaciones 6 y 7, se obtuvieron como resultado la potencia reactiva de cada motor. Estos fueron los resultados:

- M°1:

$$\varphi = \tan^{-1}(0,59) = 30,54^\circ$$

$$Q = (3,13 \text{ Kw}) * \tan(30,54)$$

Entonces, la potencia reactiva para M°1 sería:

$$Q = 1846,66 \text{ Var} \cong 1,85 \text{ KVar}$$

- M°2:

$$\varphi = \tan^{-1}(0,59) = 30,54^\circ$$

$$Q = (3,13 \text{ Kw}) * \text{Tan} (30,54)$$

$$Q = 1846,66 \text{ Var} \cong 1,85 \text{ KVar}$$

- M°3:

$$\varphi = \tan^{-1}(0,59) = 30,54^\circ$$

$$Q = (3,14 \text{ Kw}) * \text{Tan} (30,54)$$

$$Q = 1852,56 \text{ Var} \cong 1,85 \text{ KVar}$$

- M°4:

$$\varphi = \tan^{-1}(0,59) = 30,54^\circ$$

$$Q = (3,13 \text{ Kw}) * \text{Tan} (30,54)$$

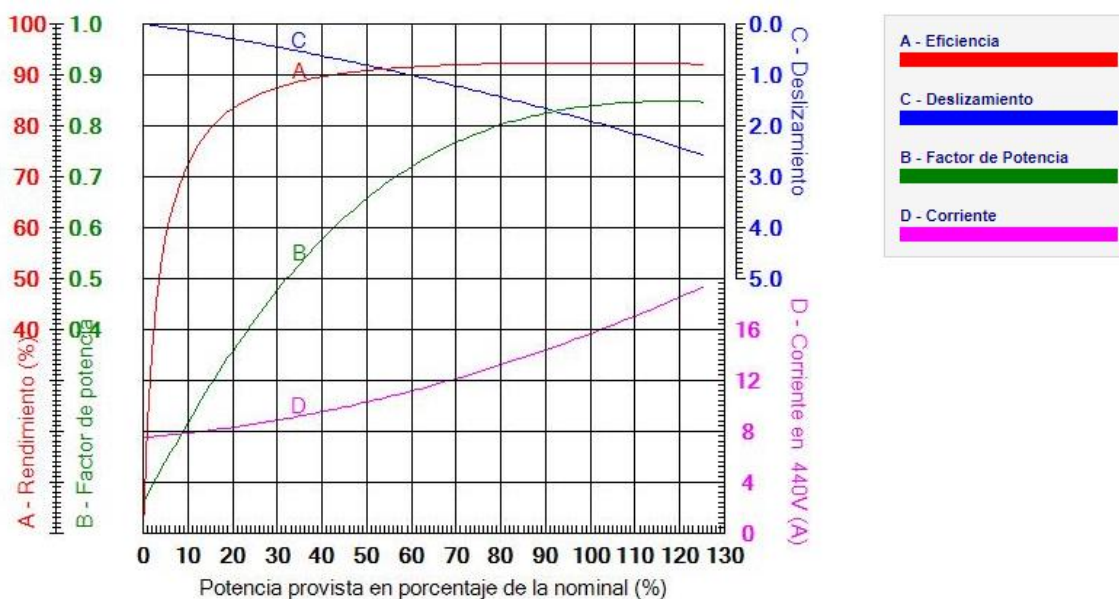
$$Q = 1846,66 \text{ Var} \cong 1,85 \text{ KVar}$$

Para los motores utilizados en las bandas transportadoras, dado que cada motor tiene capacidades diferentes en cada una de las diez bandas, se realizó un análisis para cada uno. A continuación, se presentan los resultados obtenidos:

- Banda N°1 – M°5: 12.5 HP (9.2KW)

Figura 5.

Gráfica de las curvas de desempeño para el motor M°5.



Nota. El gráfico representa la curva de desempeño para un motor de 12.5 HP. Tomado del catálogo electrónico WEG, Selección de motores eléctricos. (WEG, 2023)

https://ecatalog.weg.net/tec_cat/tech_motor_sel_web.asp

Al analizar la corriente medida del motor, se determinó el factor de potencia y la potencia provista en porcentaje de la nominal (%) utilizando la gráfica de la figura 5, lo que dio como resultado la siguiente tabla.

Tabla 10.

Datos del motor M°5.

Nombre	Corriente medida (A)	Corriente Nominal (A)	Voltaje Nominal (V)	Factor Potencia	Potencia Provista en Porcentaje de la Nominal (%)
M°5	11,4	15,9	440	0,71	57 %

Para realizar los cálculos del motor M°5, se tiene en cuenta los valores en las tablas 4 y 10 para reemplazarlos en las ecuaciones 6 y 7. Esto conduce a la obtención de la potencia reactiva del respectivo motor.

- M°5:

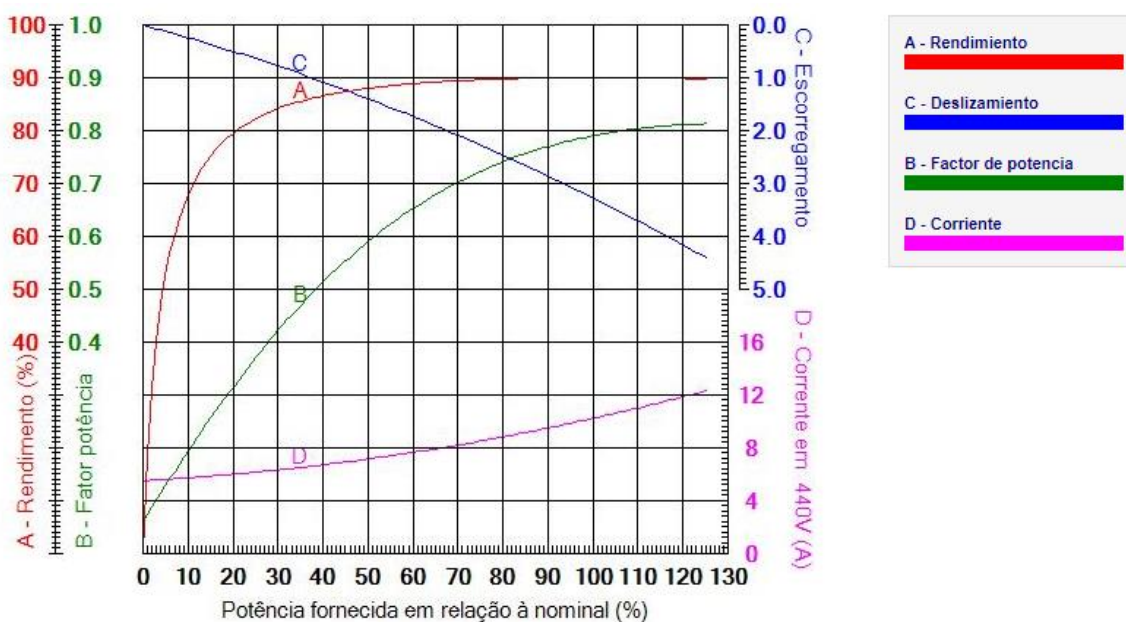
$$\varphi = \tan^{-1}(0,71) = 35,37^\circ$$

$$Q = (4,74 \text{ Kw}) * \text{Tan} (35,37) = 3366,23 \text{ Var} \cong 3,37 \text{ KVar}$$

- Banda N°2 – M°6: 7.5 HP (5.5KW)

Figura 6.

Gráfica de las curvas de desempeño para el motor M°6.



Nota. El gráfico representa la curva de desempeño para un motor de 7.5 HP. Tomado del catálogo electrónico WEG - Selección de motores eléctricos. (WEG, 2023)

https://ecatalog.weg.net/tec_cat/tech_motor_sel_web.asp

Al analizar la corriente medida del motor, se determinó el factor de potencia y la potencia provista en porcentaje de la nominal (%) usando la gráfica de la figura 6, dando como resultado la siguiente tabla.

Tabla 11.

Datos del motor M°6.

Nombre	Corriente medida (A)	Corriente Nominal (A)	Voltaje Nominal (V)	Factor Potencia	Potencia Provista en Porcentaje de la Nominal (%)
M°6	7,6	10,2	440	0,64	56 %

Para realizar los cálculos del motor M°6, se tiene en cuenta los valores en las tablas 4 y 11 para reemplazarlos en las ecuaciones 6 y 7. Esto conduce a la obtención de la potencia reactiva del respectivo motor.

- M°6:

$$\varphi = \tan^{-1}(0,64) = 32,62^\circ$$

$$Q = (3,184 \text{ Kw}) * \text{Tan} (32,62)$$

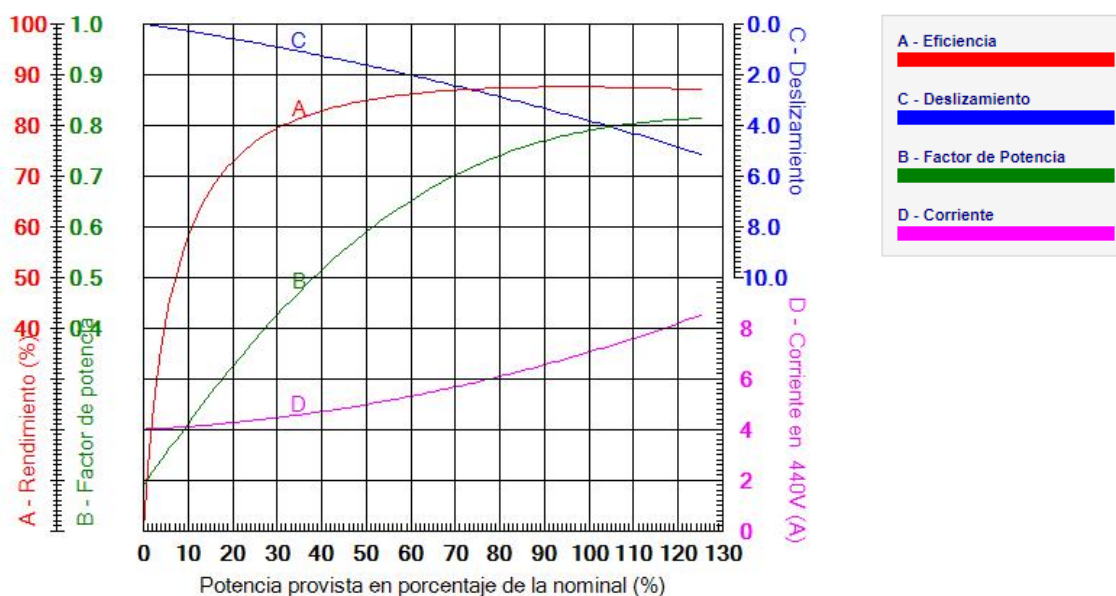
Entonces, la potencia reactiva para M°6 sería:

$$Q = 2037,82 \text{ Var} \cong 2,04 \text{ KVar}$$

- Banda N°3 – M°9: 5,5 HP (4 KW)

Figura 7.

Gráfica de las curvas de desempeño para el motor M°9.



Nota. El gráfico representa la curva de desempeño para un motor de 5,5 HP. Tomado del catálogo electrónico WEG - Selección de motores eléctricos. (WEG, 2023)

https://ecatalog.weg.net/tec_cat/tech_motor_sel_web.asp

Al analizar la corriente medida del motor, se encontró el factor de potencia y la potencia provista en porcentaje de la nominal (%) utilizando la gráfica de la figura 7, lo que dio como resultado la siguiente tabla.

Tabla 12.

Datos del motor M°9.

Nombre	Corriente medida (A)	Corriente Nominal (A)	Voltaje Nominal (V)	Factor Potencia	Potencia Provista en Porcentaje de la Nominal (%)
M°9	4,8	7.1	440	0,54	44 %

Para realizar los cálculos del motor M°9, se tiene en cuenta los valores en las tablas 4 y 12 para reemplazarlos en las ecuaciones 6 y 7. Esto conduce a la obtención de la potencia reactiva del respectivo motor.

- M°9:

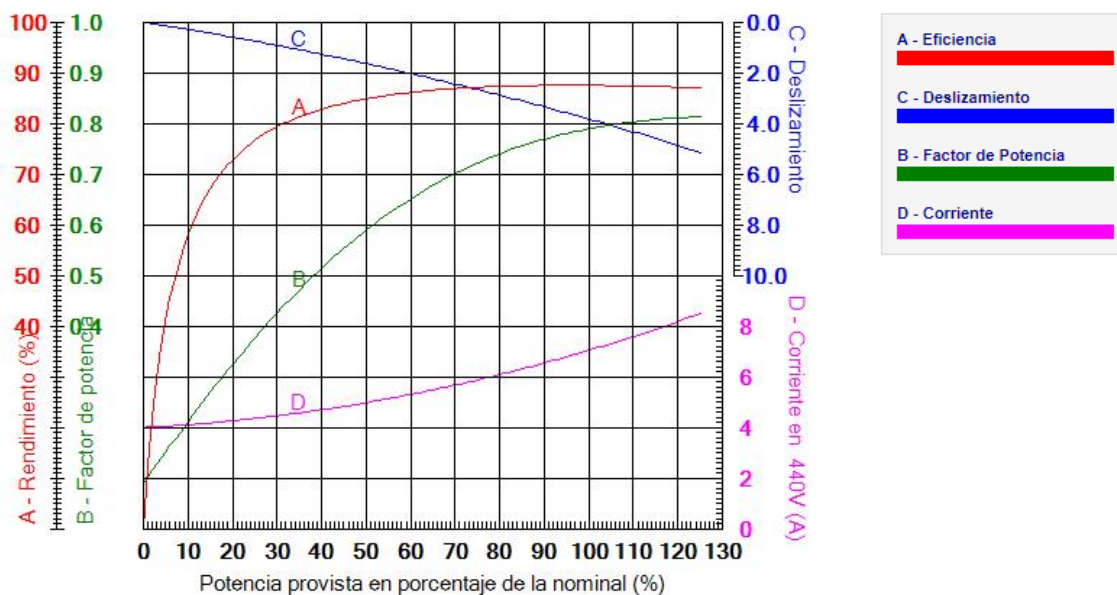
$$\varphi = \tan^{-1}(0,54) = 28,37^\circ$$

$$Q = (2,002 \text{ Kw}) * \tan(28,37) = 1081,12 \text{ Var} \cong 1,08 \text{ KVar}$$

- Banda N°4 – M°10: 5,5 HP (4 KW)

Figura 8.

Gráfica de las curvas de desempeño para el motor M°10.



Nota. El gráfico representa la curva de desempeño para un motor de 5,5 HP. Tomado del catálogo electrónico WEG - Selección de motores eléctricos. (WEG, 2023)

https://ecatalog.weg.net/tec_cat/tech_motor_sel_web.asp

Al analizar la corriente medida del motor, se encontró el factor de potencia y la potencia provista en porcentaje de la nominal (%) usando la gráfica de la figura 8, dando como resultado la siguiente tabla.

Tabla 13.

Datos del motor M°10.

Nombre	Corriente medida (A)	Corriente Nominal (A)	Voltaje Nominal (V)	Factor Potencia	Potencia Provista en Porcentaje de la Nominal (%)
M°10	4,8	7.1	440	0,54	44 %

Para realizar los cálculos del motor M°10, se tiene en cuenta los valores en las tablas 4 y 13 para reemplazarlos en las ecuaciones 6 y 7. Esto conduce a la obtención de la potencia reactiva del respectivo motor.

- M°10:

$$\varphi = \tan^{-1}(0,54) = 28,37^\circ$$

$$Q = (2,006 \text{ Kw}) * \text{Tan} (28,37)$$

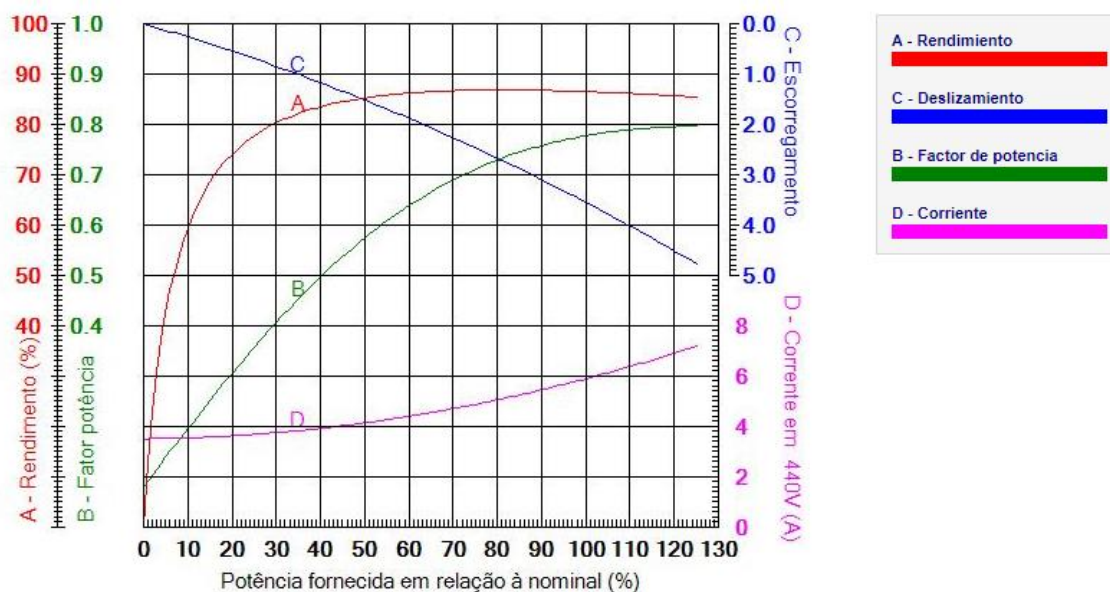
Entonces, la potencia reactiva para M°10 sería:

$$Q = 1083,28 \text{ Var} \cong 1,08 \text{ KVar}$$

- Banda N°5 – M°11: 4 HP (3 KW)

Figura 9.

Gráfica de las curvas de desempeño para el motor M°11.



Nota. El gráfico representa la curva de desempeño para un motor de 4 HP. Tomado del catálogo electrónico WEG - Selección de motores eléctricos. (WEG, 2023)

https://ecatalog.weg.net/tec_cat/tech_motor_sel_web.asp

Al analizar la corriente medida del motor, se encontró el factor de potencia y la potencia provista en porcentaje de la nominal (%) utilizando la gráfica de la figura 9, lo que dio como resultado la siguiente tabla.

Tabla 14.

Datos del motor M°11.

Nombre	Corriente medida (A)	Corriente Nominal (A)	Voltaje Nominal (V)	Factor Potencia	Potencia Provista en Porcentaje de la Nominal (%)
M°11	4,07	5,85	440	0,55	46%

Para realizar los cálculos del motor M°11, se tiene en cuenta los valores en las tablas 4 y 14 para reemplazarlos en las ecuaciones 6 y 7. Esto conduce a la obtención de la potencia reactiva del respectivo motor.

- M°11:

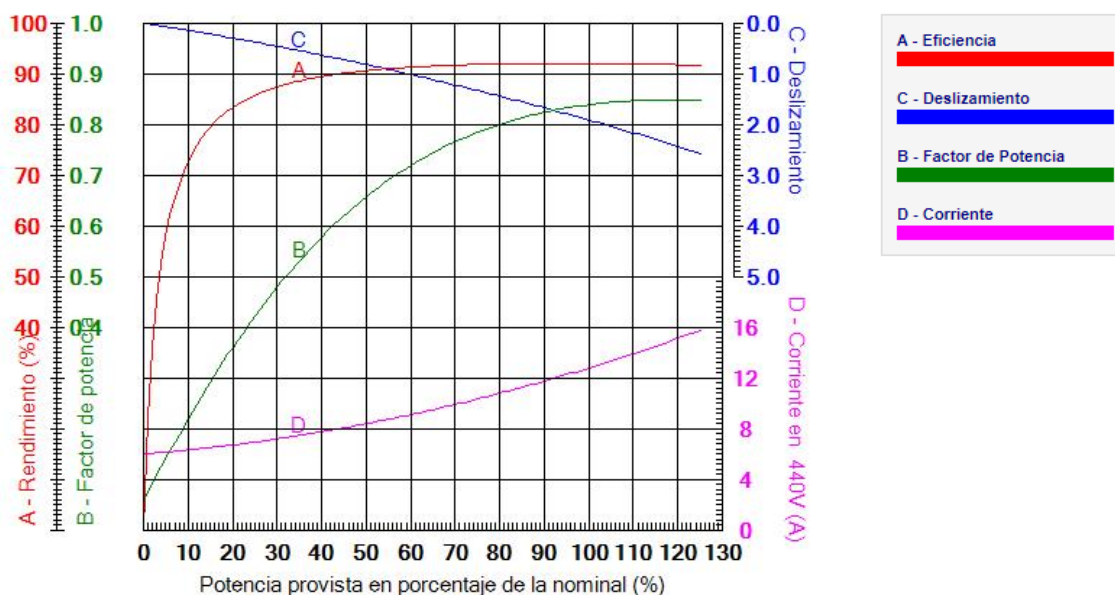
$$\varphi = \tan^{-1}(0,55) = 28,81^\circ$$

$$Q = (1,685 \text{ Kw}) * \tan(28,81) = 926,72 \text{ Var} \cong 0,93 \text{ KVar}$$

- Banda N°6 – M°12: 10 HP (7,5 KW)

Figura 10.

Gráfica de las curvas de desempeño para el motor M°12.



Nota. El gráfico representa la curva de desempeño para un motor de 10 HP. Tomado del catálogo electrónico WEG - Selección de motores eléctricos. (WEG, 2023)

https://ecatalog.weg.net/tec_cat/tech_motor_sel_web.asp

Al analizar la corriente medida del motor, se encontró el factor de potencia y la potencia provista en porcentaje de la nominal (%) usando la gráfica de la figura 10, dando como resultado la siguiente tabla.

Tabla 15.

Datos del motor M°12.

Nombre	Corriente medida (A)	Corriente Nominal (A)	Voltaje Nominal (V)	Factor Potencia	Potencia Provista en Porcentaje de la Nominal (%)
M°12	7,9	12,7	440	0,6	42%

Para realizar los cálculos del motor M°12, se tiene en cuenta los valores en las tablas 4 y 15 para reemplazarlos en las ecuaciones 6 y 7. Esto conduce a la obtención de la potencia reactiva del respectivo motor.

- M°12:

$$\varphi = \tan^{-1}(0,6) = 30,96^\circ$$

$$Q = (3,286 \text{ Kw}) * \text{Tan} (30,96)$$

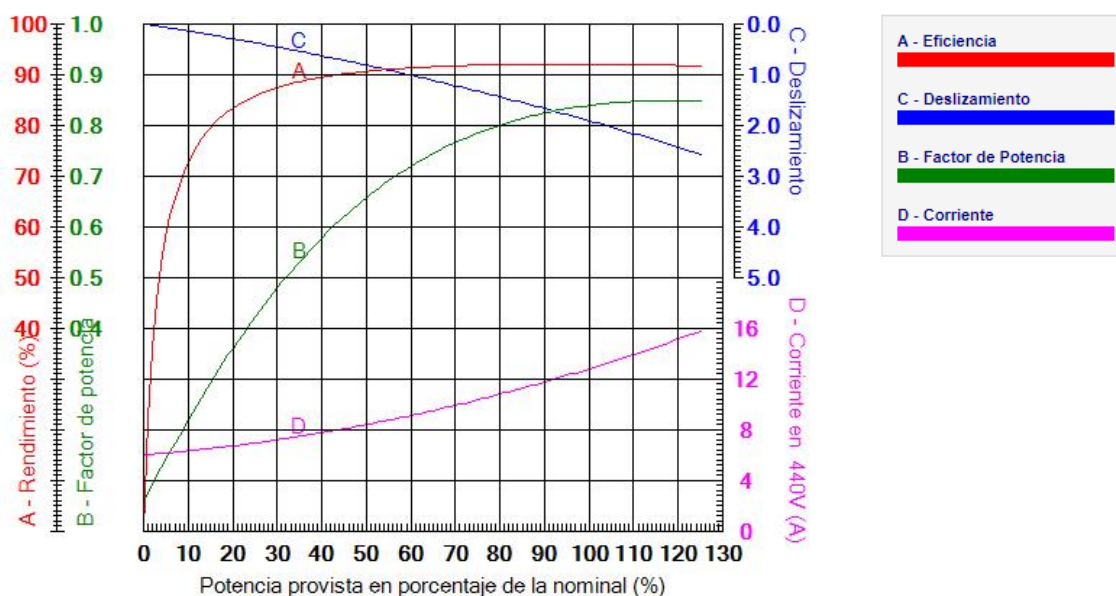
Entonces, la potencia reactiva para M°12 sería:

$$Q = 1971,55 \text{ Var} \cong 1,97 \text{ KVar}$$

- Banda N°7 – M°13: 10 HP (7,5 KW)

Figura 11.

Gráfica de las curvas de desempeño para el motor M°13.



Nota. El gráfico representa la curva de desempeño para un motor de 10 HP. Tomado del catálogo electrónico WEG - Selección de motores eléctricos. (WEG, 2023)

https://ecatalog.weg.net/tec_cat/tech_motor_sel_web.asp

Al analizar la corriente medida del motor, se encontró el factor de potencia y la potencia provista en porcentaje de la nominal (%) utilizando la gráfica de la figura 11, lo que dio como resultado la siguiente tabla.

Tabla 16.

Datos del motor M°13.

Nombre	Corriente medida (A)	Corriente Nominal (A)	Voltaje Nominal (V)	Factor Potencia	Potencia Provista en Porcentaje de la Nominal (%)
M°13	8,03	12,8	440	0,63	45%

Para realizar los cálculos del motor M°13, se tiene en cuenta los valores en las tablas 4 y 16 para reemplazarlos en las ecuaciones 6 y 7. Esto conduce a la obtención de la potencia reactiva del respectivo motor.

- M°13:

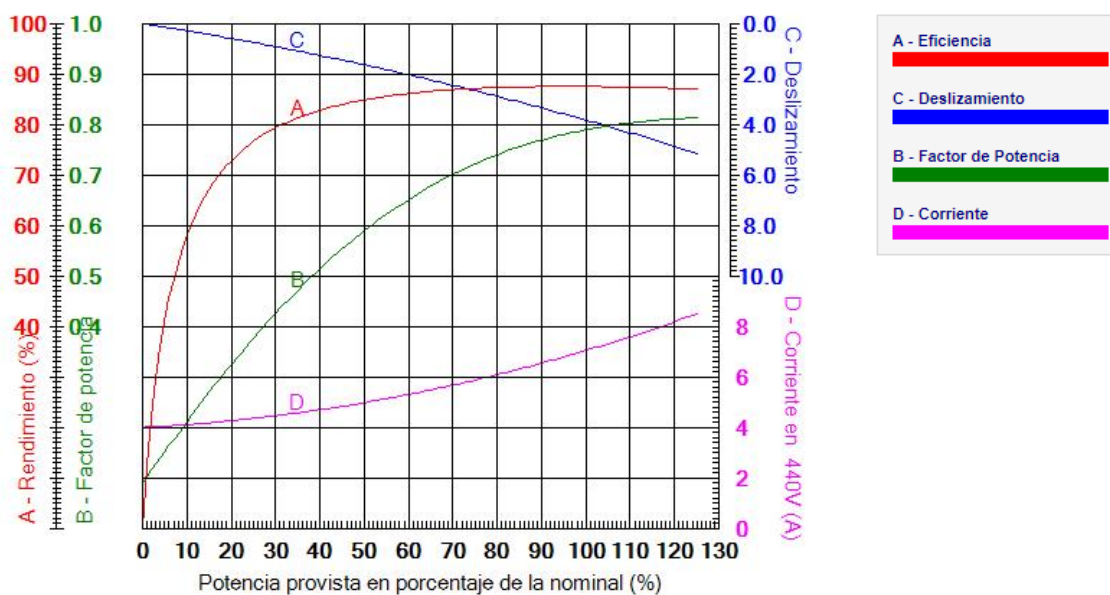
$$\varphi = \tan^{-1}(0,63) = 32,21^\circ$$

$$Q = (3,340 \text{ Kw}) * \tan(32,21) = 2104,43 \text{ Var} \cong 2,10 \text{ KVar}$$

- Banda N°8 – M°14: 5 HP (3,7 KW)

Figura 12.

Gráfica de las curvas de desempeño para el motor M°14.



Nota. El gráfico representa la curva de desempeño para un motor de 5 HP. Tomado del catálogo electrónico WEG - Selección de motores eléctricos. (WEG, 2023)

https://ecatalog.weg.net/tec_cat/tech_motor_sel_web.asp

Al analizar la corriente medida del motor, se encontró el factor de potencia y la potencia provista en porcentaje de la nominal (%) usando la gráfica de la figura 12, dando como resultado la siguiente tabla.

Tabla 17.

Datos del motor M°14.

Nombre	Corriente medida (A)	Corriente Nominal (A)	Voltaje Nominal (V)	Factor Potencia	Potencia Provista en Porcentaje de la Nominal (%)
M°14	4,7	7,02	440	0,57	46%

Para realizar los cálculos del motor M°14, se tiene en cuenta los valores en las tablas 4 y 17 para reemplazarlos en las ecuaciones 6 y 7. Esto conduce a la obtención de la potencia reactiva del respectivo motor.

- M°14:

$$\varphi = \tan^{-1}(0,57) = 29,68^\circ$$

$$Q = (1,955 \text{ Kw}) * \text{Tan} (29,68)$$

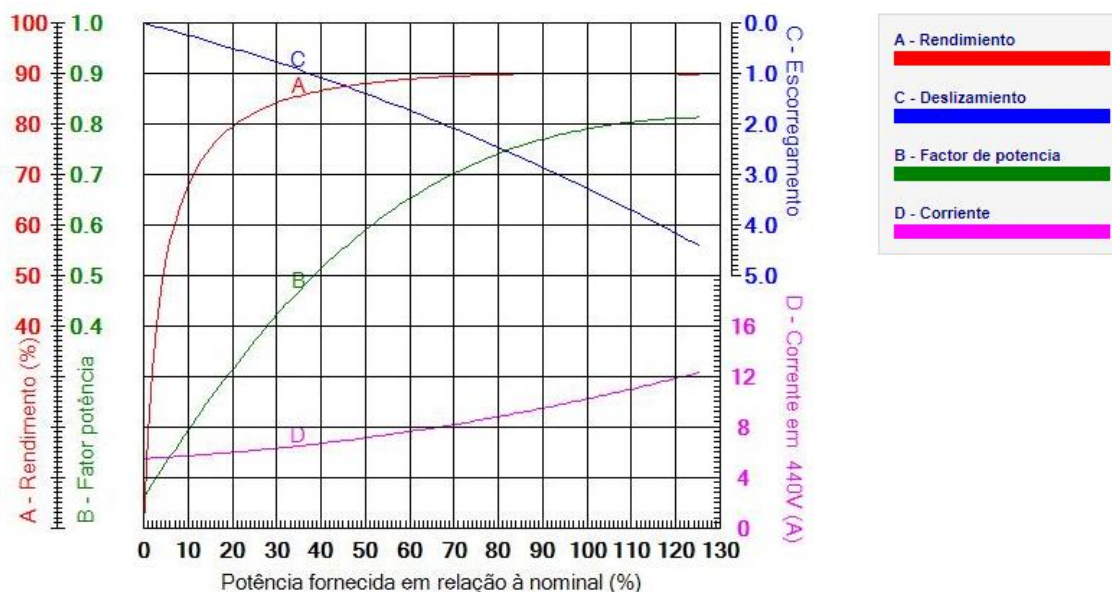
Entonces, la potencia reactiva para M°14 sería:

$$Q = 1114,32 \text{ Var} \cong 1,11 \text{ KVar}$$

- Banda N°9 – M°16: 7,5 HP (5,5KW)

Figura 13.

Gráfica de las curvas de desempeño para el motor M°16.



Nota. El gráfico representa la curva de desempeño para un motor de 7,5 HP. Tomado del catálogo electrónico WEG - Selección de motores eléctricos. (WEG, 2023)

https://ecatalog.weg.net/tec_cat/tech_motor_sel_web.asp

Al analizar la corriente medida del motor, se encontró el factor de potencia y la potencia provista en porcentaje de la nominal (%) utilizando la gráfica de la figura 13, lo que dio como resultado la siguiente tabla.

Tabla 18.

Datos del motor M°16.

Nombre	Corriente medida (A)	Corriente Nominal (A)	Voltaje Nominal (V)	Factor Potencia	Potencia Provista en Porcentaje de la Nominal (%)
M°16	7,6	10,2	440	0,64	56%

Para realizar los cálculos del motor M°16, se tiene en cuenta los valores en las tablas 4 y 18 para reemplazarlos en las ecuaciones 6 y 7. Esto conduce a la obtención de la potencia reactiva del respectivo motor.

- M°16:

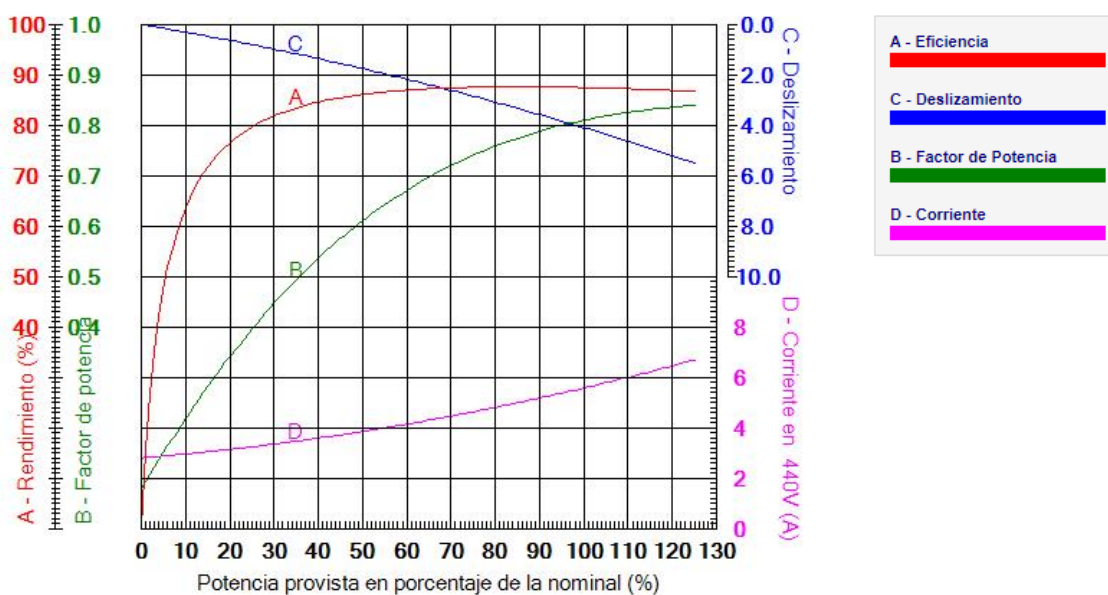
$$\varphi = \tan^{-1}(0,64) = 32,62^\circ$$

$$Q = (3,162 \text{ Kw}) * \tan(32,62) = 2023,48 \text{ Var} \cong 2,02 \text{ KVar}$$

- Banda N°10 – M°17: 4 HP (3 KW)

Figura 14.

Gráfica de las curvas de desempeño para el motor M°17.



Nota. El gráfico representa la curva de desempeño para un motor de 4 HP. Tomado del catálogo electrónico WEG - Selección de motores eléctricos. (WEG, 2023)

https://ecatalog.weg.net/tec_cat/tech_motor_sel_web.asp

Al analizar la corriente medida del motor, se encontró el factor de potencia y la potencia provista en porcentaje de la nominal (%) usando la gráfica de la figura 14, dando como resultado la siguiente tabla.

Tabla 19.

Datos del motor M°17.

Nombre	Corriente medida (A)	Corriente Nominal (A)	Voltaje Nominal (V)	Factor Potencia	Potencia Provista en Porcentaje de la Nominal (%)
M°17	3,8	5,55	440	0,58	47%

Para realizar los cálculos del motor M°17, se tiene en cuenta los valores en las tablas 4 y 19 para reemplazarlos en las ecuaciones 6 y 7. Esto conduce a la obtención de la potencia reactiva del respectivo motor.

- M°17:

$$\varphi = \tan^{-1}(0,58) = 30,11^\circ$$

$$Q = (1,577 \text{ Kw}) * \text{Tan} (30,11)$$

Entonces, la potencia reactiva para M°17 sería:

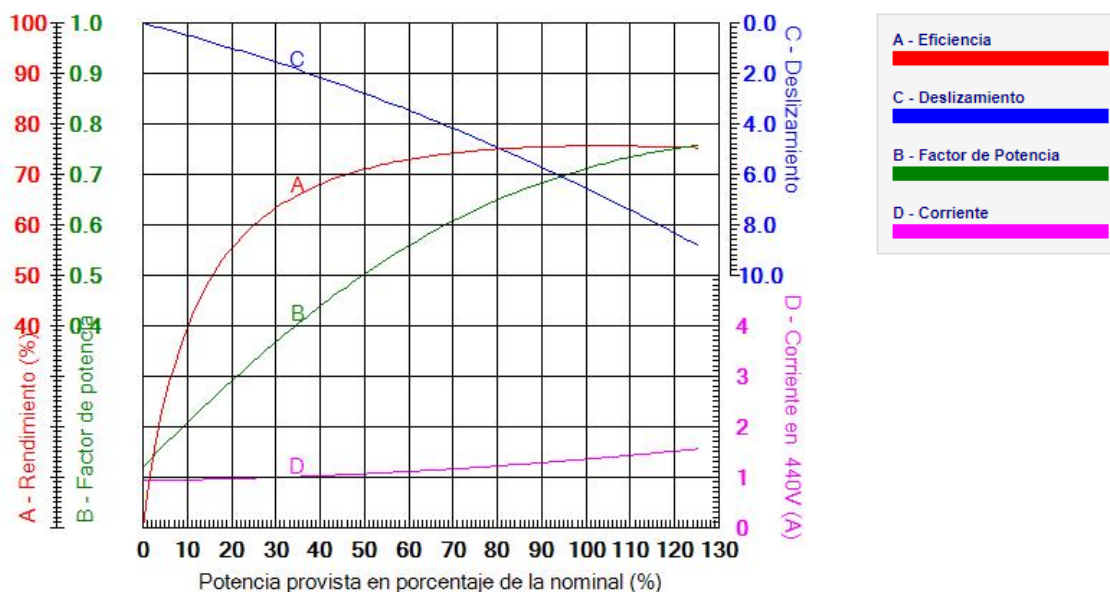
$$Q = 914,52 \text{ Var} \cong 0,91 \text{ KVar}$$

Seguidamente se presentan los resultados obtenidos para el motor de 3/4 HP, utilizado en la esclusa:

- Esclusa – M°15: 3/4 HP ó 0,75 HP

Figura 15.

Gráfica de las curvas de desempeño para el motor M°15.



Nota. El gráfico representa la curva de desempeño para un motor de 3/4 HP. Tomado del catálogo electrónico WEG - Selección de motores eléctricos. (WEG, 2023)

https://ecatalog.weg.net/tec_cat/tech_motor_sel_web.asp

Al analizar la corriente medida del motor, se encontró el factor de potencia y la potencia provista en porcentaje de la nominal (%) utilizando la gráfica de la figura 15, lo que dio como resultado la siguiente tabla.

Tabla 20.

Datos del motor M°15.

Nombre	Corriente medida (A)	Corriente Nominal (A)	Voltaje Nominal (V)	Factor Potencia	Potencia Provista en Porcentaje de la Nominal (%)
M°15	1,05	1.36	440	0,51	50%

Para realizar los cálculos del motor M°15, se tiene en cuenta los valores en las tablas 6 y 20 para reemplazarlos en las ecuaciones 6 y 7. Esto conduce a la obtención de la potencia reactiva del respectivo motor.

- M°15:

$$\varphi = \tan^{-1}(0,51) = 27,02^\circ$$

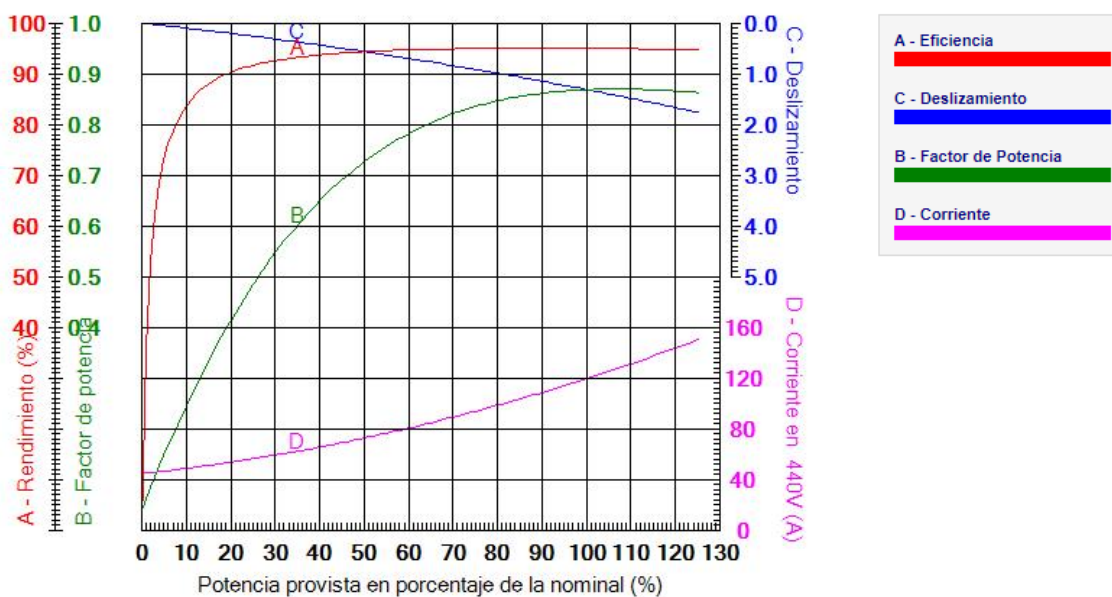
$$Q = (0,4399 \text{ Kw}) * \text{Tan} (27,02) = 224,334 \text{ Var} \cong 0,224 \text{ KVar}$$

Para los motores utilizados en los molinos, dado que cada motor tiene capacidades diferentes, se realizó un análisis para cada uno. A continuación, se presentan los resultados obtenidos:

- Molino N°1 – M°7: 100 HP

Figura 16.

Gráfica de las curvas de desempeño para el motor M°7.



Nota. El gráfico representa la curva de desempeño para un motor de 100 HP. Tomado del catálogo electrónico WEG - Selección de motores eléctricos. (WEG, 2023)

https://ecatalog.weg.net/tec_cat/tech_motor_sel_web.asp

Al analizar la corriente medida del motor, se encontró el factor de potencia y la potencia provista en porcentaje de la nominal (%) usando la gráfica de la figura 16, dando como resultado la siguiente tabla.

Tabla 21.

Datos del motor M°7.

Nombre	Corriente medida (A)	Corriente Nominal (A)	Voltaje Nominal (V)	Factor Potencia	Potencia Provista en Porcentaje de la Nominal (%)
M°7	100	120	440	0,85	80%

Para realizar los cálculos del motor M°7, se tiene en cuenta los valores en las tablas 8 y 21 para reemplazarlos en las ecuaciones 6 y 7. Esto conduce a la obtención de la potencia reactiva del respectivo motor.

- M°7:

$$\varphi = \tan^{-1}(0,85) = 40,36^\circ$$

$$Q = (41,900 \text{ Kw}) * \text{Tan} (40,36)$$

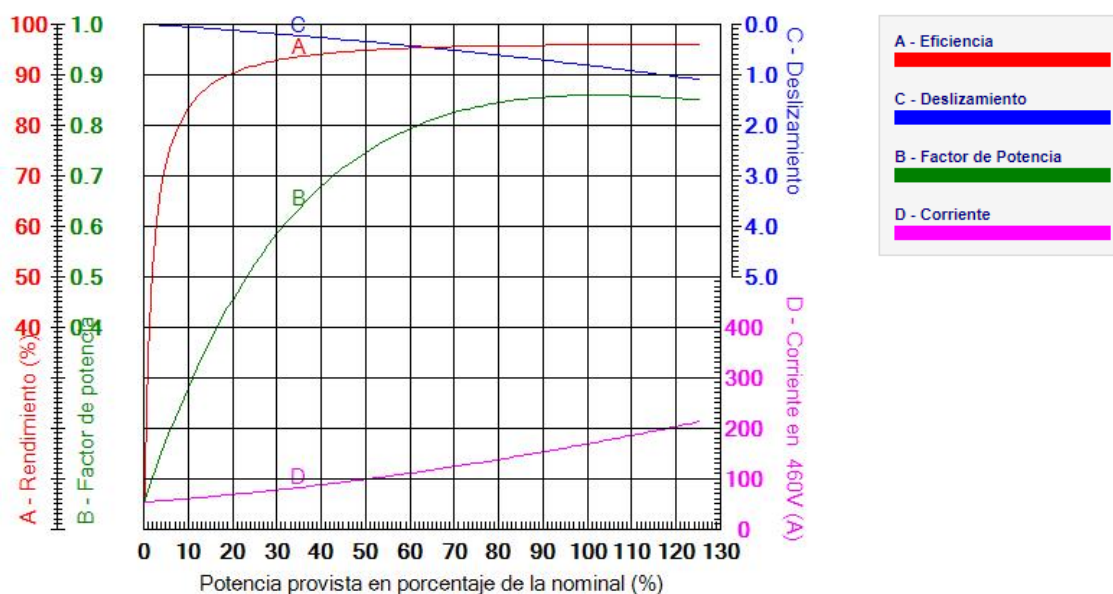
Entonces, la potencia reactiva para M°7 sería:

$$Q = 35609,286 \text{ Var} \cong 35,61 \text{ KVar}$$

- Molino N°2 – M°8: 150 HP

Figura 17.

Gráfica de las curvas de desempeño para el motor M°8.



Nota. El gráfico representa la curva de desempeño para un motor de 150 HP. Tomado del catálogo electrónico WEG - Selección de motores eléctricos. (WEG, 2023)

https://ecatalog.weg.net/tec_cat/tech_motor_sel_web.asp

Al analizar la corriente medida del motor, se encontró el factor de potencia y la potencia provista en porcentaje de la nominal (%) utilizando la gráfica de la figura 17, lo que dio como resultado la siguiente tabla.

Tabla 22.

Datos del motor M°8.

Nombre	Corriente medida (A)	Corriente Nominal (A)	Voltaje Nominal (V)	Factor Potencia	Potencia Provista en Porcentaje de la Nominal (%)
M°8	199,6	165	460	0,86	120%

Para realizar los cálculos del motor M°8, se tiene en cuenta los valores en las tablas 8 y 22 para reemplazarlos en las ecuaciones 6 y 7. Esto conduce a la obtención de la potencia reactiva del respectivo motor.

- M°8:

$$\varphi = \tan^{-1}(0,86) = 40,69^\circ$$

$$Q = (95,808 \text{ Kw}) * \text{Tan} (40,69) = 82378,79 \text{ Var} \cong 82,38 \text{ KVar}$$

8.3. Consumo Actual de Energía Eléctrica de la Planta de Coquización URIMAX

Con el objetivo de analizar la demanda de la potencia reactiva, se solicitó ante la empresa el recibo de energía eléctrica de la planta URIMAX.

Figura 18.

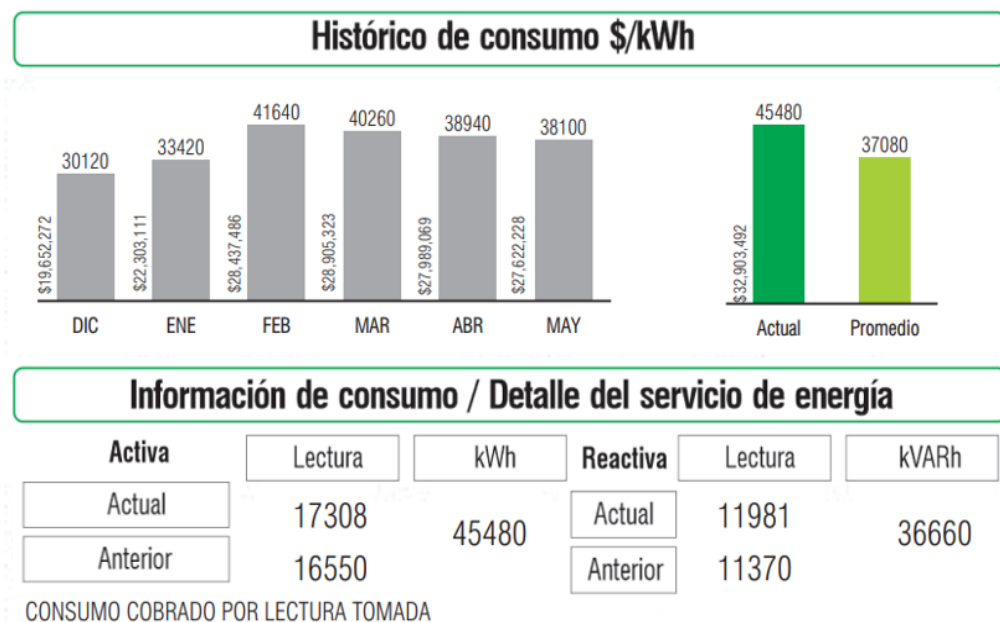
Datos del recibo de servicio de energía de la planta de coquización URIMAX.

 Servicio de energía Componentes del costo unitario (\$/kWh)	
Generación (G): 285.1145	Comercialización (Cv): 82.1594
Transmisión (T): 48.5314	Pérdidas Reconocidas (PR): 17.9935
Distribución (D): 189.5702	Restricciones (R): 39.3037
Costo Unitario \$/kWh: 666.8031	Tarifa Aplicada \$/kWh: 798.5402
CU Opción Tarifaria \$/kWh: 665.4502	FECHA PUBLICACION: 20/MAY/2023
CONSUMO SUBSISTENCIA: 173 kWh	Contribución (%): 20

Nota. Adaptado del recibo del servicio de energía eléctrica, de Centrales Eléctricas de Norte de Santander S.A. E.S.P. (CENS), 2023.

Figura 19.

Diagrama de barras del recibo de servicio de energía de la planta de coquización URIMAX.



Nota. Adaptado del recibo de servicio de energía eléctrica, de Centrales Eléctricas de Norte de Santander S.A. E.S.P. (CENS), 2023.

Teniendo en cuenta la lectura tomada del respectivo mes de la factura de energía eléctrica se obtienen los siguientes datos:

Potencia Activa (P) = 45480 KWh

Potencia Reactiva (Q) = 36660 KVARh

Potencia Aparente (S) = $\sqrt{P^2 + Q^2} = 58416$ KVA

Factor Potencia (FP) = $\frac{P}{S} = 0,778$

Tal como lo establece la **CREG (Comisión de Regulación de Energía y Gas)** “en caso de que la reactiva **Q (kVAr)** consumida por un usuario, sea mayor al cincuenta por ciento (50%) de la activa **P (kWh)** que le es entregada en cada periodo horario, el exceso sobre este límite, en cada periodo horario, se considerará como activa para efectos de liquidar mensualmente el cargo

por uso del respectivo sistema”. Con base en lo expuesto, el usuario puede fácilmente tomar los valores de consumos de potencia reactiva (Q) y dividirlo entre los valores de potencia activa (P). (Villamil, 2013)

Figura 20.

Rango del factor de potencia.

$$\begin{array}{ll} \text{SI } \frac{Q}{P} > 0,5 & \text{PAGA ENERGIA REACTIVA} \\ \text{SI } \frac{Q}{P} \leq 0,5 & \text{NO PAGA ENERGIA REACTIVA} \end{array}$$

Nota. Representación del rango del factor de potencia, tomado por Jairo Flechas Villamil, GENELEC de Colombia S.A.S – ISAGEN. (Villamil, 2013) <https://docplayer.es/68675579-Recomendaciones-para-seleccion-de-condensadores-en-baja-tension-jairo-flechas-villamil-genelec-de-colombia-s-a-s.html>

Según lo mencionado por la CREG:

$$\frac{Q}{P} = \frac{36660 \text{ KVAR}}{45480 \text{ KW}} = 0,8 > 0,5$$

Analizando lo mencionado anteriormente por la CREG y examinando los valores de la factura eléctrica de la planta de coquización URIMAX, se puede observar que se tiene un cobro elevado de reactiva, dada esta situación, la Comisión de Regulación de Energía y Gas (CREG) reglamenta la manera de determinar los excesos de reactiva sobre los cuales un usuario está obligado a pagar.

Las fórmulas para penalización por reactiva se encuentran establecidas en el capítulo 12 de la resolución CREG 015 de 2018, la resolución CREG 199 de 2019 y la resolución CREG 195 de 2020. (CENS, GOV.CO, 2023) Las cuales serían las siguientes:

Figura 21.

Fórmula para penalización de energía reactiva inductiva.

**Figura 22.**

Fórmula para penalización de energía reactiva capacitiva.



Nota. Las Figuras 21 y 22, se relacionan a las fórmulas para penalización de energía, por parte de centrales eléctricas. Tomado de CENS, todos los derechos reservados 2023. (CENS, GOV.CO, 2023) <https://www.cens.com.co/clientes-y-usuarios/empresas/penalizacion-por-energia-reactiva>

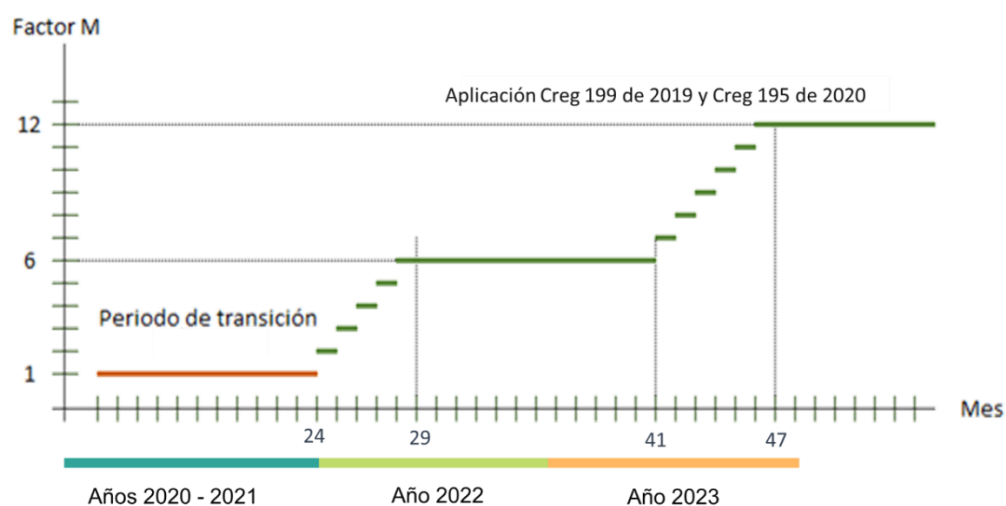
En estas normas, se divide a los clientes que generan reactiva en dos grupos: Clientes que generan reactiva en 10 días o menos de durante el mes y aquellos que generan reactiva en más de 10 días. (CENS, GOV.CO, 2023)

Para el tipo de clientes que generan reactiva en 10 días o menos durante el mes, la CREG indica que se debe realizar el cobro del total de la reactiva tanto inductiva como la capacitiva, estos resultados se deberán sumar y ese será el valor a penalizar.

Por el contrario, para el tipo de clientes que generan reactiva en más de 10 días durante el mes, la CREG indica que se debe realizar la aplicación de las mismas fórmulas, pero se tiene un cambio en el factor M, dado que este factor presentará aumento de forma mensual acorde al siguiente esquema:

Figura 23.

Esquema del factor M, aplicado por la CREG.



Nota. Adaptado de esquema del factor M. Tomado de CENS, todos los derechos reservados 2023. (CENS, GOV.CO, 2023)

<https://www.cens.com.co/clientes-y-usuarios/empresas/penalizacion-por-energia-reactiva>

Para evitar tener penalizaciones de reactiva y por ende un cobro de la misma, se deberá realizar adecuaciones técnicas en las instalaciones, previniendo que se generen ese tipo de energía, la solución más común es la instalación de bancos de compensación de energía eléctrica.

Según lo establecido por la CREG, una vez corregida la generación de reactivos, debes tener 3 meses sin el registro de estas variables para que el factor M quede en 1. (CENS, GOV.CO, 2023)

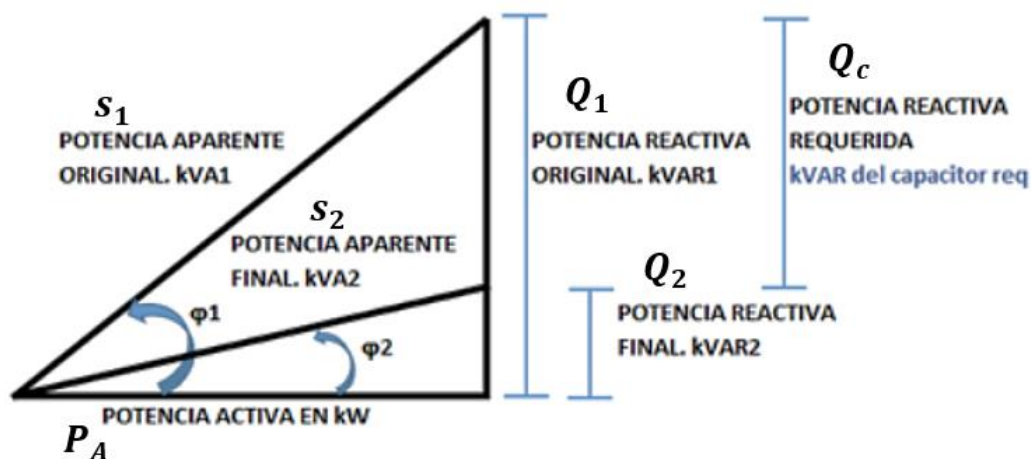
8.4. Estrategias Desde el Punto de Vista del Mejoramiento del Factor de Potencia

Teniendo en cuenta la potencia reactiva de cada uno de los motores, se selecciona los valores comerciales en la tabla de condensadores trifásicos Heavy Duty de la línea WEG de estas potencias, para así obtener las referencias de los capacitores y lograr la corrección del Factor de Potencia.

Además, para realizar los cálculos de cada motor, se tiene en cuenta la siguiente ilustración, de donde se derivan las ecuaciones para determinar el factor de potencia:

Figura 24.

Corrección de factor de potencia.



Nota. Adaptado Corrección de Factor de Potencia, Tomado de Reasa Power Quality. (Reasa, 2023) <https://reasa.com.mx/index.php/correccion-de-factor-de-potencia/>

Con la recopilación de las mediciones, se obtuvieron la potencia reactiva original de cada uno de los motores, por otra parte, mediante la tabla de condensadores trifásicos Heavy Duty, se identificó la potencia reactiva requerida del condensador a utilizar en cada caso específico, para así determinar la potencia reactiva final como se muestra en la ecuación 8.

$$Q_2 = Q_1 - Q_c \quad (\text{Ecu. 8})$$

Seguidamente, se contempló las razones trigonométricas en la figura 23, que dieron como resultado la ecuación 9.

$$\tan(\varphi_2) = \frac{\text{Cateto Opuesto}}{\text{Cateto Adyacente}} = \frac{Q_2}{P_A} \quad (\text{Ecu. 9})$$

Despejando φ_2 de la ecuación 9, tendremos:

$$\varphi_2 = \tan^{-1}\left(\frac{Q_2}{P_A}\right) \quad (\text{Ecu. 10})$$

Entonces para determinar el factor de potencia de cada condensador sería:

$$FP = \cos(\varphi_2) \quad (\text{Ecu. 11})$$

- Alimentadores – Tolva Ronbon:

Examinando la tabla de condensadores trifásicos Heavy Duty de la línea WEG, se seleccionan las potencias reactivas más cercanas que estén por debajo de la potencia reactiva del motor con una frecuencia de 60 Hz y se obtienen las referencias de los condensadores que serían:

Tabla 23.

Referencias de condensadores para los alimentadores M°1, M°2, M°3 y M°4.

M°	Motor		Condensador Trifásico - UCWT HD (Heavy Duty) WEG				
	Potencia Reactiva (KVar)	Tensión (V)	Potencia Reactiva (KVar)	Corriente nominal In (A)	Capacitancia (uF)	Referencia	Código
1	1,85	440	1,68	2,41	7.7x3	UCWT2V53 L10 HD	10045994
2	1,85	440	1,68	2,41	7.7x3	UCWT2V53 L10 HD	10045994
3	1,85	440	1,68	2,41	7.7x3	UCWT2V53 L10 HD	10045994
4	1,85	440	1,68	2,41	7.7x3	UCWT2V53 L10 HD	10045994

Teniendo en cuenta una referencia de los capacitores, procedemos a recopilar los datos para reemplazarlos en las respectivas ecuaciones mencionadas anteriormente. Los resultados de estos cálculos se presentan en la siguiente tabla:

Tabla 24.

Datos y costos utilizando el condensador para los alimentadores.

M°	Motor			Condensador Trifásico	Factor de Potencia con Condensador	Precio del Condensador
	Potencia Activa (KW)	Potencia Reactiva (KVar)	Factor de Potencia Actual	Potencia Reactiva (KVar)		
1	3,13	1,85	0,59	1,68	0,99	\$154.700
2	3,13	1,85	0,59	1,68	0,99	\$154.700
3	3,14	1,85	0,59	1,68	0,99	\$154.700
4	3,13	1,85	0,59	1,68	0,99	\$154.700

Nota. Estos precios son solo una referencia del catálogo de precios de WEG y pueden variar según el proveedor y la ubicación. (WEG, 2023)

Para realizar los cálculos de cada uno de los alimentadores, se toman en cuenta los valores en la tabla 24, lo que proporciona la solución al factor de potencia con condensador.

- M°1:

$$Q_2 = 1,85 \text{ KVar} - 1,68 \text{ KVar} = 0,17 \text{ KVar}$$

$$\varphi_2 = \tan^{-1} \left(\frac{0,17 \text{ KVar}}{3,13 \text{ KW}} \right) = 3,11^\circ$$

$$FP = \cos(3,11^\circ) = 0,998$$

- M°2:

$$Q_2 = 1,85 \text{ KVar} - 1,68 \text{ KVar} = 0,17 \text{ KVar}$$

$$\varphi_2 = \tan^{-1} \left(\frac{0,17 \text{ KVar}}{3,13 \text{ KW}} \right) = 3,11^\circ$$

$$FP = \cos(3,11^\circ) = 0,998$$

- M°3:

$$Q_2 = 1,85 \text{ KVar} - 1,68 \text{ KVar} = 0,17 \text{ KVar}$$

$$\varphi_2 = \tan^{-1} \left(\frac{0,17 \text{ KVar}}{3,14 \text{ KW}} \right) = 3,09^\circ$$

$$FP = \cos(3,09^\circ) = 0,998$$

- M°4:

$$Q_2 = 1,85 \text{ KVar} - 1,68 \text{ KVar} = 0,17 \text{ KVar}$$

$$\varphi_2 = \tan^{-1} \left(\frac{0,17 \text{ KVar}}{3,13 \text{ KW}} \right) = 3,11^\circ$$

$$FP = \cos(3,11^\circ) = 0,998$$

Con la finalidad de encontrar la mejor opción en cuanto a corrección del factor de potencia y costos de los condensadores, se han examinado los siguientes capacitores para los alimentadores.

Tabla 25.

Otras referencias de condensadores para los alimentadores M°1, M°2, M°3 y M°4.

M°	Motor		Condensador Trifásico - UCWT HD (Heavy Duty) WEG				
	Potencia Reactiva (KVar)	Tensión (V)	Potencia Reactiva (KVar)	Corriente nominal In (A)	Capacitancia (uF)	Referencia	Código
1	1,85	440	0.84	1,20	3.8x3	UCWT1V53 L10 HD	10045992
2	1,85	440	0.84	1,20	3.8x3	UCWT1V53 L10 HD	10045992
3	1,85	440	0.84	1,20	3.8x3	UCWT1V53 L10 HD	10045992
4	1,85	440	0.84	1,20	3.8x3	UCWT1V53 L10 HD	10045992

Considerando estas otras referencias de los capacitores, procedemos a recopilar los nuevos datos para reemplazarlos en las respectivas ecuaciones 8, 10 y 11. Lo que nos da como resultado la siguiente tabla:

Tabla 26.

Datos y costos utilizando el otro condensador para los alimentadores.

M°	Motor			Condensador Trifásico	Factor de Potencia con Condensador	Precio del Condensador
	Potencia Activa (KW)	Potencia Reactiva (KVar)	Factor de Potencia Actual	Potencia Reactiva (KVar)		
1	3,13	1,85	0,59	0.84	0,95	\$ 129.900
2	3,13	1,85	0,59	0.84	0,95	\$ 129.900
3	3,14	1,85	0,59	0.84	0,95	\$ 129.900
4	3,13	1,85	0,59	0.84	0,95	\$ 129.900

Nota. Estos precios son solo una referencia del catálogo de precios de WEG y pueden variar según el proveedor y la ubicación. (WEG, 2023)

Para realizar los cálculos de cada uno de los alimentadores, se toman en cuenta los valores en la tabla 26. Esto conduce a la corrección del factor de potencia mediante el uso de condensadores.

- M°1:

$$Q_2 = 1,85 \text{ KVar} - 0,84 \text{ KVar} = 1,01 \text{ KVar}$$

$$\varphi_2 = \tan^{-1}\left(\frac{1,01 \text{ KVar}}{3,13 \text{ KW}}\right) = 17,88^\circ$$

$$FP = \cos(17,88^\circ) = 0,952$$

- M°2:

$$Q_2 = 1,85 \text{ KVar} - 0,84 \text{ KVar} = 1,01 \text{ KVar}$$

$$\varphi_2 = \tan^{-1}\left(\frac{1,01 \text{ KVar}}{3,13 \text{ KW}}\right) = 17,88^\circ$$

$$FP = \cos(17,88^\circ) = 0,952$$

- M°3:

$$Q_2 = 1,85 \text{ KVar} - 0,84 \text{ KVar} = 1,01 \text{ KVar}$$

$$\varphi_2 = \tan^{-1}\left(\frac{1,01 \text{ KVar}}{3,14 \text{ KW}}\right) = 17,83^\circ$$

$$FP = \cos(17,83^\circ) = 0,952$$

- M°4:

$$Q_2 = 1,85 \text{ KVar} - 0,84 \text{ KVar} = 1,01 \text{ KVar}$$

$$\varphi_2 = \tan^{-1}\left(\frac{1,01 \text{ KVar}}{3,13 \text{ KW}}\right) = 17,88^\circ$$

$$FP = \cos(17,88^\circ) = 0,952$$

Al observar los resultados en las tablas 24 y 26, se apreciará una diferencia en términos de costos. Desde una perspectiva económica, la segunda opción sería la más conveniente, ya que

proporciona un factor de potencia igual o mayor a 0,95 con un costo aproximado de \$129.900 cada uno. Por otro lado, la primera opción, que se acerca más a un factor de potencia de 1, tiene un costo de \$154.700 por cada condensador.

- Motores – Bandas Transportadoras:

Examinando la tabla del catálogo de condensadores trifásicos Heavy Duty de la línea WEG, se seleccionan las potencias reactivas más cercanas que estén por debajo de la potencia reactiva del motor con una frecuencia de 60 Hz y se obtienen las referencias de los condensadores que serían:

Tabla 27.

Referencias de condensadores para los motores de las bandas transportadoras.

Motor			Condensador Trifásico - UCWT HD (Heavy Duty) WEG				
M°	Potencia Reactiva (KVar)	Tensión (V)	Potencia Reactiva (KVar)	Corriente nominal In (A)	Capacitancia (uF)	Referencia	Código
5	3,37	440	2.1	3,01	9.6x3	UCWT2.5V53 L10 HD	10045995
6	2,04	440	1,68	2,41	7.7x3	UCWT2V53 L10 HD	10045994
9	1,08	440	0.84	1,20	3.8x3	UCWT1V53 L10 HD	10045992
10	1,08	440	0.84	1,20	3.8x3	UCWT1V53 L10 HD	10045992
11	0,93	440	0.84	1,20	3.8x3	UCWT1V53 L10 HD	10045992
12	1,97	440	1,68	2,41	7.7x3	UCWT2V53 L10 HD	10045994
13	2,10	440	1,68	2,41	7.7x3	UCWT2V53 L10 HD	10045994
14	1,11	440	0.84	1,20	3.8x3	UCWT1V53 L10 HD	10045992
16	2,02	440	1,68	2,41	7.7x3	UCWT2V53 L10 HD	10045994
17	0,91	440	0.84	1,20	3.8x3	UCWT1V53 L10 HD	10045992

Teniendo en cuenta las referencias de los capacitores, procedemos a recopilar los datos para reemplazarlos en las respectivas ecuaciones 8, 10 y 11. Los resultados de estos cálculos se presentan en la siguiente tabla:

Tabla 28.

Datos y costos utilizando el condensador para los motores de las bandas transportadoras.

M°	Motor		Condensador Trifásico		Factor de Potencia con Condensador	Precio del Condensador
	Potencia Activa (KW)	Potencia Reactiva (KVar)	Factor de Potencia Actual	Potencia Reactiva (KVar)		
5	4,74	3,37	0,71	2.1	0,97	\$ 165.900
6	3,18	2,04	0,64	1,68	0,99	\$ 154.700
9	2,00	1,08	0,54	0.84	0,99	\$ 129.900
10	2,01	1,08	0,54	0.84	0,99	\$ 129.900
11	1,68	0,93	0,55	0.84	0,99	\$ 129.900
12	3,29	1,97	0,6	1,68	0,99	\$ 154.700
13	3,34	2,10	0,63	1,68	0,99	\$ 154.700
14	1,96	1,11	0,57	0.84	0,99	\$ 129.900
16	3,16	2,02	0,64	1,68	0,99	\$ 154.700
17	1,58	0,91	0,58	0.84	0,99	\$ 129.900

Nota. Estos precios son solo una referencia del catálogo de precios de WEG y pueden variar según el proveedor y la ubicación. (WEG, 2023)

Para realizar los cálculos de cada uno de los motores de las bandas transportadoras, se toman en cuenta los valores en la tabla 28, lo que proporciona la solución al factor de potencia con condensador.

- M°5:

$$Q_2 = 3,37KVar - 2.1 KVar = 1,27 KVar$$

$$\varphi_2 = \tan^{-1}\left(\frac{1,27KVar}{4,74 KW}\right) = 14,999^\circ$$

$$FP = \cos(14,999^\circ) = 0,966$$

- M°6:

$$Q_2 = 2,04 \text{ KVar} - 1,68 \text{ KVar} = 0,36 \text{ KVar}$$

$$\varphi_2 = \tan^{-1}\left(\frac{0,36 \text{ KVar}}{3,18 \text{ KW}}\right) = 6,451^\circ$$

$$FP = \cos(6,451^\circ) = 0,994$$

- M°9:

$$Q_2 = 1,08 \text{ KVar} - 0,84 \text{ KVar} = 0,24 \text{ KVar}$$

$$\varphi_2 = \tan^{-1}\left(\frac{0,24 \text{ KVar}}{2,002 \text{ KW}}\right) = 6,836^\circ$$

$$FP = \cos(6,836^\circ) = 0,993$$

- M°10:

$$Q_2 = 1,08 \text{ KVar} - 0,84 \text{ KVar} = 0,24 \text{ KVar}$$

$$\varphi_2 = \tan^{-1}\left(\frac{0,24 \text{ KVar}}{2,006 \text{ KW}}\right) = 6,822^\circ$$

$$FP = \cos(6,822^\circ) = 0,993$$

- M°11:

$$Q_2 = 0,93 \text{ KVar} - 0,84 \text{ KVar} = 0,09 \text{ KVar}$$

$$\varphi_2 = \tan^{-1}\left(\frac{0,09 \text{ KVar}}{1,68 \text{ KW}}\right) = 3,066^\circ$$

$$FP = \cos(3,066^\circ) = 0,999$$

- M°12:

$$Q_2 = 1,97 \text{ KVar} - 1,68 \text{ KVar} = 0,29 \text{ KVar}$$

$$\varphi_2 = \tan^{-1}\left(\frac{0,29 \text{ KVar}}{3,29 \text{ KW}}\right) = 5,037^\circ$$

$$FP = \cos(5,037^\circ) = 0,996$$

- M°13:

$$Q_2 = 2,10 \text{ KVar} - 1,68 \text{ KVar} = 0,42 \text{ KVar}$$

$$\varphi_2 = \tan^{-1}\left(\frac{0,42 \text{ KVar}}{3,34 \text{ KW}}\right) = 7,167^\circ$$

$$FP = \cos(7,167^\circ) = 0,992$$

- M°14:

$$Q_2 = 1,11 \text{ KVar} - 0,84 \text{ KVar} = 0,27 \text{ KVar}$$

$$\varphi_2 = \tan^{-1}\left(\frac{0,27 \text{ KVar}}{1,96 \text{ KW}}\right) = 7,843^\circ$$

$$FP = \cos(7,843^\circ) = 0,991$$

- M°16:

$$Q_2 = 2,02 \text{ KVar} - 1,68 \text{ KVar} = 0,34 \text{ KVar}$$

$$\varphi_2 = \tan^{-1}\left(\frac{0,34 \text{ KVar}}{3,16 \text{ KW}}\right) = 6,141^\circ$$

$$FP = \cos(6,141^\circ) = 0,994$$

- M°17:

$$Q_2 = 0,91 \text{ KVar} - 0,84 \text{ KVar} = 0,07 \text{ KVar}$$

$$\varphi_2 = \tan^{-1}\left(\frac{0,07 \text{ KVar}}{1,58 \text{ KW}}\right) = 2,536^\circ$$

$$FP = \cos(2,536^\circ) = 0,999$$

Con la finalidad de encontrar la mejor opción en cuanto a corrección del factor de potencia y costos de los condensadores, se han examinado el cambio de algunos capacitores para los motores de las bandas transportadoras.

Tabla 29.

Otras referencias de condensadores para los motores de las bandas transportadoras.

Motor			Condensador Trifásico - UCWT HD (Heavy Duty) WEG				
M°	Potencia Reactiva (KVar)	Tensión (V)	Potencia Reactiva (KVar)	Corriente nominal In (A)	Capacitancia (uF)	Referencia	Código
5	3,37	440	2.1	3,01	9.6x3	UCWT2.5V53 L10 HD	10045995
6	2,04	440	1.26	1,80	5.8x3	UCWT1.5V53 L10 HD	10045993
9	1,08	440	0.84	1,20	3.8x3	UCWT1V53 L10 HD	10045992
10	1,08	440	0.84	1,20	3.8x3	UCWT1V53 L10 HD	10045992
11	0,93	440	0.84	1,20	3.8x3	UCWT1V53 L10 HD	10045992
12	1,97	440	1.26	1,80	5.8x3	UCWT1.5V53 L10 HD	10045993
13	2,10	440	1.26	1,80	5.8x3	UCWT1.5V53 L10 HD	10045993
14	1,11	440	0.84	1,20	3.8x3	UCWT1V53 L10 HD	10045992
16	2,02	440	1.26	1,80	5.8x3	UCWT1.5V53 L10 HD	10045993
17	0,91	440	0.84	1,20	3.8x3	UCWT1V53 L10 HD	10045992

Considerando el cambio de algunas referencias de los capacitores, se procedió a recopilar nuevos datos. Luego, se realizaron los mismos procedimientos matemáticos con las nuevas referencias, y como resultado de estos cálculos, se obtuvo la siguiente tabla:

Tabla 30.

Datos y costos utilizando el otro condensador para los motores de las bandas transportadoras.

M°	Motor		Condensador Trifásico		Factor de Potencia con Condensador	Precio del Condensador
	Potencia Activa (KW)	Potencia Reactiva (KVar)	Factor de Potencia Actual	Potencia Reactiva (KVar)		
5	4,74	3,37	0,71	2.1	0,97	\$ 165.900
6	3,18	2,04	0,64	1,26	0,97	\$142.300
9	2,00	1,08	0,54	0.84	0,99	\$ 129.900
10	2,01	1,08	0,54	0.84	0,99	\$ 129.900
11	1,68	0,93	0,55	0.84	0,99	\$ 129.900
12	3,29	1,97	0,6	1,26	0,97	\$142.300
13	3,34	2,10	0,63	1,26	0,97	\$142.300
14	1,96	1,11	0,57	0.84	0,99	\$ 129.900
16	3,16	2,02	0,64	1,26	0,97	\$142.300
17	1,58	0,91	0,58	0.84	0,99	\$ 129.900

Nota. Estos precios son solo una referencia del catálogo de precios de WEG y pueden variar según el proveedor y la ubicación. (WEG, 2023)

Al observar los resultados en las tablas 28 y 30, se aprecia una diferencia en términos de costos. Desde una perspectiva económica, la segunda opción sería la más conveniente, ya que se buscó reducir el costo, manteniendo un factor de potencia entre 0,97 y 0,99. Por otro lado, la primera opción, en su mayoría se acerca más a un factor de potencia de 1, teniendo un costo más elevado por cada condensador.

- Motor – Esclusa:

Teniendo en cuenta la tabla del catálogo de condensadores trifásicos Heavy Duty de la línea WEG, además de la potencia reactiva y el factor de potencia del motorreductor M°15, se considera que no es necesario para este motor de 3/4 HP un condensador trifásico.

- Motores – Molino:

Examinando la tabla del catálogo de condensadores trifásicos Heavy Duty de la línea WEG, se seleccionan las potencias reactivas más cercanas que estén por debajo de la potencia reactiva del motor con una frecuencia de 60 Hz y se obtienen las referencias de los condensadores que serían:

Tabla 31.

Referencias de condensadores para los motores de los molinos.

M°	Motor		Condensador Trifásico - UCWT HD (Heavy Duty) WEG				
	Potencia Reactiva (KVar)	Tensión (V)	Potencia Reactiva (KVar)	Corriente nominal In (A)	Capacitancia (uF)	Referencia	Código
7	35,61	440	25.2	36,08	115.1x3	UCWT30V53 S28 HD	12272781
8	82,38	480	50,0	60,1	191,9 x 3	UCWT50V53 U28 HD	13365677

Considerando estas referencias de los capacitores, se procede a recopilar los datos para reemplazarlos en las respectivas ecuaciones 8, 10 y 11, lo que da como resultado la siguiente tabla:

Tabla 32.

Datos y costos utilizando el condensador para los motores de los molinos.

M°	Motor			Condensador Trifásico	Factor de Potencia con Condensador	Precio del Condensador
	Potencia Activa (KW)	Potencia Reactiva (KVar)	Factor de Potencia Actual	Potencia Reactiva (KVar)		
7	41,9	35,61	0,85	25.2	0,97	\$ 736.900
8	95,8	82,38	0,86	50,0	0,95	\$ 1.226.000

Nota. Estos precios son solo una referencia del catálogo de precios de WEG y pueden variar según el proveedor y la ubicación. (WEG, 2023)

Para realizar los cálculos de cada uno de los motores de los molinos, se toman en cuenta los valores en la tabla 32. Esto conduce a la corrección del factor de potencia mediante el uso de condensadores.

- M°7:

$$Q_2 = 35,61 \text{ KVar} - 25,2 \text{ KVar} = 10,41 \text{ KVar}$$

$$\varphi_2 = \tan^{-1} \left(\frac{10,41 \text{ KVar}}{41,9 \text{ KW}} \right) = 13,953^\circ$$

$$FP = \cos(13,953^\circ) = 0,970$$

- M°8:

$$Q_2 = 82,38 \text{ KVar} - 50,0 \text{ KVar} = 32,38 \text{ KVar}$$

$$\varphi_2 = \tan^{-1} \left(\frac{32,38 \text{ KVar}}{95,8 \text{ KW}} \right) = 18,675^\circ$$

$$FP = \cos(18,675^\circ) = 0,947$$

Al examinar los resultados en la tabla 32, se evidenció una corrección en el factor de potencia. Para el motor del molino N°1 (M°7), que tiene una potencia de 100 HP. El factor de potencia original era de 0,85 y se mejoró a 0,97 mediante el uso de un condensador, con un costo aproximado de \$736.900. Por otra parte, para el motor del molino N°2 (M°8), que tiene una potencia de 150 HP. El factor de potencia original era de 0,86 y se mejoró a 0,95 mediante el uso de un condensador, con un costo aproximado de \$ 1.226.000.

En conclusión, un bajo factor de potencia (entre 0 y 0,9) en comparación con uno alto (superior a 0,9 hasta 1) genera, para una misma potencia, una mayor demanda de corriente, lo que puede tener implicaciones en el consumo de energía y en los costos eléctricos. Por lo tanto, se llevó a cabo la corrección del factor de potencia para cada uno de los motores eléctricos de la

planta URIMAX, ya que los factores de potencia variaban entre 0,54 y 0,71. Como resultado, se logró corregir el factor de potencia a valores que oscilan entre 0,95 y 0,99.

Otra estrategia, desde el punto de vista de la eficiencia y la economía, al enfrentar la falla de un motor en la línea de coquización y considerar su reemplazo, se recomienda llevar a cabo un estudio exhaustivo de los parámetros involucrados. El objetivo principal es seleccionar un motor de tamaño adecuado que se ajuste a las necesidades específicas del trabajo a realizar. Esto garantiza un buen funcionamiento, prolonga la vida útil del motor y mejora la seguridad en las operaciones industriales. Invertiendo tiempo en un diseño adecuado puede traducirse en ahorros significativos a largo plazo y, además, asegura un rendimiento confiable, lo que es esencial en entornos industriales donde la interrupción no planificada puede tener repercusiones costosas.

Al no tener a los motores trabajando a plena carga, pueden generar varios problemas, ya que, si se operan por debajo de su capacidad máxima de manera regular, alcanzan a consumir más energía de la necesaria para realizar un trabajo específico. Además, llegan a experimentar un deterioro del rendimiento con el tiempo, lo que puede llevar a una mayor necesidad de mantenimiento y reparaciones. Agregando a lo anterior, estos motores suelen tener un factor de potencia más bajo. Como se ha mencionado, esto conlleva a cargos adicionales en las facturas de electricidad debido a penalizaciones por bajo factor de potencia.

En las instalaciones de las plantas de la empresa CARBOMAZ, se observó una notable diversidad con respecto a la capacidad de los motores. Se centraron en los motores de las bandas transportadoras, los cuales varían en términos de distancia, inclinación, cantidad de rodillos utilizados, tipo y grosor de la banda, además de la cantidad de material que se transporta. Ante esta variabilidad, surge la necesidad de llevar a cabo un análisis minucioso que permita reacomodar los motores existentes de manera precisa y evitar, en todo momento, el sobre

dimensionamiento de los mismos. Este enfoque estratégico tiene como objetivo primordial evitar gastos innecesarios y optimizar la eficiencia de las operaciones.

8.5. Factibilidad Económica de la Propuesta

Mediante el recibo de energía eléctrica proporcionado por la planta de coquización URIMAX (Figura 19), se analizó el diagrama de barras “histórico de consumo”, el cual muestra el consumo durante siete meses. Por medio de las tarifas de energías que indica centrales eléctricas en cada respectivo mes, se calcula el monto del consumo de reactiva por mes, con el objetivo de estudiar el monto total que la empresa se podría estar ahorrando si compensará esta energía. (CENS, 2023)

Tabla 33.

Consumo en costos de activa y reactiva de la planta de coquización URIMAX.

Mes	Consumo Activa	Consumo Reactiva
1 Diciembre	\$ 18.640.966	\$ 1.011.305
2 Enero	\$ 20.842.717	\$ 1.460.394
3 Febrero	\$ 26.296.755	\$ 2.140.731
4 Marzo	\$ 25.877.115	\$ 3.028.208
5 Abril	\$ 25.444.175	\$ 2.544.894
6 Mayo	\$ 25.157.049	\$ 2.465.179
7 Junio	\$ 30.264.675	\$ 2.638.817
Total	\$ 172.523.452	\$ 15.289.528

A continuación, se observa una parte del catálogo de precios WEG que se tuvo en cuenta sobre los condensadores trifásicos Heavy Duty (HD).

Figura 25.

Lista del catálogo de condensadores trifásicos para corrección del factor de potencia – WEG.

Referencia	Tensión (V)	480 V - 60 Hz	440 V - 60 Hz	Capacitancia (uF)	Dimensiones ØxH (mm)	Código	Precio unit. (COP)
		Potencia kvar	Potencia kvar				
UCWT1V53 L10 HD	480 V	1	0.84	3.8x3	60x156	10045992	\$ 129.900
UCWT1.5V53 L10 HD		1.5	1.26	5.8x3	60x156	10045993	\$ 142.300
UCWT2V53 L10 HD		2	1.68	7.7x3	60x156	10045994	\$ 154.700
UCWT2.5V53 L10 HD		2.5	2.1	9.6x3	60x156	10045995	\$ 165.900
UCWT5V53 L16 HD		5	4.2	19.2x3	60x204	10045997	\$ 220.200
UCWT7.5V53 N20 HD		7.5	6.3	28.8x3	75x225	11314667	\$ 284.700
UCWT10V53 N20 HD		10	8.4	38.4x3	75x225	11314728	\$ 324.100
UCWT15V53 N22 HD		15	12.6	57.6x3	75x285	11314730	\$ 391.500
UCWT20V53 Q26 HD		20	16.8	76.8x3	100x230	11917064	\$ 548.900
UCWT25V53 S26 HD		25	21.0	95.9x3	116x230	11917066	\$ 626.800
UCWT30V53 S28 HD		30	25.2	115.1x3	116x290	12272781	\$ 736.900
UCWT35V53 S28 HD		35	29.4	134.3x3	116x290	12272784	\$ 882.900
UCWT50V53 U28 HD		50	42.0	191.9x3	136x290	13365677	\$ 1.226.000

Nota. Estos precios son solo una referencia del catálogo de precios de WEG y pueden variar según el proveedor y la ubicación. (WEG, 2023) https://www.kbusinessmi.com/wp-content/uploads/2023/06/LISTA-DE-PRECIOS-AUTOMATIZACION-DICIEMBRE-2022_compressed.pdf

De la figura 25, se analizaron seis referencias de la lista del catálogo, de las cuales cinco de ellas por cuestiones de corrección del factor de potencia y costos se tienen en cuenta en la próxima tabla. Las hojas de vida de las referencias de los condensadores trifásicos analizados, se encuentran en la parte de anexos.

Después de examinar cada uno de los motores que requieren condensadores, se construyó la siguiente tabla para evaluar la factibilidad económica de la propuesta de utilizar condensadores trifásicos.

Tabla 34.

Factibilidad económica de los condensadores trifásicos.

Motor M°	Factor de Potencia Actual	Factor de Potencia con Condensador	Condensador Trifásico - UCWT HD (Heavy Duty) WEG		
			Referencia	Código	Precio del Condensador
1	0,59	0,95	UCWT1V53 L10 HD	10045992	\$ 129.900
2	0,59	0,95	UCWT1V53 L10 HD	10045992	\$ 129.900
3	0,59	0,95	UCWT1V53 L10 HD	10045992	\$ 129.900
4	0,59	0,95	UCWT1V53 L10 HD	10045992	\$ 129.900
5	0,71	0,97	UCWT2.5V53 L10 HD	10045995	\$ 165.900
6	0,64	0,97	UCWT1.5V53 L10 HD	10045993	\$ 142.300
7	0,85	0,97	UCWT30V53 S28 HD	12272781	\$ 736.900
8	0,86	0,95	UCWT50V53 U28 HD	13365677	\$ 1.226.000
9	0,54	0,99	UCWT1V53 L10 HD	10045992	\$ 129.900
10	0,54	0,99	UCWT1V53 L10 HD	10045992	\$ 129.900
11	0,55	0,99	UCWT1V53 L10 HD	10045992	\$ 129.900
12	0,6	0,97	UCWT1.5V53 L10 HD	10045993	\$ 142.300
13	0,63	0,97	UCWT1.5V53 L10 HD	10045993	\$ 142.300
14	0,57	0,99	UCWT1V53 L10 HD	10045992	\$ 129.900
16	0,64	0,97	UCWT1.5V53 L10 HD	10045993	\$ 142.300
17	0,58	0,99	UCWT1V53 L10 HD	10045992	\$ 129.900
Total					\$ 3.867.100

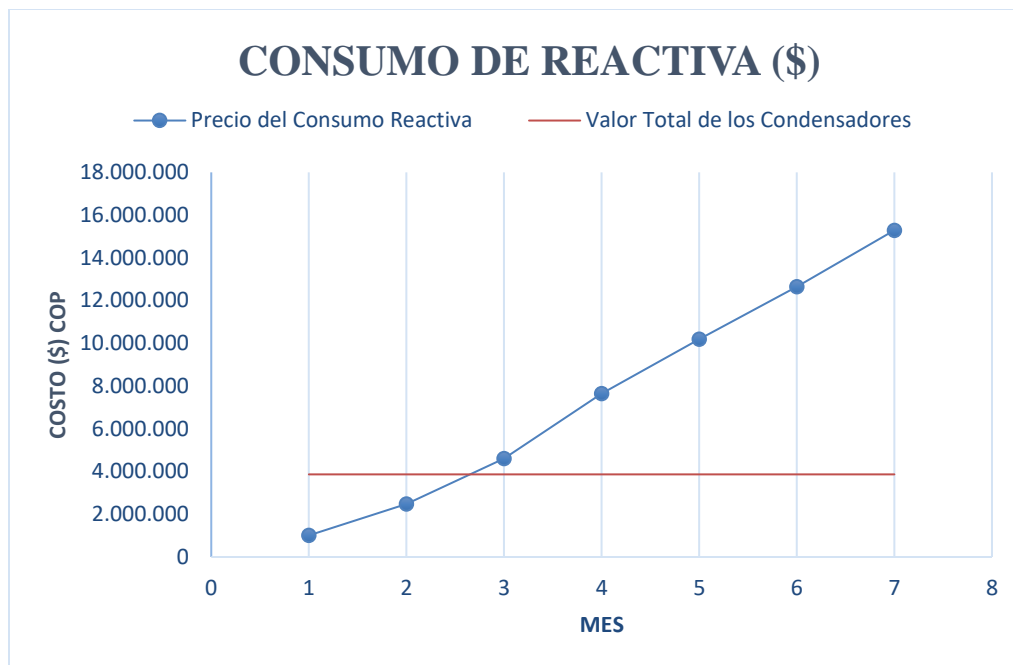
Considerando los precios que se manejan en la lista de precios de WEG Automatización y analizando el total de la inversión en condensadores trifásicos, además de comparar este costo con el valor de cobro por penalización de reactiva por mes que proporciona el recibo de centrales eléctricas, se estima que esta inversión se amortizará en un plazo de tres meses a medida que se reduzcan los costos operativos y se mejore el rendimiento energético. De esta manera, se cumplirá con lo establecido por la CREG una vez corregida la generación de reactivos.

Para la siguiente gráfica se utilizaron los datos de la tabla 33, que representan los precios del acumulado del consumo de reactiva de la planta de coquización URIMAX. Se estudió conforme a la información proporcionada en el recibo de centrales eléctricas (Figura 19), que

abarca desde diciembre hasta junio. Además, se analizó la tasa de retorno con respecto al valor de la inversión de los condensadores de la tabla 34.

Figura 26.

Gráfica del valor total de los condensadores y de costos del consumo acumulado de reactiva durante el periodo de los siete meses estudiados.

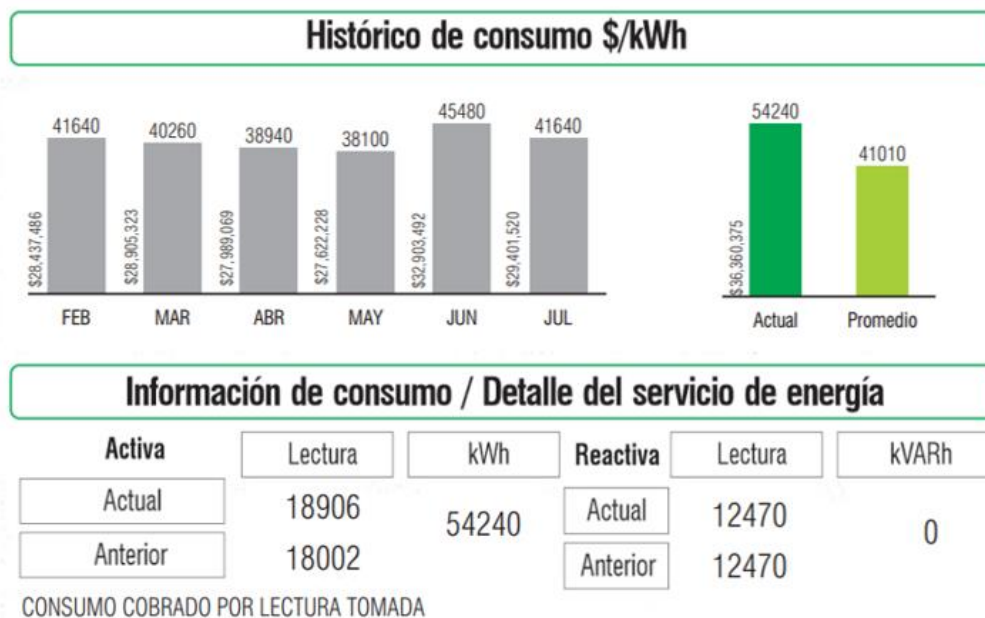


Nota. Adaptado de los datos recolectados, gráfico realizado por medio de la herramienta EXCEL, 2023.

A continuación, con el objetivo de analizar la demanda del consumo de reactiva después de la compensación, se solicitó ante la empresa el recibo de energía eléctrica de la planta URIMAX.

Figura 27.

Diagrama de barras del recibo de servicio de energía de la planta de coquización URIMAX sin consumo de reactiva.



Nota. Adaptado del recibo de servicio de energía eléctrica, de Centrales Eléctricas de Norte de Santander S.A. E.S.P. (CENS), 2023.

Finalmente, en el diagrama de barras del otro recibo de servicio de energía de la planta de coquización URIMAX (Figura 27), se puede observar que a mediados de julio se compensó el consumo de reactiva, en los niveles permitidos por la CREG para no generar el cobro sobre la reactiva inductiva.

9. Conclusiones

Desde el punto de vista de las normativas, se llevó a cabo la corrección del factor de potencia de los motores eléctricos de la planta URIMAX. Inicialmente, los estudios indicaron un rango entre 0.54 y 0.71. Sin embargo, mediante la implementación de condensadores trifásicos, se ajustaron los valores a un rango de 0,95 a 0,99. Dando como resultado al cumplimiento que se requiere en Colombia, que varía entre 0.9 inductivo y 1. Es fundamental destacar que no cumplir con estos límites puede resultar en sanciones económicas que se incrementan con el tiempo.

Comparando el costo total de la inversión en condensadores trifásicos con la penalización por reactiva inductiva según el recibo de centrales eléctricas, se proyecta que esta inversión se recuperará en un periodo aproximado de tres meses. Esta amortización se logrará a medida que disminuyan los costos operativos y se mejore la eficiencia energética. De esta manera se cumplirá con lo establecido por la CREG y, además, se obtendrán beneficios financieros a corto plazo.

Al realizar las respectivas mediciones de los valores de corriente y voltaje, para determinar la potencia operativa de los diferentes motores, se evidencia que no se ha realizado un estudio correcto del dimensionamiento en cuanto a la potencia por parte de la empresa, ocasionando la adquisición y puesta en funcionamiento de motores sobredimensionados.

10. Recomendaciones

Se aconseja tener en cuenta los problemas que pueden surgir al no operar los motores a plena carga. Debido a que, si el funcionamiento se encuentra por debajo de la capacidad máxima de los motores, puede llevar a un mayor consumo de energía, daño del motor, disminución del rendimiento, necesidad de mantenimiento adicional y penalizaciones en las facturas de electricidad debido al bajo factor de potencia.

Debido a la limitada información disponible sobre los motores eléctricos en la empresa, se recomienda mantener actualizada las plantillas por si se presenta algún fallo y produce el cambio a motores nuevos o reemplazo temporal por uno ya existente. Es importante conocer los tipos de motores con los que cuenta la planta. Además, es esencial llevar un historial e implementar prácticas de mantenimiento industrial recomendadas para cada equipo. Esto no sólo prolongará la vida útil de la planta y su maquinaria, sino que también asegurará el cumplimiento de las regulaciones locales e internacionales.

11. Referencias

- ©Grupo Masmóvil . (2023). *Energy Go, ¿Qué es la potencia reactiva?* Obtenido de <https://blog.energygo.es/glosario/definicion-potencia-reativa/>
- AYJ, Transmisiones y Equipos. (2022). *AYJ, Descubra cómo funciona una cinta transportadora.* Obtenido de <https://www.ajtransmisiones.com/blog/como-funciona-una-banda-transportadora>
- AYJ, Transmisiones y Equipos. (2022). *AYJ, Reductores y motorreductores: concepto, tipos y aplicaciones.* Obtenido de <https://www.ajtransmisiones.com/blog/reductores-motorreductores-definicion-aplicaciones-tipos>
- Blog SEAS CAMPUSSEAS. (21 de Febrero de 2020). *Producción y mantenimiento: Factor de potencia, qué es y cómo calcularlo.* Obtenido de <https://www.seas.es/blog/produccion-mantenimiento/factor-de-potencia-que-es-y-como-calcularlo/>
- Blog, SEAS. (2020). *Factor de potencia, qué es y cómo calcularlo. PRODUCCIÓN Y MANTENIMIENTO.* Obtenido de <https://www.seas.es/blog/produccion-mantenimiento/factor-de-potencia-que-es-y-como-calcularlo/>
- CELSIA A.S. (2023). *Energía Reactiva - CELSIA A.S., Empresa de energía del grupo ARGOS.* Obtenido de <https://www.celsia.com/es/blog-celsia/conoce-todo-lo-que-debes-saber-sobre-energia-reativa-por-que-se-refleja-en-tu-factura-la-energia-reativa/>
- CENS. (2023). *Tarifas de Energía, Centrales Eléctricas de Norte de Santander S.A E.S.P.* Obtenido de <https://www.cens.com.co/clientes-y-usuarios/tarifas-de-energia#2023-853>
- CENS, GOV.CO. (2023). *CENS, Penalización de energía reactiva.* Obtenido de <https://www.cens.com.co/clientes-y-usuarios/empresas/penalizacion-por-energia-reativa>
- Electrositio.com. (2023). *¿Qué es un banco de capacitores y cómo se utiliza en sistemas de voltaje alterno? - Electrositio.com.* Obtenido de <https://electrositio.com/que-es-un-banco-de-capacitores-y-como-se-utiliza-en-sistemas-de-voltaje-alterno/>
- ESSA, Gurpo-EPM. (2021). *Normas Especiales NTE-03, Calidad de la potencia eléctrica.* Obtenido de <https://www.essa.com.co/site/Portals/proveedores/normas-tecnicas-transicion/nte-03-calidad-de-potencia.pdf?ver=2021-10-19-171047-427>
- Flores Elera, Y. (2020). *Estudio de la eficiencia energética para mejorar los indicadores eléctricos y reducir facturación en la fábrica de Ladrillo GREG - Jaén. Universidad Cesar Vallejo.* Obtenido de <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/53167>

- García, Servicios y Suministros Industriales. (7 de Marzo de 2022). *Blog, Qué es un motor eléctrico y para qué se utiliza*. Obtenido de <https://todoparalaindustria.com/blog/que-es-un-motor-electrico-y-para-que-se-utiliza/>
- ISO. (2018). *La norma ISO50001, Gestión de la energía*. Obtenido de <https://www.iso.org/iso-50001-energy-management.html>
- ISO 50001. (2018). *ISO 50001, Organización Internacional de Normalización, Wikipedia*. Obtenido de https://es.wikipedia.org/wiki/ISO_50001
- Londoño Restrepo, C., & Rey García, J. (2016). *Metodología para determinar la eficiencia de motores trifásicos de baja potencia trabajando con variadores de velocidad a diferentes velocidades y torques*. ITM. Obtenido de https://repositorio.itm.edu.co/bitstream/handle/20.500.12622/1544/Rep_Itm_pre_Londo%C3%B1o.pdf?sequence=1
- Lopez Pedraza, E. (2019). *Análisis y estudio de la eficiencia de los motores eléctricos en cerámica Italia S.A*. Obtenido de <http://alejandria.ufps.edu.co/descargas/tesis/1090851.pdf>
- López Sequen, J. (2017). *Análisis de la eficiencia energética en los motores eléctricos de una fábrica de helados y conos*. Obtenido de <https://repositorio.uvg.edu.gt/handle/123456789/3105>
- nqa. Organismo de certificación global. (2018). *ISO 50001: Sistemas de gestión de la energía*. Obtenido de <https://www.nqa.com/es-es/certification/standards/iso-50001>
- NTC-ISO. (2015). *Norma ISO 9001*. Obtenido de <https://www.pdcahome.com/4134/introduccion-a-los-requisitos-de-un-sistema-de-gestion-de-calidad-basado-en-iso-9001/>
- Ocampo Malagón, J., & Carvajal Rojas, F. (2009). *Gestión energética de motores eléctricos de inducción en la universidad autónoma de occidente*. Obtenido de <https://red.uao.edu.co/bitstream/handle/10614/1368/TEL00502.pdf?sequence=1>
- Ortiz Ascanio, N., & Peñaranda Gutiérrez, P. (2019). *Gestión energética de los motores eléctricos de inducción trifásicos de baja tensión utilizados en la industria transformadora de plástico en la ciudad de Cúcuta*. Obtenido de <http://alejandria.ufps.edu.co/descargas/tesis/1090863-1090858.pdf>
- Pabón Ortiz, J. D. (2017). *Evaluación del consumo energético en máquinas y equipos de la empresa ladrillera SIGMA LTDA*. Obtenido de <http://alejandria.ufps.edu.co/descargas/tesis/1121052.pdf>

- Ramírez Gil, E. (2007). *Gestión de la energía en la aplicación de motores eléctricos de inducción, en la empresa SUCROMILES S.A.* Obtenido de <https://red.uao.edu.co/bitstream/handle/10614/6251/T04259.pdf?sequence=1>
- Reasa. (2023). *Corrección del Factor de Potencia.* Obtenido de <https://reasa.com.mx/index.php/correccion-de-factor-de-potencia/>
- Restrepo Osorio, D. (2020). *Dimensionamiento de banco de capacitores automáticos para las subestaciones eléctricas 14,15 y 16 de la empresa compañía de empaques S.A. Universidad de Antioquia.* Obtenido de https://bibliotecadigital.udea.edu.co/bitstream/10495/18456/14/RestrepoDiego_2021_DimensionamientoBancoCapacitores.pdf
- RETIE, CONTE. (2013). *Reglamento tecnico de instalaciones electricas RETIE, 6to encuentro nacional tecnicos electricistas.* Obtenido de https://www.minenergia.gov.co/documents/3809/Anexo_General_del_RETIE_vigente_a_tuactualizado_a_2015-1.pdf
- SICMA21. (21 de Enero de 2022). *Blog, SICMA21. Mantenimiento Industrial: importancia y beneficios.* Obtenido de <https://www.sicma21.com/mantenimiento-industrial-importancia-y-beneficios/>
- Villamil, J. F. (Agosto de 2013). *Recomendaciones para selección de condensadores en baja tensión. GENELEC DE COLOMBIA S.A.S - ISAGEN.* Obtenido de <https://docplayer.es/68675579-Recomendaciones-para-seleccion-de-condensadores-en-baja-tension-jairo-flechas-villamil-genelec-de-colombia-s-a-s.html>
- WEG. (2023). *Hoja de vida del condensador trifásico UCWT1.5V53 L10 HD- WEG - Producto: 10045993.* Obtenido de <https://www.weg.net/catalog/weg/CO/es/Controls/Condensadores-y-Correcci%C3%B3n-del-Factor-de-Potencia/Correcci%C3%B3n-del-Factor-de-Potencia/Unidades-condensadoras-trifasicas-y-monofasicas/UCWT---Condensadores-trif%C3%A1sicas-%28kvar%29/UNIDAD-CAPACITIVA-U>
- WEG. (2023). *Hoja de vida del condensador trifásico UCWT1V53 L10 HD - WEG - Producto: 10045992.* Obtenido de <https://www.weg.net/catalog/weg/CO/es/Controls/Condensadores-y-Correcci%C3%B3n-del-Factor-de-Potencia/Correcci%C3%B3n-del-Factor-de-Potencia/Unidades-condensadoras-trifasicas-y-monofasicas/UCWT---Condensadores-trif%C3%A1sicas-%28kvar%29/UNIDAD-CAPACITIVA-U>
- WEG. (2023). *Hoja de vida del condensador trifásico UCWT2.5V53 L10 HD – WEG - Producto: 10045995.* Obtenido de

<https://www.weg.net/catalog/weg/CO/es/Controls/Condensadores-y-Correci%C3%B3n-del-Factor-de-Potencia/Correci%C3%B3n-del-Factor-de-Potencia/Unidades-condensadoras-trifasicas-y-monofasicas/UCWT---Condensadores-trif%C3%A1sicas-%28kvar%29/UNIDAD-CAPACITIVA-U>

WEG. (2023). *Hoja de vida del condensador trifásico UCWT2V53 L10 HD – WEG - Producto: 10045994*. Obtenido de

<https://www.weg.net/catalog/weg/CO/es/Controls/Condensadores-y-Correci%C3%B3n-del-Factor-de-Potencia/Correci%C3%B3n-del-Factor-de-Potencia/Unidades-condensadoras-trifasicas-y-monofasicas/UCWT---Condensadores-trif%C3%A1sicas-%28kvar%29/UNIDAD-CAPACITIVA-U>

WEG. (2023). *Hoja de vida del condensador trifásico UCWT30V53 S28 HD – WEG - Producto: 12272781*. Obtenido de

<https://www.weg.net/catalog/weg/CO/es/Controls/Condensadores-y-Correci%C3%B3n-del-Factor-de-Potencia/Correci%C3%B3n-del-Factor-de-Potencia/Unidades-condensadoras-trifasicas-y-monofasicas/UCWT---Condensadores-trif%C3%A1sicas-%28kvar%29/UNIDAD-CAPACITIVA-U>

WEG. (2023). *Hoja de vida del condensador trifásico UCWT50V53 U28 HD – WEG - Producto: 13365677*. Obtenido de

<https://www.weg.net/catalog/weg/CO/es/Controls/Condensadores-y-Correci%C3%B3n-del-Factor-de-Potencia/Correci%C3%B3n-del-Factor-de-Potencia/Unidades-condensadoras-trifasicas-y-monofasicas/UCWT---Condensadores-trif%C3%A1sicas-%28kvar%29/UNIDAD-CAPACITIVA-U>

WEG. (2023). *Lista de Precios WEG Automatización, Corrección del Factor de Potencia, - Condensadores Trifásicos- HEAVY DUTY (HD)*. Obtenido de

https://www.kbusinessmi.com/wp-content/uploads/2023/06/LISTA-DE-PRECIOS-AUTOMATIZACION-DICIEMBRE-2022_compressed.pdf

WEG. (2023). *Página de WEG - Selección de motores eléctricos*. Obtenido de

https://www.weg.net/catalog/weg/BR/es/Motores-El%C3%A9ctricos/Trif%C3%A1sico--Baja-Tensi%C3%B3n/Usos-Generales/W22/W22-IR2/c/BR_MT_3PHASE_LV_TEFW22_IR2

WEG. (2023). *WEG, Catalogo de Selección de Motores Eléctricos*. Obtenido de

https://ecatalog.weg.net/tec_cat/tech_motor_sel_web.asp

Zapata Gil, J., Martínez Oltávaro, J., & Mosquera Castaño, E. (2018). *Eficiencia energética de motores industriales*. *Institucion Universitaria Pascual Bravo*. Obtenido de

<http://repositorio.pascualbravo.edu.co:8080/handle/pascualbravo/226>

Anexos

Anexo 1. Listado de los motores objeto de estudio de la línea de coquización.

Nombre	Familia	Tipo	Marca	KW	HP	RPM	Fp	Voltaje Nominal (V)	Corriente Nominal (A)	Voltaje Medido (V)	Corriente Medido (A)	Año
Alimentador N°1	Tolva Ronbon	MR°1	WEG - W22/IR2	5,5	7,5	1740	0,79	220/380/440	20.4/11.8/10.2	415	7,53	2019
Alimentador N°2	Tolva Ronbon	MR°2	WEG - W22/IR2	5,5	7,5	1740	0,79	220/380/440	20.4/11.8/10.2	416	7,53	2019
Alimentador N°3	Tolva Ronbon	MR°3	WEG - W22/IR2	5,5	7,5	1740	0,79	220/380/440	20.4/11.8/10.2	417	7,54	2019
Alimentador N°4	Tolva Ronbon	MR°4	WEG - W22/IR2	5,5	7,5	1740	0,79	220/380/440	20.4/11.8/10.2	415	7,53	2019
Banda N°1	Bandas Transportadoras	MR°5	WEG - W21	9,2	12,5	1765	0,8	220/380/440	31.7/18.4/15.9	416	11,4	2020
Banda N°2	Bandas Transportadoras	MR°6	WEG - W22/IR2	5,5	7,5	1740	0,79	220/380/440	20.4/11.8/10.2	419	7,6	2019
Molino N°1	Molino 1	M°7	U.S. Electrical Motors	---	100	1750	---	440	120	419	100	---
Molino N°2	Molino 2	M°8	BALDOR Reliancer	---	150	1785	---	460	165	480	199,6	---
Banda N°3	Bandas Transportadoras	MR°9	TECHTOP Premium/	4	5,5	1740	---	220/440	14.1/7.1	417	4,8	2022
Banda N°4	Bandas Transportadoras	MR°10	TECHTOP Premium/	4	5,5	1740	---	220/440	14.1/7.1	418	4,8	2022
Banda N°5	Bandas Transportadoras	MR°11	WEG - W22	3	4	1735	0,78	220/380/440	11.7/6.77/5.85	414	4,07	2017
Banda N°6	Bandas Transportadoras	MR°12	WEG	7,5	10	1765	0,8	220/380/440	25.6/14.8/12.8	416	7,9	2019
Banda N°7	Tolva N°1 (Carbones)	MR°13	WEG	7,5	10	1765	0,8	220/380/440	25.4/14.7/12.7	416	8,03	2019
Banda N°8	Tolva N°2 (Carbones)	MR°14	WEG - W22 High Eff.	3,7	5	1730	0,79	220/440	14,0/7,02	416	4,7	2020
Esclusa	Tolva N°2 (Carbones)	MR°15	DIXUS	0,55	3/4	1650	---	220/440	2.7/1.36	419	1,05	2021
Banda N°9	Tolva N°3 (Carbones)	MR°16	WEG - W22/IR2	5,5	7,5	1740	0,79	220/380/440	20.4/11.8/10.2	416	7,6	2019
Banda N°10	Tolva N°4 (Carbones)	MR°17	WEG - W22 High	3	4	1725	0,8	220/440	11,1/5,55	415	3,8	2020

Fuente: Autor.

Anexo 2. Hoja de vida del Motorreductor, Alimentador N°1.

HOJA DE VIDA DEL EQUIPO			
PLANTA (Centro Logístico): URIMAX		NOMBRE DE EQUIPO: Alimentador N°1	
Codigo/Clase:	W22/IR2	Año:	2019
Familia:	Tolva Ronbon (Carbones)	Marca:	WEG
		Tipo:	Motorreductor N°1
CARACTERISTICAS			
Carcasa:	112M	Elevación de temperatura:	80 K
Potencia:	7.5 HP (5.5Kw)	Tiempo de bloqueo del rotor:	16 s (caliente)
Frecuencia:	60 Hz	Factor de servicio:	1.15
Polos:	4	Régimen de servicio:	S1
Rotación nominal:	1740 rpm	Temperatura ambiente:	-20°C - +40°C
Deslizamiento:	3,33%	Altitud:	1000 m
Tensión nominal:	220/380/440 V	Protección:	IPW55
Corriente nominal:	20.4/11.8/10.2 A	Masa aproximada:	48 kg
Corriente de arranque:	141/81.5/70.4 A	Momento de inercia:	0.01798 kgm²
Ip / Entrada:	6,9	Nivel de ruido:	56 dB(A)
Corriente vacía:	11.0/6.35/5.49 A	Conjugado máximo:	300%
Conjugado nominal:	30,2 Nm	Rodamiento delantero/trasero:	6207ZZ/6206ZZ
Conjugado inicial:	240%	Clase de aislamiento:	F
Rendimiento (%)		Factor de Potencia	
50%	75%	100%	50%
88,4	89,1	90	0,59
			0,72
			0,79
FUENTE: CATÁLOGO WEG IBERIA INDUSTRIAL S.L. 2023			



Fuente: Autor.

Datos del Reductor:

Marca:	WEG	Serial:	854599	Año:	2019
Potencia:	9,77 KW	Fs:	1,78	Ratio:	29,7
Aceite:	ISO VG 220 CLP	Código:	C58230NW00HEW01	N1: 1750 rpm / N2: 59 rpm	

Anexo 3. Hoja de vida del Motorreductor, Alimentador N°2.

HOJA DE VIDA DEL EQUIPO					
PLANTA (Centro Logístico): URIMAX			NOMBRE DE EQUIPO: Alimentador N°2		
Código/Clase:	W22/IR2	Año:	2019	Marca:	WEG
Familia:	Tolva Ronbon (Carbones)	Tipo:		Motorreductor N°2	
CARACTERISTICAS					
Carcasa:	112M	Elevación de temperatura:	80 K		
Potencia:	7.5 HP (5.5Kw)	Tiempo de bloqueo del rotor:	16 s (caliente)		
Frecuencia:	60 Hz	Factor de servicio:	1.15		
Polos:	4	Régimen de servicio:	S1		
Rotación nominal:	1740 rpm	Temperatura ambiente:	-20°C – +40°C		
Deslizamiento:	3,33%	Altitud:	1000 m		
Tensión nominal:	220/380/440 V	Protección:	IPW55		
Corriente nominal:	20.4/11.8/10.2 A	Masa aproximada:	48 kg		
Corriente de arranque:	141/81.5/70.4 A	Momento de inercia:	0.01798 kgm²		
Ip / Entrada:	6.9	Nivel de ruido:	56 dB(A)		
Corriente vacía:	11.0/6.35/5.49 A	Conjugado máximo:	300%		
Conjugado nominal:	30.2 Nm	Rodamiento delantero/trasero:	6207ZZ/6206ZZ		
Conjugado inicial:	240%	Clase de aislamiento:	F		
Rendimiento (%)			Factor de Potência		
50%	75%	100%	50%	75%	100%
88,4	89,1	90	0,59	0,72	0,79
FUENTE: CATÁLOGO WEG IBERIA INDUSTRIAL S.L. 2023					



Fuente: Autor.

Datos del Reductor:

Marca:	WEG	Serial:	854590	Año:	2019
Potencia:	9,77 KW	Fs:	1,78	Ratio:	29,7
Aceite:	ISO VG 220 CLP	Código:	C58230NW00HEW01	N1: 1750 rpm / N2: 59 rpm	

Anexo 4. Hoja de vida del Motorreductor, Alimentador N°3.

HOJA DE VIDA DEL EQUIPO					
PLANTA (Centro Logístico): URIMAX			NOMBRE DE EQUIPO: Alimentador N°3		
Código/Clase:	W22/IR2	Año:	2019	Marca:	WEG
Familia:	Tolva Ronbon (Carbones)	Tipo:		Motorreductor N°3	
CARACTERISTICAS					
Carcasa:	112M	Elevación de temperatura:	80 K		
Potencia:	7.5 HP (5.5Kw)	Tiempo de bloqueo del rotor:	16 s (caliente)		
Frecuencia:	60 Hz	Factor de servicio:	1.15		
Polos:	4	Régimen de servicio:	S1		
Rotación nominal:	1740 rpm	Temperatura ambiente:	-20°C – +40°C		
Deslizamiento:	3,33%	Altitud:	1000 m		
Tensión nominal:	220/380/440 V	Protección:	IPW55		
Corriente nominal:	20.4/11.8/10.2 A	Masa aproximada:	48 kg		
Corriente de arranque:	141/81.5/70.4 A	Momento de inercia:	0.01798 kgm²		
Ip / Entrada:	6.9	Nivel de ruido:	56 dB(A)		
Corriente vacía:	11.0/6.35/5.49 A	Conjugado máximo:	300%		
Conjugado nominal:	30.2 Nm	Rodamiento delantero/trasero:	6207ZZ/6206ZZ		
Conjugado inicial:	240%	Clase de aislamiento:	F		
Rendimiento (%)			Factor de Potência		
50%	75%	100%	50%	75%	100%
88,4	89,1	90	0,59	0,72	0,79
FUENTE: CATÁLOGO WEG IBERIA INDUSTRIAL S.L. 2023					



Fuente: Autor.

Datos del Reductor:

Marca:	WEG	Serial:	854604	Año:	2019
Potencia:	9,77 KW	Fs:	1,78	Ratio:	29,7
Aceite:	ISO VG 220 CLP	Código:	C58230NW00HEW01	N1: 1750 rpm / N2: 59 rpm	

Anexo 5. Hoja de vida del Motorreductor, Alimentador N°4.

HOJA DE VIDA DEL EQUIPO					
PLANTA (Centro Logístico): URIMAX			NOMBRE DE EQUIPO: Alimentador N°4		
Codigo/Clase:	W22/IR2	Año:	2019	Marca:	WEG
Familia:	Tolva Ronbon (Carbones)	Tipo:	Motorreductor N°4		
CARACTERISTICAS					
Carcasa:	112M	Elevación de temperatura:	80 K		
Potencia:	7.5 HP (5.5Kw)	Tiempo de bloqueo del rotor:	16 s (caliente)		
Frecuencia:	60 Hz	Factor de servicio:	1.15		
Polos:	4	Régimen de servicio:	S1		
Rotación nominal:	1740 rpm	Temperatura ambiente:	-20°C – +40°C		
Deslizamiento:	3,33%	Altitud:	1000 m		
Tensión nominal:	220/380/440 V	Protección:	IPW55		
Corriente nominal:	20.4/11.8/10.2 A	Masa aproximada:	48 kg		
Corriente de arranque:	141/81.5/70.4 A	Momento de inercia:	0.01798 kgm²		
Ip / Entrada:	6,9	Nivel de ruido:	56 dB(A)		
Corriente vacía:	11.0/6.35/5.49 A	Conjugado máximo:	300%		
Conjugado nominal:	30,2 Nm	Rodamiento delantero/trasero:	6207ZZ/6206ZZ		
Conjugado inicial:	240%	Clase de aislamiento:	F		
Rendimiento (%)			Factor de Potência		
50%	75%	100%	50%	75%	100%
88,4	89,1	90	0,59	0,72	0,79
FUENTE: CATÁLOGO WEG IBERIA INDUSTRIAL S.L. 2023					





Fuente: Autor.

Datos del Reductor:

Marca:	WEG	Serial:	854506	Año:	2019
Potencia:	9,77 KW	Fs:	1,78	Ratio:	29,7
Aceite:	ISO VG 220 CLP	Código:	C58230NW00HEW01	N1: 1750 rpm / N2: 59 rpm	

Anexo 6. Hoja de vida del Motorreductor, Banda N°1.

HOJA DE VIDA DEL EQUIPO					
PLANTA (Centro Logístico): URIMAX			NOMBRE DE EQUIPO: Banda N°1		
Codigo/Clase:	W21	Año:	2020	Marca:	WEG
Familia:	Bandas Transportadoras (Carbones)	Tipo:	Motorreductor N°5		
CARACTERISTICAS					
Carcasa:	132M	Elevación de temperatura:	80 K		
Potencia:	12.5 HP (9.2Kw)	Tiempo de bloqueo del rotor:	18s (frío) 10s (Calor)		
Frecuencia:	60 Hz	Factor de servicio:	1.15		
Polos:	4	Ciclo de servicio:	S1		
Rotación nominal:	1765 rpm	Temperatura ambiente:	-20°C hasta +40°C		
Resbalamiento:	1.94 %	Altitud:	1000 m		
Tensión nominal:	220/380/440 V	Masa aproximada:	62 Kg		
Corriente nominal:	31.7/18.4/15.9 A	Momento de inercia (J):	0.0638 kgm²		
Corriente de arranque:	265/154/133 A	Nivel de ruido:	58.0 dB(A)		
Ip / Entrada:	8.5	Torque nominal:	5.08 kgfm		
Corriente vacía:	15.0/8.68/7.50 A	Torque de arranque/máximo:	240% / 350%		
Cos φ:	0.83	Rodamiento delantero/trasero:	6308ZZ/6207ZZ		
Grado de protección:	IP55	Categoría/Clase de aislamiento:	N/F		
Rendimiento (%)			Factor de Potência		
50%	75%	100%	50%	75%	100%
91.8	92.4	92.4	0.66	0.78	0.84
FUENTE: CATÁLOGO WEG IBERIA INDUSTRIAL S.L. 2023					




Fuente: Autor.

Datos del Reductor:

Marca:	Variadores NORD	Serial:	COAX - 282	Tipo:	SK 63
Tn:	3200	Rel:	26.28	Rango de Par:	3700 Nm

Anexo 7. Hoja de vida del Motorreductor, Banda N°2.

HOJA DE VIDA DEL EQUIPO					
PLANTA (Centro Logístico): URIMAX			NOMBRE DE EQUIPO: Banda N°2		
Codigo/Clase:	W22/IR2	Año:	2019	Marca:	WEG
Familia:	Bandas Transportadoras (Carbones)		Tipo:	Motorreductor N°6	
CARACTERISTICAS					
Carcasa:	112M	Elevación de temperatura:	80 K		
Potencia:	7.5 HP (5.5Kw)	Tiempo de bloqueo del rotor:	16 s (caliente)		
Frecuencia:	60 Hz	Factor de servicio:	1.15		
Polos:	4	Régimen de servicio:	S1		
Rotación nominal:	1740 rpm	Temperatura ambiente:	-20°C – +40°C		
Deslizamiento:	3,33%	Altitud:	1000 m		
Tensión nominal:	220/380/440 V	Protección:	IPW55		
Corriente nominal:	20.4/11.8/10.2 A	Masa aproximada:	48 kg		
Corriente de arranque:	141/81.5/70.4 A	Momento de inercia:	0.01798 kgm ²		
Ip / Entrada:	69	Nivel de ruido:	56 dB(A)		
Corriente vacía:	11.0/6.35/5.49 A	Conjugado máximo:	300%		
Conjugado nominal:	30,2 Nm	Rodamiento delantero/trasero:	6207ZZ/6206ZZ		
Conjugado inicial:	240%	Clase de aislamiento:	F		
Rendimiento (%)			Factor de Potencia		
50%	75%	100%	50%	75%	100%
88,4	89,1	90	0,59	0,72	0,79
FUENTE: CATÁLOGO WEG IBERIA INDUSTRIAL S.L. 2023					






Fuente: Autor.

Datos del Reductor:

Marca:	WEG	Serial:	854603	Año:	2019
Potencia:	9,77 KW	Fs:	1,78	Ratio:	29,7
Aceite:	ISO VG 220 CLP	Código:	C58230NW00HEW01	N1: 1750 rpm / N2: 59 rpm	

Anexo 8. Hoja de vida del Motor, Molino N°1.

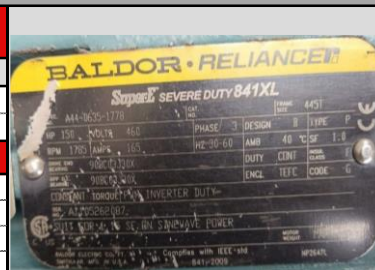
HOJA DE VIDA DEL EQUIPO					
PLANTA (Centro Logístico): URIMAX			NOMBRE DE EQUIPO: Molino N°1		
Codigo/Serial:	NV280M4	Año: ---	Marca:	U.S. Electrical Motors	
Familia:	Molinos (Carbones)		Tipo:	Motor 7	
CARACTERISTICAS					
Carcasa:	250M	Factor de servicio:	1.15		
Potencia:	100 HP	Régimen de servicio:	---		
Frecuencia:	60 Hz	Temperatura ambiente:	40°C		
Polos:	4	Altitud:	---		
Rotación nominal:	1750 rpm	Protección:	---		
Fase:	3	Masa aproximada:	---		
Tensión nominal:	440 V	Codigo de diseño:	B		
Corriente nominal:	120 A	Rodamiento superior:	6212-2Z-J/C		
Eficiencia/Nema:	91,0%	Rodamiento inferior:	6313-2Z-J/C3		
Clase de aislamiento:	F				
FUENTE: U.S. ELECTRICAL MOTORS. 2023					

Fuente: Autor.

Anexo 9. Hoja de vida del Motor, Molino N°2.

HOJA DE VIDA DEL EQUIPO			
PLANTA (Centro Logístico): URIMAX		NOMBRE DE EQUIPO: Molino N°2	
Codigo/Ref:	A44-0635-1778	Año: ---	Marca: BALDOR RELIANCER
Familia:	Molinos (Carbones)	Tipo:	Motor 8
CARACTERISTICAS			
Marco:	445T	Amperios de carga completa:	165.0 un
Potencia:	150 HP a 60 Hz	Indicador de calentador:	Incluido, 120 v
Frecuencia:	30 - 60 Hz	Clase de aislamiento:	F
Tipo de letra motora:	Tres fases	Tipo de motor:	A44078M
Polos:	4	Factor de potencia:	88
Velocidad síncronica a Hz:	1800 RPM a 60 Hz	Velocidad:	1785 rpm
Voltaje a frecuencia:	460.0 V a 60 Hz	Cant. de cables/ tamaño:	3 a 1/0 AWG
Temperatura ambiente:	50 °C	Longitud total:	44,62 pulgadas
Indicador básico:	Rigido	Disposición de montaje:	F1
Tipo de grasa para rodamientos:	Polirex EM (-20F +300F)	Masa aproximada:	1,964.000 libras
Voltaje de corriente:	165.000 A a 460,0 V	Código de velocidad:	Unica
Codigo de diseño:	B	Estandares de motores:	NEMA
Eficiencia al 100% de carga:	96,20%	Metodo de inicio:	Directo en línea
Recinto:	TEFC	Código KVA:	Gramo
Código del inversor:	Inversor listo	Indicador de tierra del eje:	Sin puesta a tierra
FUENTE: BALDOR RELIANCER ABB. 2023			



Fuente: Autor.

Anexo 10. Hoja de vida del Motorreductor, Banda N°3.

HOJA DE VIDA DEL EQUIPO			
PLANTA (Centro Logístico): URIMAX		NOMBRE DE EQUIPO: Banda N°3	
Codigo/Clase:	6840	Año:	2022
Familia:	Bandas Transportadoras (Carbones)	Tipo:	Motorreductor N°9
Marca:	TECHTOP		
CARACTERISTICAS			
Carcasa:	112 M-4	Factor de servicio:	1.15
Potencia:	5.5 HP (4 Kw)	Régimen de servicio:	S1
Frecuencia:	60 Hz	Temperatura ambiente:	40°C
Polos:	4	Altitud:	1000 m
Rotación nominal:	1740 rpm	Protección:	IP55
Fase:	3	Masa aproximada:	51 Kg
Tensión nominal:	220/440 V	Recinto:	TEFC
Corriente nominal:	14.1/7.1 A	Montaje:	B35
Cos φ:	0.83	Rodamiento delantero/trasero:	6306ZZ/6306ZZ
Clase de aislamiento:	F	Eficiencia/Premium IE3:	89,5%
FUENTE: TECHTOP MOTOR CO., U.S.A. 2023			



Fuente: Autor.

Datos del Reductor:

Marca:	Variadores NORD	Serial:	COAX - 302	Tipo:	SK 52
Tn:	1092	Rel:	48.90	Rango de Par:	2024 Nm

Anexo 11. Hoja de vida del Motorreductor, Banda N°4.

HOJA DE VIDA DEL EQUIPO					
PLANTA (Centro Logístico): URIMAX			NOMBRE DE EQUIPO: Banda N°4		
Codigo/Clase:	6823	Año:	2022	Marca:	TECHTOP
Familia:	Bandas Transportadoras (Carbones)		Tipo:	Motorreductor N°10	
CARACTERISTICAS					
Carcasa:	112 M-4	Factor de servicio:	1.15		
Potencia:	5.5 HP (4 Kw)	Régimen de servicio:	S1		
Frecuencia:	60 Hz	Temperatura ambiente:	40°C		
Polos:	4	Altitud:	1000 m		
Rotación nominal:	1740 rpm	Protección:	IP55		
Fase:	3	Masa aproximada:	51 Kg		
Tensión nominal:	220/440 V	Recinto:	TEFC		
Corriente nominal:	14.1/7.1 A	Montaje:	B35		
Cos φ:	0.83	Rodamiento delantero/trasero:	6306ZZ/6306ZZ		
Clase de aislamiento:	F	Eficiencia/Premium IE3:	89,5%		
FUENTE: TECHTOP MOTOR CO., U.S.A. 2023					






Fuente: Autor.

Datos del Reductor:

Marca:	Variadores NORD	Serial:	COAX - 272	Tipo:	SK 42
Tn:	551	Rel:	24.67	Rango de Par:	1244 Nm

Anexo 12. Hoja de vida del Motorreductor, Banda N°5.

HOJA DE VIDA DEL EQUIPO					
PLANTA (Centro Logístico): URIMAX			NOMBRE DE EQUIPO: Banda N°5		
Codigo/Clase:	W22	Año:	2017	Marca:	WEG
Familia:	Bandas Transportadoras (Carbones)		Tipo:	Motorreductor N°11	
CARACTERISTICAS					
Carcasa:	100L	Elevación de temperatura:	80K		
Potencia:	4 HP (3.0 Kw)	Tiempo de bloqueo del rotor:	8 s (caliente)		
Frecuencia:	60 HZ	Factor de servicio:	1.15		
Polos:	4	Régimen de servicio:	S1		
Rotación nominal:	1735 RPM	Temperatura ambiente:	-20°C - +40°C		
Deslizamiento:	3,61%	Altitud:	1000 m		
Tensión nominal:	220/380/440 V	Protección:	IPW55		
Corriente nominal:	11.7/6.77/5.85 A	Masa aproximada:	36Kg		
Corriente de arranque:	81.9/47.4/41.0 A	Momento de inercia:	0.01047 kgm²		
Ip / Entrada:	7.0	Nivel de ruido:	54 dB(A)		
Corriente vacía:	7.00/4.05/3.50 A	Conjugado máximo:	290%		
Conjugado nominal:	16,5 Nm	Rodamiento delantero/trasero:	6306ZZ/6205ZZ		
Conjugado inicial:	270%	Clase de aislamiento:	F		
Rendimiento (%)			Fator de Potência		
50%	75%	100%	50%	75%	100%
85,6	86,3	86,5	0,58	0,7	0,78
FUENTE: CATÁLOGO WEG IBERIA INDUSTRIAL S.L. 2023					

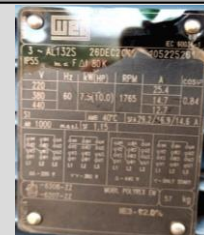
Fuente: Autor.

Datos del Reductor:

Marca:	WEG	Serial:	802106	Año:	2017
Potencia:	7,15 KW	Fs:	2,38	Ratio:	41
Aceite:	ISO VG 220 CLP	Código:	C58332NA00GAW	N1: 1750 rpm / N2: 42,7 rpm	

Anexo 13. Hoja de vida del Motorreductor, Banda N°6.

HOJA DE VIDA DEL EQUIPO					
PLANTA (Centro Logístico): URIMAX			NOMBRE DE EQUIPO: Banda N°6		
Codigo/Clase:	W22	Año:	2019	Marca:	WEG
Familia:	Bandas Transportadoras (Carbones)		Tipo:	Motorreductor N°12	
CARACTERISTICAS					
Carcasa:	132S	Elevación de temperatura:	80 K		
Potencia:	7.5 kW (10 HP-cv)	Refrigeración:	IC411 - TFVE		
Frecuencia:	60 Hz	Factor de servicio:	1.15		
Polos:	4	Ciclo de servicio:	S1		
Rotación nominal:	1765 rpm	Temperatura ambiente:	-20°C hasta +40°C		
Resbalamiento:	1.94 %	Altitud:	1000 m		
Tensión nominal:	220/380/440 V	Grado de protección:	IP55		
Corriente nominal:	25.6/14.8/12.8 A	Masa aproximada:	57 Kg		
Corriente de arranque:	218/126/109 A	Momento de inercia (J):	0.0563 kgm²		
Ip / Entrada:	8.5	Nivel de ruido:	58.0 dB(A)		
Corriente vacía:	11.8/6.83/5.90 A	Torque de arranque/máximo:	260% / 360%		
Torque nominal:	4.14 kgfm	Rodamiento delantero/trasero:	6308ZZ/6207ZZ		
Tiempo de bloqueo del rotor:	21s (frío) 12s (calor)	Categoría/Clase de aislamiento:	N/F		
Rendimiento (%)			Factor de Potencia		
50%	75%	100%	50%	75%	100%
90.0	91.0	91.7	0.62	0.75	0.84
FUENTE: CATÁLOGO WEG IBERIA INDUSTRIAL S.L. 2023					



Fuente: Autor.

Datos del Reductor:

Marca:	ACORN -GEARMOTOR				
Potencia:	9 KW	Serial:	SN1489876	Eje:	60 mm
Type:	GR99	Ratio:	33,25	IEC Adaptador:	132

Anexo 14. Hoja de vida del Motorreductor, Banda N°7.

HOJA DE VIDA DEL EQUIPO					
PLANTA (Centro Logístico): URIMAX			NOMBRE DE EQUIPO: Banda N°7		
Codigo/Clase:	W22	Año:	2019	Marca:	WEG
Familia:	Tolva N°1 (Carbones)		Tipo:	Motorreductor N°13	
CARACTERISTICAS					
Carcasa:	132S	Elevación de temperatura:	80 K		
Potencia:	7.5 kW (10 HP-cv)	Refrigeración:	IC411 - TFVE		
Frecuencia:	60 Hz	Factor de servicio:	1.15		
Polos:	4	Ciclo de servicio:	S1		
Rotación nominal:	1765 rpm	Temperatura ambiente:	-20°C hasta +40°C		
Resbalamiento:	1.94 %	Altitud:	1000 m		
Tensión nominal:	220/380/440 V	Grado de protección:	IP55		
Corriente nominal:	25.6/14.8/12.8 A	Masa aproximada:	57 Kg		
Corriente de arranque:	218/126/109 A	Momento de inercia (J):	0.0563 kgm²		
Ip / Entrada:	8.5	Nivel de ruido:	58.0 dB(A)		
Corriente vacía:	11.8/6.83/5.90 A	Torque de arranque/máximo:	260% / 360%		
Torque nominal:	4.14 kgfm	Rodamiento delantero/trasero:	6308ZZ/6207ZZ		
Tiempo de bloqueo del rotor:	21s (frío) 12s (calor)	Categoría/Clase de aislamiento:	N/F		
Rendimiento (%)			Factor de Potencia		
50%	75%	100%	50%	75%	100%
90.0	91.0	91.7	0.62	0.75	0.84
FUENTE: CATÁLOGO WEG IBERIA INDUSTRIAL S.L. 2023					



Fuente: Autor.

Datos del Reductor:

Marca:	ACORN -GEARMOTOR				
Potencia:	9 KW	Serial:	SN1489877	Eje:	60 mm
Type:	GR99	Ratio:	33,25	IEC Adaptador:	132

Anexo 15. Hoja de vida del Motorreductor, Banda N°8.

HOJA DE VIDA DEL EQUIPO					
PLANTA (Centro Logístico): URIMAX			NOMBRE DE EQUIPO: Banda N°8		
Codigo/Clase:	W22 High Eff.	Año:	2020	Marca:	WEG
Familia:	Tolva N°2 (Carbones)	Tipo:	Motorreductor N°14		
CARACTERISTICAS					
Carcasa:	100L	Elevación de temperatura:	80 K		
Potencia:	3.7 kW (5 HP)	Tiempo de bloqueo del rotor:	11 s (caliente)		
Frecuencia:	60 Hz	Factor de servicio:	1,15		
Polos:	4	Régimen de servicio:	S1		
Rotación nominal:	1730 rpm	Temperatura ambiente:	-20°C - +40°C		
Deslizamiento:	3,89%	Altitud:	1000 m		
Tensión nominal:	220/440 V	Protección:	IP55		
Corriente nominal:	14,0/7,02 A	Masa aproximada:	36 Kg		
Corriente de arranque:	112/56,2 A	Momento de inercia (J):	0,01042 kgm²		
Ip / Entrada:	8,0	Nivel de ruido:	54 dB(A)		
Corriente vacía:	8,00/4,00 A	Par nominal:	20,4 Nm		
Rodamiento:	6206ZZ/6205ZZ	Par de arranque:	350%		
Clase de aislamiento:	F	Par máxima:	360%		
Rendimiento (%)			Factor de Potencia		
50%	75%	100%	50%	75%	100%
85	87	87,5	0,59	0,72	0,79
FUENTE: CATÁLOGO WEG IBERIA INDUSTRIAL S.L. 2023					



Fuente: Autor.

Datos del Reductor:

Marca:	WEG	Serial:	917147	TAG:	15891341
Potencia:	8,69 KW	Fs/Sf:	1	Ratio:	28
Aceite:	ISO VG 220 CLP - 3,39 L	Código:	C08229NAC0H0000000	RPM:	62,5 rpm

Anexo 16. Hoja de vida del Motorreductor, Esclusa.

HOJA DE VIDA DEL EQUIPO					
PLANTA (Centro Logístico): URIMAX			NOMBRE DE EQUIPO: Esclusa		
Cod./Modelo:	DL-71M3-4	Año:	2021	Marca:	DIXUS
Familia:	Tolva N°2 (Carbones)	Tipo:	Motorreductor N°15		
CARACTERISTICAS					
Carcasa:	71 M	SFA:	3.11/1.55		
Potencia:	3/4 HP	Fases:	Tres fases		
Frecuencia:	60 Hz	Factor de servicio:	1.15		
Polos:	4	Eficiencia IE2:	75.5%		
Rotación nominal:	1650 rpm	Temperatura ambiente:	40°C		
Potencia KW:	0.55 Kw	Masa aproximada:	6.6Kg		
Sobrevelocidad admisible:	4320	Rodamiento delantero/trasero:	6202/6202		
Tensión nominal:	220/440 V	Protección:	IP55		
Corriente nominal:	2.7/1.36 A	Régimen de servicio:	S1		
Corriente de arranque:	14.9/7.45 A	Clase de aislamiento:	F		
Cos φ:	0.76	Torque nominal:	3.2 Nm		
Maximo torque:	7.3 Nm	Torque de arranque:	6.4 Nm		
FUENTE: MANUAL MOTORES DIXUS 2023.					





Fuente: Autor.

Datos del Reductor:

Marca:	HYDRO -MEC	Serial:	C51A0130
MOD.	512A	DP:	11/10/2021

Anexo 17. Hoja de vida del Motorreductor, Banda N°9.

HOJA DE VIDA DEL EQUIPO					
PLANTA (Centro Logístico): URIMAX			NOMBRE DE EQUIPO: Banda N°9		
Codigo/Clase:	W22/IR2	Año:	2019	Marca:	WEG
Familia:	Tolva N°3 (Carbones)	Tipo:	Motorreductor N°16		
CARACTERISTICAS					
Carcasa:	112M	Elevación de temperatura:	80 K		
Potencia:	7.5 HP (5.5Kw)	Tiempo de bloqueo del rotor:	16 s (caliente)		
Frecuencia:	60 Hz	Factor de servicio:	1.15		
Polos:	4	Régimen de servicio:	S1		
Rotación nominal:	1740 rpm	Temperatura ambiente:	-20°C – +40°C		
Deslizamiento:	3.33%	Altitud:	1000 m		
Tensión nominal:	220/380/440 V	Protección:	IPW55		
Corriente nominal:	20.4/11.8/10.2 A	Masa aproximada:	48 kg		
Corriente de arranque:	141/81.5/70.4 A	Momento de inercia:	0.01798 kgm²		
Ip / Entrada:	6.9	Nivel de ruido:	56 dB(A)		
Corriente vacía:	11.0/6.35/5.49 A	Conjugado máximo:	300%		
Conjugado nominal:	30.2 Nm	Rodamiento delantero/trasero:	6207ZZ/6206ZZ		
Conjugado inicial:	240%	Clase de aislamiento:	F		
Rendimiento (%)			Factor de Potencia		
50%	75%	100%	50%	75%	100%
88,4	89,1	90	0,59	0,72	0,79
FUENTE: CATÁLOGO WEG IBERIA INDUSTRIAL S.L. 2023					

Fuente: Autor.

Datos del Reductor:

Marca:	WEG	Serial:	854600	Año:	2019
Potencia:	9,77 KW	Fs:	1,78	Ratio:	29,7
Aceite:	ISO VG 220 CLP	Código:	C58230NW00HEW01	N1: 1750 rpm / N2: 59 rpm	

Anexo 18. Hoja de vida del Motorreductor, Banda N°10.

HOJA DE VIDA DEL EQUIPO					
PLANTA (Centro Logístico): URIMAX			NOMBRE DE EQUIPO: Banda N°10		
Codigo/Clase:	W22 High Eff./ IE2	Año:	2020	Marca:	WEG
Familia:	Tolva N°4 (Carbones)	Tipo:	Motorreductor N°17		
CARACTERISTICAS					
Carcasa:	100L	Elevación de temperatura:	80 K		
Potencia:	4.0 HP (3.0Kw)	Tiempo de bloqueo del rotor:	16 s (caliente)		
Frecuencia:	60 Hz	Factor de servicio:	1.15		
Polos:	4	Régimen de servicio:	S1		
Rotación nominal:	1725 rpm	Temperatura ambiente:	(-20°C – +40°C)		
Deslizamiento:	4.17%	Altitud:	1000 m		
Tensión nominal:	220/440 V	Protección:	IP55		
Corriente nominal:	11,1/5,55 A	Masa aproximada:	33 Kg		
Corriente de arranque:	81,0/40,5 A	Momento de inercia:	0,00964 kgm²		
Ip / Entrada:	7,3	Nivel de ruido:	54 dB(A)		
Corriente vacía:	5,60/2,80 A	Par nominal:	1,69 kgfm		
Rodamiento delantero/trasero:	6206ZZ/6205ZZ	Par de arranque:	320%		
Clase de aislamiento:	F	Par máxima:	320%		
Rendimiento (%)			Factor de Potencia		
50%	75%	100%	50%	75%	100%
86,4	87,2	87,5	0,61	0,74	0,81
FUENTE: CATÁLOGO WEG IBERIA INDUSTRIAL S.L. 2023					






Fuente: Autor.


Datos del Reductor:

Marca:	WEG	Serial:	802103	Año:	2017
Potencia:	7,15 KW	Fs:	2,38	Ratio:	41
Aceite:	ISO VG 220 CLP	Código:	C58332NA00GAW	N1: 1750 rpm / N2: 42,7 rpm	



Anexo 19. Hoja de vida del condensador trifásico UCWT1V53 L10 HD (WEG, 2023)

HOJA DE DATOS		
Condensadores para la Corrección del Factor de Potencia		
Características principales		
	Referencia	: UCWT
	Código del producto	: 10045992
	Tensión nominal Ue	: 480V60Hz
	Serie	: D
	Potencia reactiva	: 1.0 kVAr
	Frecuencia	: 60 Hz
Datos básicos		
Numero de fases	: Trifásica	
Serie	: D	
Potencia reactiva	: 1.0 kVAr	
Frecuencia	: 60 Hz	
Tensión nominal Ue	: 480V60Hz	
		Potencias Reactivas
Tensión de operación	60 Hz	50 Hz
480	1,00	0,8
440	0,8	0,7
415	0,7	0,6
Capacitancia (conexión delta)	: 3.8	
Tolerancia de la capacitancia	: ±5%	
Corriente nominal	: 1,20A	
Expectativa de vida	: 150.000 h	
Clase de temperatura	: -25/D	
Sistema de seguridad	: Film autorregenerativo / Desconexión por sobrepresión	
Capacidad de cortocircuito	: 10 kA	
Conexión de la resistencia de descarga	: Interno	
Resistor de descarga	: Interno	
Impregnación	: Resina de poliuretano	
Máximo dv/dt	: <30 V/μs	
Máx. corriente (cortos periodos de tiempo)	: 1.5 x In	
Máxima corriente de inrush	: <100 x In	
Tipo de tapa	: Plástico	
Grado de protección	: IP50	
Posición de montaje	: Vertical/horizontal	
Distancia superior mínima	: 20 mm	
Distancia lateral mínima	: 20 mm	
Conexión		
Tipo del terminal	: Tornillo	
Tipo del tornillo	: M3x2,5 Fresada/Phillips	
Calibre de los cables de alimentación		
- IEC Estándar	: 0,5 mm ² ... 6 mm ²	
- UL Estándar	: No disponible	
Par de apriete (terminales)		
- IEC Estándar	: 0,8 N.m ... 1,5 N.m	
- UL Estándar	: No disponible	
Par de apriete para conexión del capacitor		
- IEC Estándar	: 14 N.m	
- UL Estándar	: No disponible	
Condiciones ambientales		
Temperatura		
- Operación	: -25°C ... 55°C	
- Almacenaje	: No disponible	
Maxima temperatura mediana en 24 h	: 45°C	
Maxima temperatura mediana en 1 año	: 35°C	
Altitud máxima	: 2.000 m	
Dimensiones		
Diámetro	: 60mm	
Altura	: 156mm	
Peso bruto	: 0,503 kg	
Normas		
- IEC 60831-1-2		
- UL 810		
Certificaciones		
- UL/IRAM/S/CE		
26/09/2023	Las informaciones contenidas son valores referencia. Sujetas a cambios sin previo aviso.	1 / 2


Anexo 20. Hoja de vida del condensador trifásico UCWT1.5V53 L10 HD (WEG, 2023)

HOJA DE DATOS		WEG	
Condensadores para la Corrección del Factor de Potencia			
Características principales			
	Referencia	: UCWT	
	Código del producto	: 10045993	
	Tensión nominal Ue	: 480V60Hz	
	Serie	: D	
	Potencia reactiva	: 1.5 kVAr	
	Frecuencia	: 60 Hz	
Datos básicos			
Numero de fases	: Trifásica		
Serie	: D		
Potencia reactiva	: 1.5 kVAr		
Frecuencia	: 60 Hz		
Tensión nominal Ue	: 480V60Hz		
		Potencias Reactivas	
Tensión de operación	60 Hz	50 Hz	
480	1,5	1,3	
440	1,3	1,1	
415	1,1	0,9	
Capacitancia (conexión delta)	: 5.8		
Tolerancia de la capacitancia	: ±5%		
Corriente nominal	: 1,80A		
Expectativa de vida	: 150.000 h		
Clase de temperatura	: -25/D		
Sistema de seguridad	: Film autorregenerativo / Desconexión por sobrepresión		
Capacidad de cortocircuito	: 10 kA		
Conexión de la resistencia de descarga	: Interno		
Resistor de descarga	: Interno		
Impregnación	: Resina de poliuretano		
Máximo dv/dt	: <30 V/µs		
Máx. corriente (cortos periodos de tiempo)	: 1.5 x In		
Máxima corriente de inrush	: <100 x In		
Tipo de tapa	: Plástico		
Grado de protección	: IP50		
Posición de montaje	: Vertical/horizontal		
Distancia superior mínima	: 20 mm		
Distancia lateral mínima	: 20 mm		
Conexión			
Tipo del terminal	: Tornillo		
Tipo del tornillo	: M3x2,5 Fresada/Phillips		
Calibre de los cables de alimentación			
- IEC Estándar	: 0,5 mm ² ... 6 mm ²		
- UL Estándar	: No disponible		
Par de apriete (terminales)			
- IEC Estándar	: 0,8 N.m ... 1,5 N.m		
- UL Estándar	: No disponible		
Par de apriete para conexión del capacitor			
- IEC Estándar	: 14 N.m		
- UL Estándar	: No disponible		
Condiciones ambientales			
Temperatura			
- Operación	: -25°C ... 55°C		
- Almacenaje	: No disponible		
Maxima temperatura mediana en 24 h	: 45°C		
Maxima temperatura mediana en 1 año	: 35°C		
Altitud máxima	: 2.000 m		
Dimensiones			
Diámetro	: 60mm		
Altura	: 156mm		
Peso bruto	: 0,523 kg		
Normas			
- IEC 60831-1-2			
- UL 810			
Certificaciones			
- UL/IRAM/S/CE/UL(MX)-NOM			
27/09/2023	Las informaciones contenidas son valores referencia. Sujetas a cambios sin previo aviso.		1 / 2



Anexo 21. Hoja de vida del condensador trifásico UCWT2V53 L10 HD (WEG, 2023)

HOJA DE DATOS		Condensadores para la Corrección del Factor de Potencia			
Características principales					
		Referencia	: UCWT		
		Código del producto	: 10045994		
		Tensión nominal Ue	: 480V60Hz		
		Serie	: D		
		Potencia reactiva	: 2.0 kVAr		
		Frecuencia	: 60 Hz		
Datos básicos					
Numero de fases	: Trifásica				
Serie	: D				
Potencia reactiva	: 2.0 kVAr				
Frecuencia	: 60 Hz				
Tensión nominal Ue	: 480V60Hz				
		Potencias Reactivas			
Tensión de operación	60 Hz		50 Hz		
480	2,00	1,7			
440	1,7	1,4			
415	1,50	1,2			
Capacitancia (conexión delta)	: 7.7				
Tolerancia de la capacitancia	: ±5%				
Corriente nominal	: 2,41A				
Expectativa de vida	: 150.000 h				
Clase de temperatura	: -25/D				
Sistema de seguridad	: Film autorregenerativo / Desconexión por sobrepresión				
Capacidad de cortocircuito	: 10 kA				
Conexión de la resistencia de descarga	: Interno				
Resistor de descarga	: Interno				
Impregnación	: Resina de poliuretano				
Máximo dv/dt	: <30 V/µs				
Máx. corriente (cortos periodos de tiempo)	: 1.5 x In				
Máxima corriente de inrush	: <100 x In				
Tipo de tapa	: Plástico				
Grado de protección	: IP50				
Posición de montaje	: Vertical/horizontal				
Distancia superior mínima	: 20 mm				
Distancia lateral mínima	: 20 mm				
Conexión					
Tipo del terminal	: Tornillo				
Tipo del tornillo	: M3x2,5 Fresada/Phillips				
Calibre de los cables de alimentación	: 0,5 mm ² ... 6 mm ²				
- IEC Estándar	: No disponible				
- UL Estándar	: No disponible				
Par de apriete (terminales)	: 0,8 N.m ... 1,5 N.m				
- IEC Estándar	: No disponible				
- UL Estándar	: No disponible				
Par de apriete para conexión del capacitor	: 14 N.m				
- IEC Estándar	: No disponible				
- UL Estándar	: No disponible				
Condiciones ambientales					
Temperatura	: -25°C ... 55°C				
- Operación	: No disponible				
- Almacenaje	: No disponible				
Maxima temperatura mediana en 24 h	: 45°C				
Maxima temperatura mediana en 1 año	: 35°C				
Altitud máxima	: 2.000 m				
Dimensiones					
Diámetro	: 60mm				
Altura	: 156mm				
Peso bruto	: 0,527 kg				
Normas					
- IEC 60831-1-2					
- UL 810					
Certificaciones					
- UL/IRAM/S/CE/UL(MX)-NOM					
26/09/2023	Las informaciones contenidas son valores referencia. Sujetas a cambios sin previo aviso.				1 / 2



Anexo 22. Hoja de vida del condensador trifásico UCWT2.5V53 L10 HD (WEG, 2023)

HOJA DE DATOS		WEG	
Condensadores para la Corrección del Factor de Potencia			
Características principales			
	Referencia	: UCWT	
	Código del producto	: 10045995	
	Tensión nominal Ue	: 480V60Hz	
	Serie	: D	
	Potencia reactiva	: 2.5 kVAr	
	Frecuencia	: 60 Hz	
Datos básicos			
Numero de fases	: Trifásica		
Serie	: D		
Potencia reactiva	: 2.5 kVAr		
Frecuencia	: 60 Hz		
Tensión nominal Ue	: 480V60Hz		
		Potencias Reactivas	
Tensión de operación	60 Hz	50 Hz	
480	2,50	2,01	
440	2,10	1,8	
415	1,9	1,6	
Capacitancia (conexión delta)	: 9.6		
Tolerancia de la capacitancia	: ±5%		
Corriente nominal	: 3,01A		
Expectativa de vida	: 150.000 h		
Clase de temperatura	: -25/D		
Sistema de seguridad	: Film autorregenerativo / Desconexión por sobrepresión		
Capacidad de cortocircuito	: 10 kA		
Conexión de la resistencia de descarga	: Interno		
Resistor de descarga	: Interno		
Impregnación	: Resina de poliuretano		
Máximo dv/dt	: <30 V/μs		
Máx. corriente (cortos periodos de tiempo)	: 1.5 x In		
Máxima corriente de inrush	: <100 x In		
Tipo de tapa	: Plástico		
Grado de protección	: IP50		
Posición de montaje	: Vertical/horizontal		
Distancia superior mínima	: 20 mm		
Distancia lateral mínima	: 20 mm		
Conexión			
Tipo del terminal	: Tornillo		
Tipo del tornillo	: M3x2,5 Fresada/Phillips		
Calibre de los cables de alimentación			
- IEC Estándar	: 0,5 mm ² ... 6 mm ²		
- UL Estándar	: No disponible		
Par de apriete (terminales)			
- IEC Estándar	: 0,8 N.m ... 1,5 N.m		
- UL Estándar	: No disponible		
Par de apriete para conexión del capacitor			
- IEC Estándar	: 14 N.m		
- UL Estándar	: No disponible		
Condiciones ambientales			
Temperatura			
- Operación	: -25°C ... 55°C		
- Almacenaje	: No disponible		
Maxima temperatura mediana en 24 h	: 45°C		
Maxima temperatura mediana en 1 año	: 35°C		
Altitud máxima	: 2.000 m		
Dimensiones			
Diámetro	: 60mm		
Altura	: 156mm		
Peso bruto	: 0,557 kg		
Normas			
- IEC 60831-1-2			
- UL 810			
Certificaciones			
- UL/IRAMS/CE/UL(MX)-NOM			
26/09/2023	Las informaciones contenidas son valores referencia. Sujetas a cambios sin previo aviso.		1 / 2

Anexo 23. Hoja de vida del condensador trifásico UCWT30V53 S28 HD (WEG, 2023)

HOJA DE DATOS		Condensadores para la Corrección del Factor de Potencia																	
		Características principales																	
		Referencia	:	UCWT															
	Código del producto	:	12272781																
	Tensión nominal Ue	:	480V60Hz																
	Serie	:	F																
	Potencia reactiva	:	30.0 kVAr																
	Frecuencia	:	60 Hz																
Datos básicos																			
	Numero de fases	:	Trifásica																
	Serie	:	F																
	Potencia reactiva	:	30.0 kVAr																
	Frecuencia	:	60 Hz																
	Tensión nominal Ue	:	480V60Hz																
		<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Tensión de operación</th> <th colspan="2">Potencias Reactivas</th> </tr> <tr> <th>60 Hz</th> <th>50 Hz</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>480</td> <td>30,00</td> <td>25,00</td> </tr> <tr> <td>440</td> <td>25,21</td> <td>21,01</td> </tr> <tr> <td>415</td> <td>22,43</td> <td>18,69</td> </tr> </tbody> </table>				Tensión de operación	Potencias Reactivas		60 Hz	50 Hz	480	30,00	25,00	440	25,21	21,01	415	22,43	18,69
Tensión de operación	Potencias Reactivas																		
	60 Hz	50 Hz																	
480	30,00	25,00																	
440	25,21	21,01																	
415	22,43	18,69																	
	Capacitancia (conexión delta)	:	115,1																
	Tolerancia de la capacitancia	:	±5%																
	Corriente nominal	:	36,08A																
	Expectativa de vida	:	150.000 h																
	Clase de temperatura	:	-25/D																
	Sistema de seguridad	:	Film autorregenerativo / Desconexión por sobrepresión																
	Capacidad de cortocircuito	:	10 kA																
	Conexión de la resistencia de descarga	:	Terminal fast-on																
	Resistor de descarga	:	Externo																
	Impregnación	:	Resina de poliuretano																
	Máximo dv/dt	:	<30 V/μs																
	Máx. corriente (cortos periodos de tiempo)	:	1.5 x In																
	Máxima corriente de inrush	:	<100 x In																
	Tipo de tapa	:	Aluminio																
	Grado de protección	:	IP20																
	Posición de montaje	:	Vertical																
	Distancia superior mínima	:	25.4 mm																
	Distancia lateral mínima	:	20 mm																
Conexión																			
	Tipo del terminal	:	Tomillo																
	Tipo del tornillo	:	M8 hexagonal interno																
	Calibre de los cables de alimentación	:																	
	- IEC Estándar	:	10 mm² ... 35 mm²																
	- UL Estándar	:	No disponible																
	Par de apriete (terminales)	:																	
	- IEC Estándar	:	4 N.m ... 6 N.m																
	- UL Estándar	:	No disponible																
	Par de apriete para conexión del capacitor	:																	
	- IEC Estándar	:	14 N.m																
	- UL Estándar	:	No disponible																
Condiciones ambientales																			
	Temperatura	:																	
	- Operación	:	-25°C ... 55°C																
	- Almacenaje	:	No disponible																
	Maxima temperatura mediana en 24 h	:	45°C																
	Maxima temperatura mediana en 1 año	:	35°C																
	Altitud máxima	:	2.000 m																
Dimensiones																			
	Diámetro	:	116mm																
	Altura	:	290mm																
	Peso bruto	:	3,500 kg																
Normas																			
	- IEC 60831-1-2	:																	
	- UL 810	:																	
Certificaciones																			
	- UL/CE/UL(MX)-NOM	:																	
26/09/2023	Las informaciones contenidas son valores referencia. Sujetas a cambios sin previo aviso.			1 / 2															

Anexo 24. Hoja de vida del condensador trifásico UCWT50V53 U28 HD (WEG, 2023)

HOJA DE DATOS		Condensadores para la Corrección del Factor de Potencia			
		Características principales			
		Referencia	: UCWT		
	Código del producto	: 13365677			
	Tensión nominal Ue	: 480V60Hz			
	Serie	: F			
	Potencia reactiva	: 50.0 kVAr			
	Frecuencia	: 60 Hz			
Datos básicos					
Numero de fases	: Trifásica				
Serie	: F				
Potencia reactiva	: 50.0 kVAr				
Frecuencia	: 60 Hz				
Tensión nominal Ue	: 480V60Hz				
Tensión de operación		Potencias Reactivas			
		60 Hz			50 Hz
480		50,00			41,67
440		42,01			35,01
415		37,38			31,15
Capacitancia (conexión delta)	: 191,9				
Tolerancia de la capacitancia	: ±5%				
Corriente nominal	: 60,1A				
Expectativa de vida	: 150.000 h				
Clase de temperatura	: -25/D				
Sistema de seguridad	: Film autorregenerativo / Desconexión por sobrepresión				
Capacidad de cortocircuito	: 10 kA				
Conexión de la resistencia de descarga	: Terminal fast-on				
Resistor de descarga	: Externo				
Impregnación	: Resina de poliuretano				
Máximo dv/dt	: <30 V/µs				
Máx. corriente (cortos periodos de tiempo)	: 1.5 x In				
Máxima corriente de inrush	: <100 x In				
Tipo de tapa	: Aluminio				
Grado de protección	: IP20				
Posición de montaje	: Vertical				
Distancia superior mínima	: 25.4 mm				
Distancia lateral mínima	: 20 mm				
Conexión					
Tipo del terminal	: Tornillo				
Tipo del tornillo	: M8 hexagonal interno				
Calibre de los cables de alimentación					
- IEC Estándar	: 10 mm² ... 35 mm²				
- UL Estándar	: No disponible				
Par de apriete (terminales)					
- IEC Estándar	: 4 N.m ... 6 N.m				
- UL Estándar	: No disponible				
Par de apriete para conexión del capacitor					
- IEC Estándar	: 14 N.m				
- UL Estándar	: No disponible				
Condiciones ambientales					
Temperatura					
- Operación	: -25°C ... 55°C				
- Almacenaje	: No disponible				
Maxima temperatura mediana en 24 h	: 45°C				
Maxima temperatura mediana en 1 año	: 35°C				
Altitud máxima	: 2.000 m				
Dimensiones					
Diámetro	: 136mm				
Altura	: 290mm				
Peso bruto	: 3.061 kg				
Normas					
- IEC 60831-1-2					
- UL 810					
Certificaciones					
- UL/CE/UL(MX)-NOM					
26/09/2023	Las informaciones contenidas son valores referencia. Sujetas a cambios sin previo aviso.				1 / 2