



UNIVERSIDAD NACIONAL DE ROSARIO

**FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS, INGENIERÍA Y
AGRIMENSURA**

ESCUELA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

ÁREA

PROYECTO DE INGENIERÍA

**IMPACTO DE LOS MOTORES DE ALTA EFICIENCIA EN LA
INDUSTRIA**

Autor/es: Delaygue Augusto (Legajo: D-3789/3)

Fontana Sebastián (Legajo: F-3391/1)

Director Técnico: Ing. Cacchione Raul

Cátedra de Proyecto: Ing. Alonso Fernando

Julio 2022

DELAYGUE – FONTANA

Contenido

1.	INTRODUCCIÓN	4
2.	MARCO TEÓRICO	5
3.	MOTOR DE INDUCCION	7
3.1	Aspectos constructivos	7
3.2	Principio de funcionamiento	8
3.3	Eficiencia del motor	11
3.3.1	Pérdidas en el estator	12
3.3.2	Perdidas en el rotor	12
3.3.3	Perdidas mecánicas	13
3.3.4	Perdidas adicionales	13
3.3.5	Cálculo de la eficiencia del motor de inducción	14
4.	CÁLCULO DE LA EFICIENCIA PARA MOTORES EN PLANTA	15
4.1	Determinación del Factor de Carga en planta.	17
4.1.1	Método de Potencia Activa	17
4.1.2	Método de Corriente	18
4.1.3	Método del Deslizamiento	20
4.2	Determinación de la eficiencia a cargas parciales.	22
5.	MOTOR DE INDUCCIÓN DE ALTA EFICIENCIA	27
5.1	Incremento de la eficiencia en los motores de inducción	31
6.	ESTUDIO TÉCNICO-ECONÓMICO Y AMBIENTAL	33
6.1	Criterios y Escenarios para el Ahorro Energético	33
6.2	Ahorro Energético	35
6.3	Impacto Ambiental	35
6.4	Análisis Económico	39
6.4.1	Flujo de caja.	41
6.4.2	Elementos del flujo de caja.	41
6.4.3	Criterios de evaluación de proyectos.	42
7.	DESARROLLO	44
7.1	Planta de Silos	45
7.1.1	Escenarios propuestos	53
7.1.1.1	Primer escenario	54
7.1.1.2	Segundo escenario	58
7.1.1.3	Tercer Escenario	61
7.1.1.4	Cuarto Escenario	65
7.1.2	Conclusión Planta de Silos	68
7.2	MontHelado S.A.	69

7.2.1 Escenarios Propuestos	81
7.2.1.1 Primer Escenario	82
7.2.1.2 Segundo Escenario	88
7.2.1.3 Tercer Escenario	93
7.2.1.4 Cuarto Escenario	95
7.2.1.5 Quinto Escenario	98
7.2.2 Conclusión Monthelado.	102
7.3 Petit Fours	104
7.3.1 Escenarios propuestos	107
7.3.1.1 Primer escenario	108
7.3.1.2 Segundo escenario	110
7.3.1.3 Tercer escenario	112
7.3.2 Conclusión planta Petit Fours	113
7.4 D'Ascanio SRL	114
7.4.1 Escenario propuesto	118
7.4.2 Conclusión Planta D'Ascanio	120
7.5 Ricchezza.	121
7.5.1 Escenarios propuestos	128
7.5.1.1 Primer Escenario	129
7.5.1.2 Segundo Escenario	131
7.5.1.3 Tercer Escenario	134
7.5.1.4 Cuarto Escenario	136
7.5.1.5 Quinto Escenario	138
7.5.2 Conclusión Ricchezza.	140
8. CONCLUSIONES	141

1. INTRODUCCIÓN

El gran impacto económico que genera la tarifa eléctrica en las industrias de nuestro país, el previsible agotamiento de parte de los recursos energéticos no renovables y la preocupación por el cambio climático global, nos llevan a plantear que ocurriría si mejoráramos la eficiencia de las cargas que consumen entre el 60 y 70% de la energía total suministrada por el sistema de potencia, los motores eléctricos.

Como vimos a lo largo de nuestra formación académica, en la industria se posee un desconocimiento de los distintos niveles de eficiencia energética en los motores y no se considera un estudio en el cual a través del aumento de la misma se logre obtener un ahorro económico. Los mismos son seleccionados únicamente en base a su precio, eligiendo en la mayoría de los casos el de menor valor. Como consecuencia de esto, en las plantas industriales predominan motores de inducción de baja eficiencia, que poseen altas pérdidas, las cuales nos van a llevar a tener un incremento innecesario en la tarifa eléctrica. Además, esta baja eficiencia representa un uso irresponsable de la energía, lo que significará una mayor emisión de dióxido de carbono a la atmosfera por parte de los generadores.

Por lo cual nos enfocaremos en estudiar el impacto económico ambiental que conlleva el reemplazo de motores asincrónicos de eficiencia estándar por los de eficiencia premium.

2. MARCO TEÓRICO

Para abordar este estudio, se plantea la realización de distintos relevamientos en varios tipos de industrias ubicadas en la ciudad de Rosario y en localidades cercanas. El objetivo de los mismos, es la recolección de datos acerca de sus motores de inducción, y las cargas que estos accionan.

Tanto la metodología de cálculo de la eficiencia como las mediciones deben ser adecuadas a las condiciones reales de operación de las plantas. Teniendo en cuenta las limitaciones del entorno en el cual se llevarán a cabo las mediciones, y que las plantas se encuentran en producción a la hora de realizarlas, tendremos en cuenta las siguientes consideraciones:

- Utilizaremos instrumentos de medición robustos, seguros, fáciles de usar y de incertidumbre media, al ser estos los disponibles en la Escuela de Ingeniería Eléctrica. Siendo estos suficientes ya que son similares a los empleados en mediciones industriales.
- El método de medición no debe ser invasivo debido a que, como mencionamos anteriormente, las plantas se encuentran en plena producción y nuestro accionar no debe afectar a la normal operación de los procesos.
- Por cuestiones de tiempo se realizará solo una medición por equipo de forma breve para no entorpecer el normal desarrollo de las actividades por parte de los operarios de la planta, ya que el ingreso a ella conlleva un trabajo administrativo de varios días. Por lo tanto, la medición consistirá en una lectura y registro del valor indicado por el instrumento.
- No existe una metodología única de medición y cálculo de la eficiencia normalizada para motores en planta. Para ello utilizaremos un método confiable de acuerdo a lo estudiado en las asignaturas de máquinas eléctricas y metrología eléctrica.

Teniendo en cuenta las consideraciones anteriores, efectuaremos el relevamiento y las mediciones correspondientes del siguiente modo. En primer lugar, tomaremos contacto con el responsable del área eléctrica de cada planta potencialmente viable para realizar nuestro estudio, luego de su aprobación, coordinaremos con el área de recursos humanos y seguridad e higiene nuestro ingreso. A partir de esto, procedemos a solicitar información acerca de la cantidad de motores

de inducción, un lay out de la planta con la ubicación de los mismos, y toda información complementaria que nos facilite el relevamiento.

Con aquella información obtenida previamente, completaremos la mayor cantidad de datos posibles, con el objetivo de realizar una hoja de ruta que nos ayudará a finalizar el trabajo en campo lo más rápido y eficiente posible.

Para la realización de las mediciones, utilizaremos los elementos de protección personal (EPP) requeridos; guantes dieléctricos, casco, botas dieléctricas y elemento de protección visual. Para preservar la seguridad personal, la medición se realizará desde el tablero que alimenta a la máquina. De no ser posible, la misma se realizará con el mayor de los cuidados desde las bornas de los motores, utilizando las herramientas correctas para su apertura.

Para poder comprender como es afectada la eficiencia en los motores de inducción, como mejorar la misma, de que factores depende y la importancia de cada uno de ellos, haremos un desarrollo teórico comenzando por la presentación del motor de inducción y sus partes constructivas.

3. MOTOR DE INDUCCIÓN

3.1 Aspectos constructivos

Un motor de inducción es un dispositivo de conversión electromecánica de la energía de tipo rotativo formado por un estator y un rotor. El estator está formado generalmente por un apilamiento de chapas de acero al silicio que disponen de unas ranuras en su periferia interior en las que se sitúa un devanado trifásico distribuido como se muestra en la Figura 3.1.1.

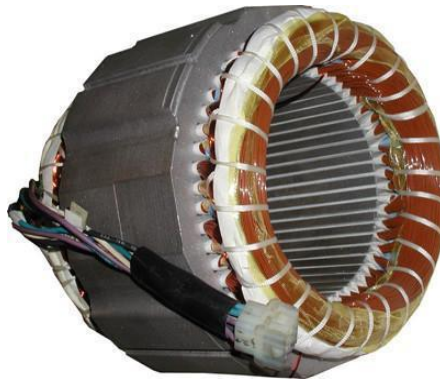


Figura: 3.1.1: Estator

Dependiendo del tipo de rotor se clasifican en rotor en jaula de ardilla y rotor devanado, el primero está conformado por barras de cobre cortocircuitadas por dos anillos laterales (Figura 3.1.2).



Figura: 3.1.2: Rotor jaula de ardilla

En el caso de rotor devanado se tiene un arrollamiento trifásico similar al situado en el estator, en el que las tres fases se disponen por un lado en estrella y por el otro se conectan a anillos aislados entre si (Figura 3.1.3).

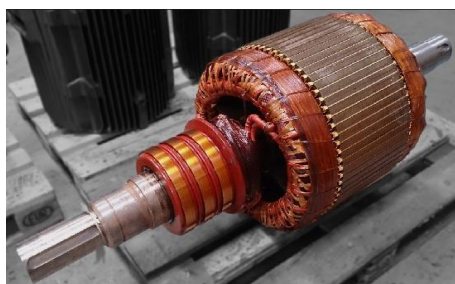


Figura 3.1.3: Rotor devanado

Además, tenemos a la carcasa del motor, la cual tiene como función principal proporcionar una protección mecánica al devanado. También proporciona una interfaz de instalación por medio de patas o bridas.

La máquina asíncrona, también dispone de otros elementos mecánicos necesarios para asistir a su funcionamiento, como lo son rodamientos, cojinetes y ventilador. En la Figura 3.1.4 se muestra las partes nombradas.

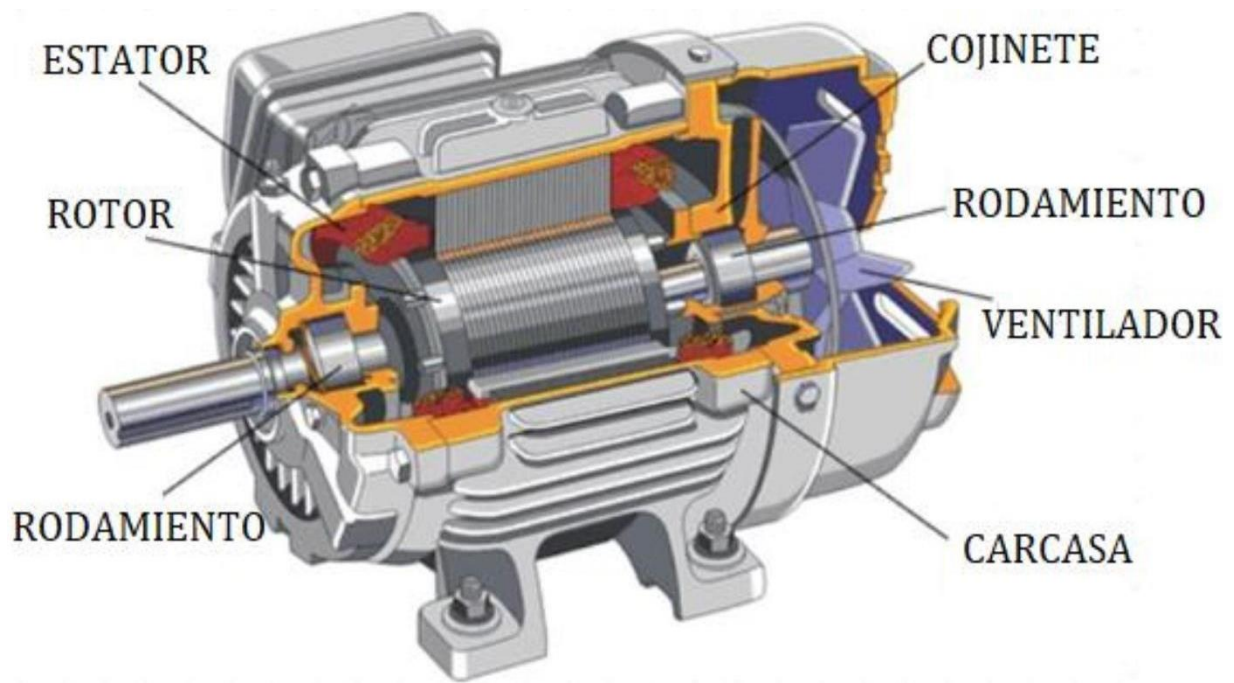


Figura: 3.1.4: Partes del motor de inducción.

3.2 Principio de funcionamiento

La máquina de inducción posee un devanado inductor situado en el estator, constituido por 3 arrollamientos desfasados 120° en el espacio y de $2 \times p$ polos; al introducir por ellos corrientes de una red trifásica de frecuencia f , se produce una onda rotativa de fuerza magneto motriz distribuida senoidalmente en la periferia del entrehierro, que produce un flujo giratorio de velocidad n_1 a la cual llamamos velocidad de sincronismo (Ecuación 3.2.1).

$$n_1 = \frac{60f_1}{p} \text{ [rpm]} \quad (3.2.1)$$

Este flujo inducirá fuerzas electromotrices en los conductores del rotor como indica la ley de Faraday (Ecuación 3.2.2)

$$e = \int (v \times B) dI = (v \times B) * L \quad (3.2.2)$$

En las barras del rotor, al estar cortocircuitadas, aparecerán corrientes que reaccionarán con el flujo del estator. Al circular corriente por los conductores del rotor, aparecerá en los mismos una fuerza cuyo sentido se obtiene aplicando la ley de Laplace (Ecuación 3.2.3).

$$F = i(L \times B) \quad (3.2.3)$$

Para determinar el sentido de esta fuerza, y por lo tanto el sentido de giro del motor, debemos aplicar la ecuación vectorial siguiendo la Figura 3.1.5

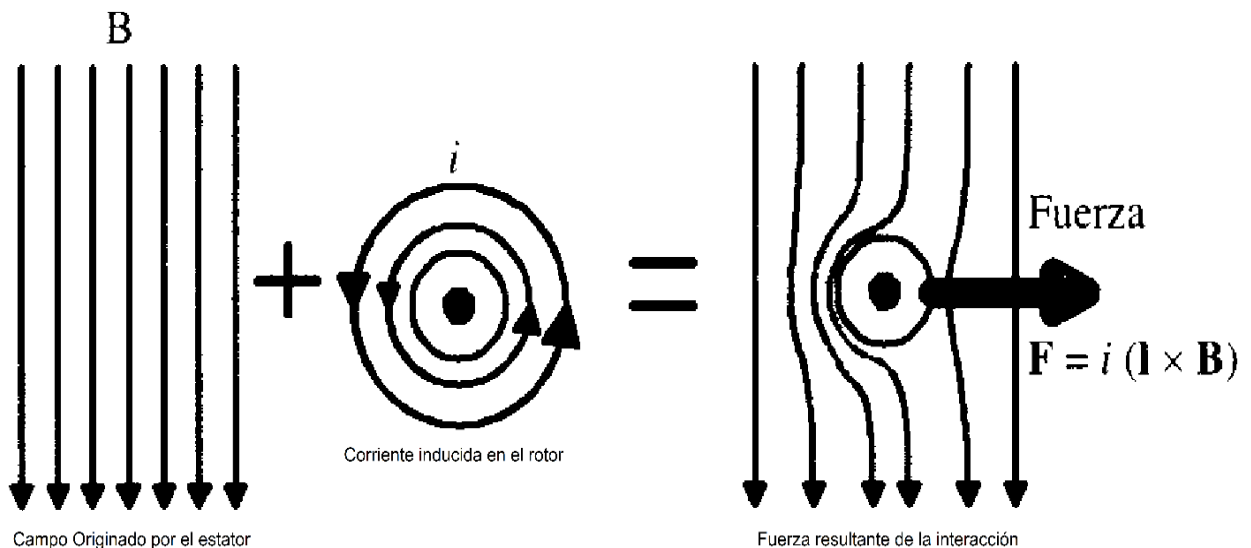


Figura: 3.1.5: Ley de Laplace.

El razonamiento anterior, aunque da los resultados correctos, no es del todo cierto, debido a que en la realidad, y como muestra la Figura 3.1.6c, los conductores del rotor están situados dentro de unas ranuras, de tal forma que el campo B no atraviesa al conductor y en consecuencia, de acuerdo con la Ecuación 3.2.3, la fuerza resultante sobre el conductor es nula. Esto se debe a que se produce una deformación en las líneas de B al circular corriente por los conductores.

En la Figura 3.1.6a se muestra el reparto de la inducción en la ranura y el diente cuando la intensidad en el conductor es cero; se observa que debido a la menor reluctancia de los dientes, las líneas de B tienden a concentrarse en ellos sin atravesar

apenas al conductor. En la Figura 3.1.6b se muestra la forma de las líneas de inducción producidas únicamente por el conductor del rotor llevando corriente.

En la Figura 3.1.6c se representa la resultante de ambos campos; se observa que la deformación de las líneas de inducción es similar a la que se obtenía para el caso de un conductor aislado, apareciendo una fuerza resultante en el sentido indicado, pero con la diferencia fundamental de que esta fuerza actúa realmente sobre los dientes y no sobre los conductores del rotor.

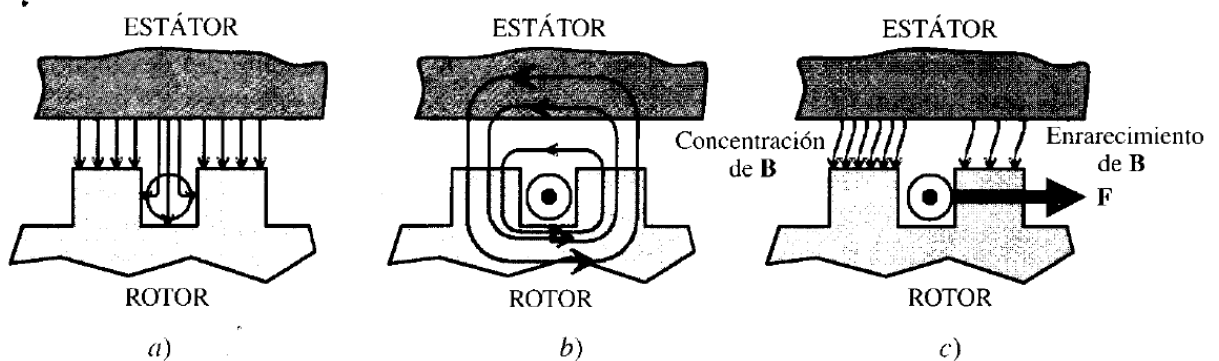


Figura: 3.1.6: Fuerza resultante sobre el rotor

El momento total de estas fuerzas producirán el giro del rotor que se va a acelerar de tal forma que cuanto más se aproxime a la velocidad del campo n_1 , será menor la f.e.m. inducida en los conductores del rotor, y en consecuencia disminuirán las corrientes provocando la disminución del par interno. Como caso limite si el rotor girase a n_1 no habría entonces movimiento relativo entre el campo giratorio y el rotor; desapareciendo así la f.e.m. inducida y por lo tanto se anularía el par. De este modo la velocidad de sincronismo constituye un límite teórico al que el rotor puede girar.

Es por esto que la maquina recibe el nombre de motor asíncrono, ya que siempre debe girar a una velocidad inferior a la del sincronismo, esta diferencia de velocidades entre el campo giratorio y el rotor definen el deslizamiento (ecuación 3.2.2) el cual va a depender de la carga del motor, siendo 1 cuando el rotor está parado, próximo a 0 cuando el motor está en vacío y tomando valores entre 0.03 y 0.08 a carga nominal.

$$s = \frac{n_1 - n}{n_1} \quad (3.2.2)$$

3.3 Eficiencia del motor

En un motor asíncrono existe una transformación de energía eléctrica en mecánica, que se transmite desde el estator al rotor, a través del entrehierro, y el proceso de conversión está inevitablemente ligado con las pérdidas en los diferentes órganos de la máquina.

Para visualizar las mismas es necesario representar a la máquina mediante su circuito equivalente (Figura 3.3.1).

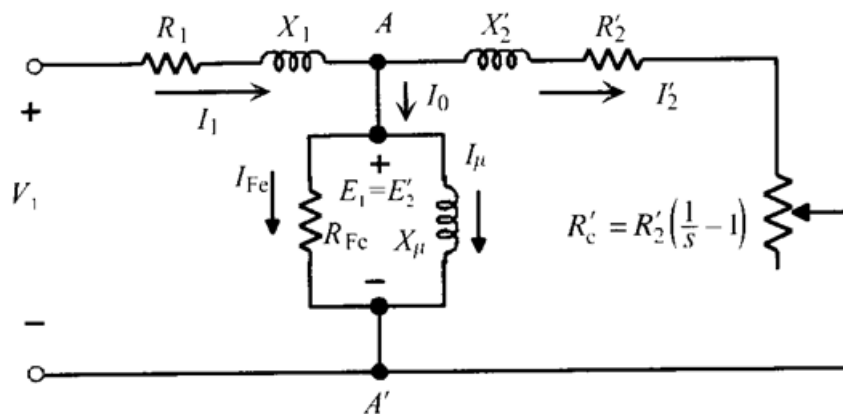


Figura 3.3.1: Circuito equivalente máquina de inducción.

Se puede ver que los elementos con subíndice 1 y 2 representan al estator y rotor de la máquina respectivamente, y la rama comprendida entre el punto A y A' representan a los efectos del entrehierro. En la Figura 3.3.2 se muestran mediante un esquema de simple comprensión la distribución de la potencia en las diversas partes del motor. La eficiencia de un motor es el valor más importante a la hora de elegirlo y se define como la relación entre potencia útil que proporciona el motor en el eje (P_u) y la potencia eléctrica consumida (P_1), como lo expresa la Ecuación 3.3.1.

$$\eta = \frac{P_u}{P_1} 100\% \quad (3.3.1)$$

Veamos a continuación en Figura 3.3.2 como se distribuyen las pérdidas en las distintas partes constructivas de la máquina y como estas afectan al rendimiento de la misma.

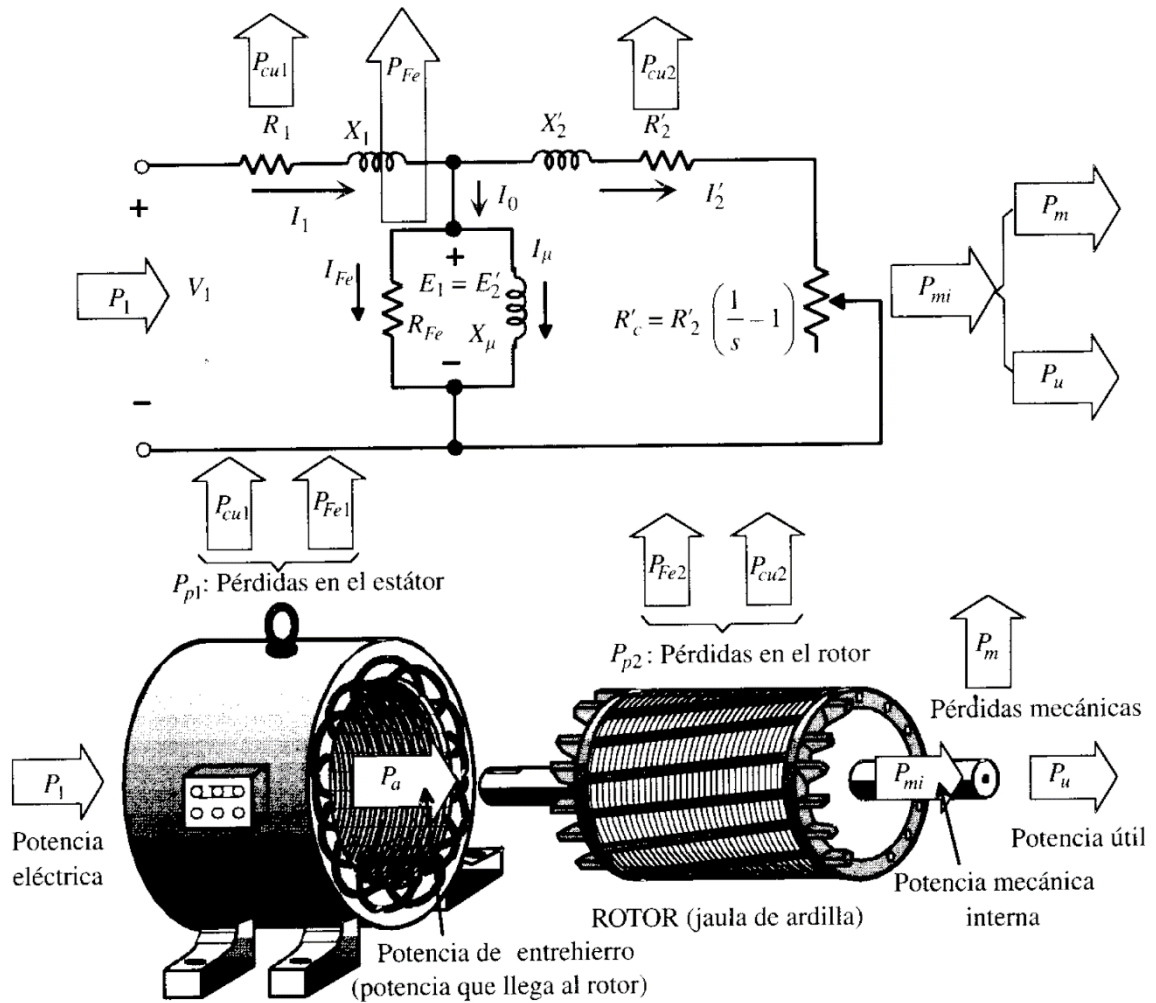


Figura 3.3.2: Distribución de las potencias en el motor.

3.3.1 Pérdidas en el estator

Estas pérdidas se dan principalmente por efecto Joule, las cuales son directamente proporcionales al cuadrado de la corriente y a la resistencia de los conductores como se muestra en la Ecuación 3.3.2. Estas son mínimas al operar en vacío ya que la corriente es mínima, la cual aumenta con la carga.

$$P_{cu} = I_{estator}^2 \times R_{estator} \quad (3.3.2)$$

Además, se tienen pérdidas ferromagnéticas debido a los efectos de histéresis magnéticas y corrientes de Foucault. Representadas en la Figura 3.3.2 como P_{cu1} y P_{Fe1} .

3.3.2 Pérdidas en el rotor

Al igual que en el estator, se tienen pérdidas por efecto Joule que como lo indica la Ecuación 3.3.3 serán proporcionales al cuadrado de la corriente y a la resistencia del

bobinado del rotor (o barras y anillos en el caso de rotor jaula de ardilla). Representada en la Figura 3.3.2 como P_{cu2} .

$$P_{cu} = I_{rotor}^2 \times R_{rotor} \quad (3.3.3)$$

Además, al tratarse de un material ferromagnético existen pérdidas adicionales que dependen de la frecuencia, representadas en la Figura 3.3.2 como P_{Fe2} . Al tratarse de un motor asincrónico la frecuencia del rotor será distinta a la del estator y va a estar dada por la Ecuación 3.3.4

$$f_2 = s \times f_1 \quad (3.3.4)$$

Recordando que el deslizamiento de estos motores en régimen nominal tiene un valor aproximado de $s=0,05$; haciendo que la frecuencia del rotor sea de un valor muy bajo, del orden de los 2 a 3 Hz. Es por esto, que se desprecian dichas pérdidas. Representadas en la Figura 3.3.2 como P_{cu2} .

3.3.3 Pérdidas mecánicas

Las pérdidas mecánicas se deben a la fricción de los elementos rotativos, al tipo de lubricación empleada y a la resistencia que ofrece el aire al giro del ventilador. Estas quedan fijadas por el tipo de diseño y dimensiones del motor. Representadas en la figura 3.3.2 como P_m .

3.3.4 Pérdidas adicionales

Existen pérdidas a lo largo del funcionamiento del motor que no pueden ser asignadas a algunas de las anteriormente detalladas. Estas pérdidas comúnmente son llamadas pérdidas misceláneas y representan un pequeño porcentaje del total.

Entre las pérdidas adicionales pueden incluirse:

- Pérdidas en circuitos magnéticos por armónicos de orden superior
- Pérdidas en circuitos eléctricos por armónicos de orden superior
- Pérdidas por efector particular
- Pérdidas por flujos de dispersión en cabezas de bobina

A modo de resumen se muestra en Tabla 3.3.1 valores típicos de perdidas según la norma NEMA B para motores de distintas potencias.

Potencia (HP)	5	50
Tipo de pérdidas	% Pérdidas	% Pérdidas
Conductores Estator	40	38
Conductores Rotor	20	22
Núcleo Magnético	29	20
Fricción y Ventilación	4	8
Adicionales en Carga	7	12
Eficiencia %	83	90.5

Potencia (HP)	100	200
Tipo de pérdidas	% Pérdidas	% Pérdidas
Conductores Estator	28	30
Conductores Rotor	18	16
Núcleo Magnético	13	15
Fricción y Ventilación	14	10
Adicionales en Carga	27	29
Eficiencia %	91.5	93

Tabla 3.3.1: Valores típicos según Norma NEMA.

3.3.5 Cálculo de la eficiencia del motor de inducción

Como en toda máquina real, tendremos perdidas de energía necesarias para su funcionamiento, las cuales llevan a que el rendimiento de la misma no sea el ideal (100%). Por lo tanto, la potencia consumida de la red (P_1) será distinta a la potencia útil (P_u).

Para el caso de la máquina de inducción las pérdidas fueron presentadas en los apartados anteriores y es con ellas que mediante la Ecuación 3.3.5 se representa el rendimiento y se esquematiza en la Figura 3.3.5

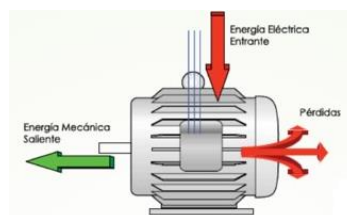


Figura 3.3.5: Esquema de potencia útil del motor.

$$\eta = \frac{P_u}{P_1} 100\% = \frac{P_u}{P_u + P_m + P_{Cu1} + P_{Fe1} + P_{Cu2}} 100\% \quad (3.3.5)$$

La cual nos muestra sobre qué aspectos de la máquina de inducción debemos actuar para mejorar su desempeño.

4. CÁLCULO DE LA EFICIENCIA PARA MOTORES EN PLANTA

En la mayoría de los casos los motores no coinciden, o están sobredimensionados, para la carga que deben accionar. Para comparar los costos de operación de un motor estándar existente con un reemplazo de eficiencia energética del tamaño adecuado, debemos conocer el valor del rendimiento del motor a carga parcial.

Carga parcial es un término que se utiliza para describir la potencia real entregada por el motor en comparación con la capacidad nominal de carga del motor. Las cargas parciales del motor se pueden estimar utilizando la potencia de entrada, la corriente consumida o la velocidad.

Se tienen muchas razones para determinar la carga del motor, la mayoría de ellos están diseñados para funcionar entre el 50% y el 100% de la carga nominal. La máxima eficiencia se obtiene generalmente a partir del 75% de la potencia nominal y por debajo de estos valores la eficiencia de un motor tiende a disminuir drásticamente. Sin embargo, el rango de mayor eficiencia varía con los motores individuales y tiende a extenderse sobre un rango más amplio para motores más grandes, como se muestra en la Figura 4.1

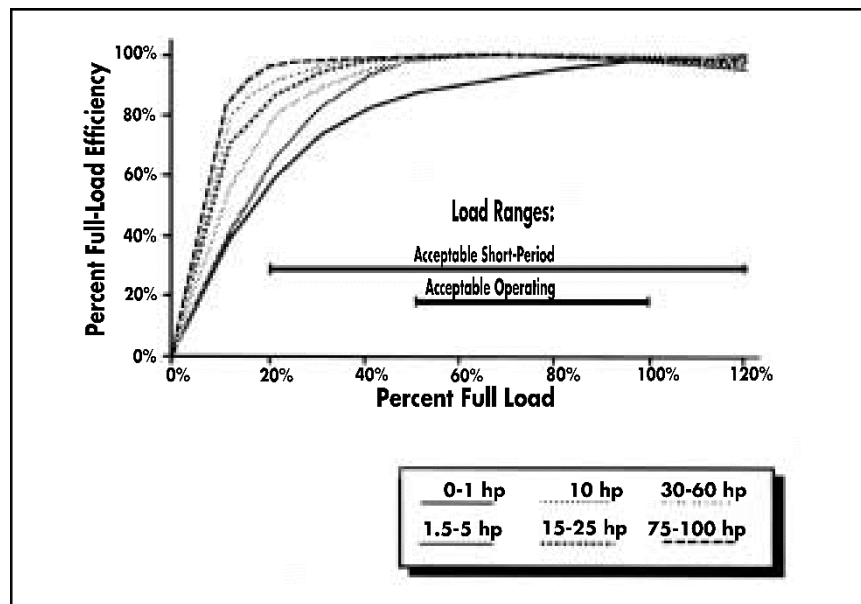


Figura 4.1: Curva de eficiencia para motores de distintas potencias.

Un motor se considera descargado cuando está en el rango donde la eficiencia cae significativamente con la carga. En la Figura 4.2 se muestra que el factor de potencia tiende a disminuir antes, pero menos abruptamente que la eficiencia, a medida que la carga disminuye.

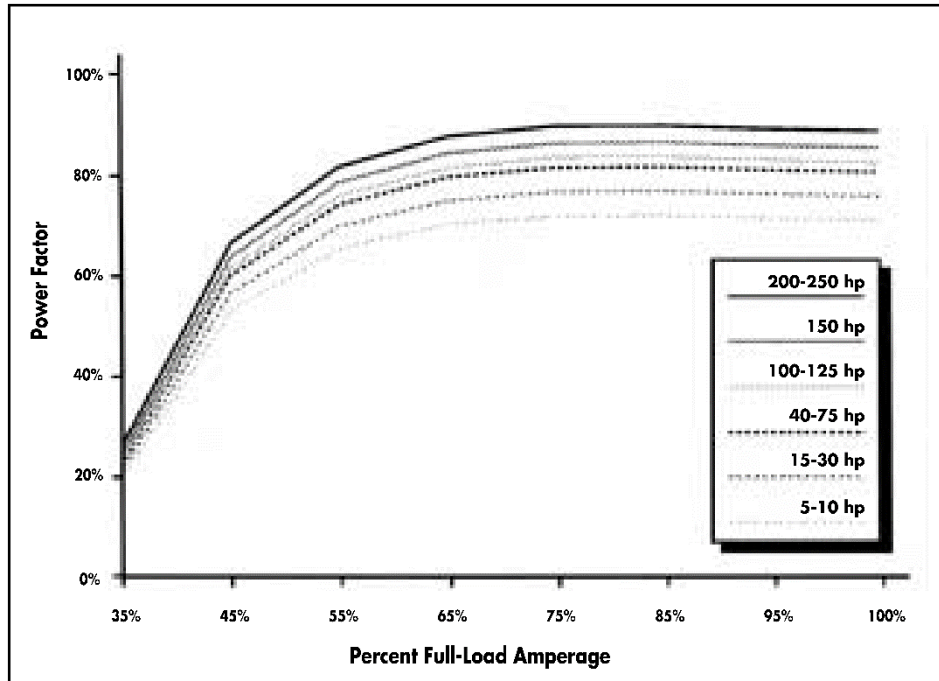


Figura 4.2: Curva del factor de potencia para motores de distintas potencias.

Los motores sobrecargados pueden sobrecalentarse y perder eficiencia. Sin embargo, muchos motores están diseñados con un factor de servicio que permite sobrecargas ocasionales. Este factor de servicio es un multiplicador que indica cuánto se puede sobrecargar un motor en condiciones ambientales ideales. Por ejemplo, un motor de 10 HP con un factor de servicio de 1,15 puede soportar una carga de 11,5 HP durante períodos cortos de tiempo sin sufrir daños importantes.

Aunque muchos motores tienen factores de servicio superiores a 1, hacerlo funcionar continuamente por encima de la carga nominal reduce la eficiencia y la vida útil del motor. No es una buena práctica operar el motor por encima de su carga nominal cuando la tensión está por debajo de la nominal o cuando el enfriamiento se vea afectado por la altitud, la temperatura ambiente alta o las superficies del motor sucias.

4.1 Determinación del Factor de Carga en planta.

No existe una metodología única de medición y cálculo para determinar el factor de carga de la máquina en servicio. Como hemos planteado al inicio, buscamos que el método a aplica sea lo menos invasivo posible, ya que el estudio se realiza sobre motores en constante operación, y no se pueden entorpecer los procesos productivos.

Se describen tres métodos para el cálculo del factor buscado.

- Medición de Potencia Activa consumida
- Medición de Corriente consumida
- Medición de Deslizamiento

4.1.1 Método de Potencia Activa

Este método consiste en la medición de potencia activa consumida por el motor. Para ello utilizaremos un vatímetro digital, con el cual, medimos corriente abrazando el conductor de una de las fases (por ej. Fase R) y luego con los electrodos del instrumento medimos la tensión entre dicha fase y neutro, como muestra la Figura 4.1.1.1, obteniendo la potencia activa de la fase elegida.

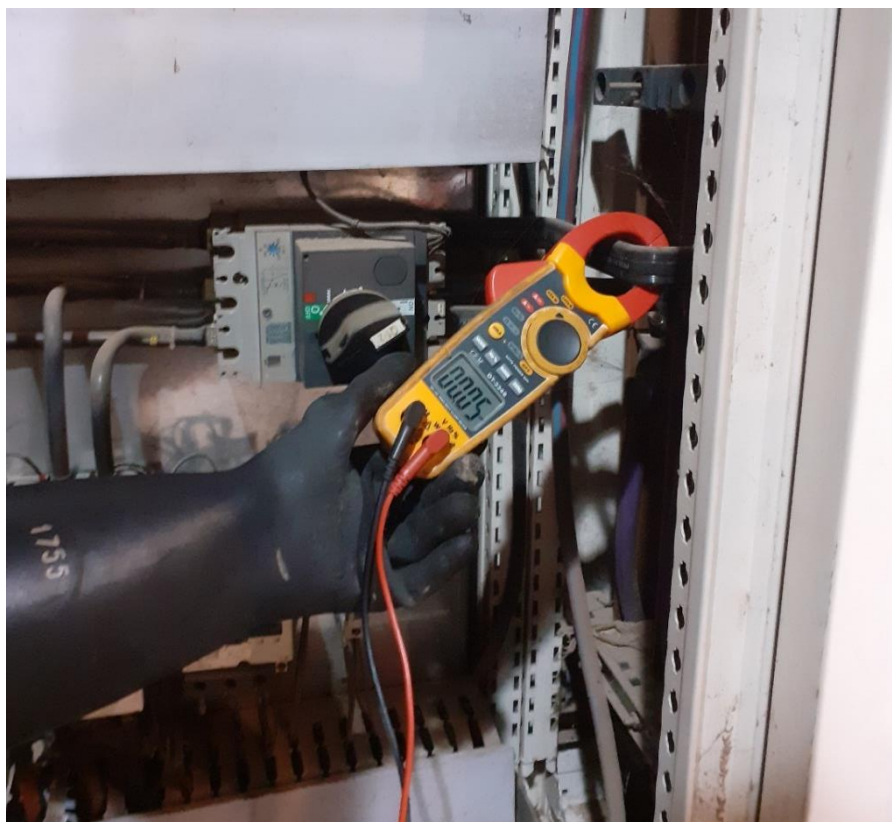


Figura 4.1.1.1: Medición de potencia activa.

Luego, repitiendo el procedimiento anterior para las fases restantes y considerando que se trata de un sistema trifásico equilibrado en tensiones, isofrecuencial y de cargas balanceadas, sumamos las tres potencias medidas obteniendo así la potencia activa trifásica total.

Una vez registrada esta medición y los datos de chapa de la máquina, podemos mediante la Ecuación 4.1.1.1 calcular la potencia eléctrica consumida por el motor en régimen nominal.

$$P_{el\acute{e}ctrica} = \frac{HP \times 0,7457}{n} \quad (4.1.1.1)$$

Donde:

$$\begin{aligned} P_{el\acute{e}ctrica} &= \text{Potencia activa nominal} \\ HP &= \text{Potencia mecánica nominal el eje de la máquina} \\ n &= \text{Eficiencia nominal de la máquina} \end{aligned}$$

Ahora, mediante la Ecuación 4.1.1.2 podemos obtener el Factor de Carga.

$$FC = \frac{P_{medida}}{P_{el\acute{e}ctrica}} \times 100\% \quad (4.1.1.2)$$

Donde:

$$\begin{aligned} P_{medida} &= \text{Potencia activa medida} \\ FC &= \text{Factor de Carga} \end{aligned}$$

De esta forma se determina el factor de carga mediante el método de potencia activa consumida. A continuación, se presenta el segundo método.

4.1.2 Método de Corriente

Este se basa en la medición de la corriente consumida por una de las fases de alimentación del motor. Este método, al igual que el de potencia activa consumida, es de mínima invasión ya que no es necesario interrumpir el normal funcionamiento de la máquina.

Como su nombre lo indica, consiste en medir la corriente de una fase que alimenta a la máquina como se muestra en Figura 4.1.2.1.



Figura 4.1.2.1: Medición de corriente.

Luego de registrar los datos de la medición y de chapa obtenemos el factor de carga mediante la Ecuación 4.1.2.1

$$FC = \frac{I_{medida}}{I_{nominal}} \times 100\% \quad (4.1.2.1)$$

Se recomienda este método de obtención del factor de carga cuando solo se dispone de un amperímetro o cuando no están accesibles los bornes para realizar la medición de tensión.

Además, debemos destacar que este método no es preciso cuando la máquina se encuentra levemente cargada, ya que, en los motores de inducción, la corriente consumida varía linealmente con respecto a la carga desde el 75% hasta el régimen nominal, y por debajo del 75% la curva de corriente se vuelve no lineal debido a que la corriente de magnetización representa un gran porcentaje de la corriente total, por lo que debemos descartar estas mediciones. Observar Figura 4.1.2.2.

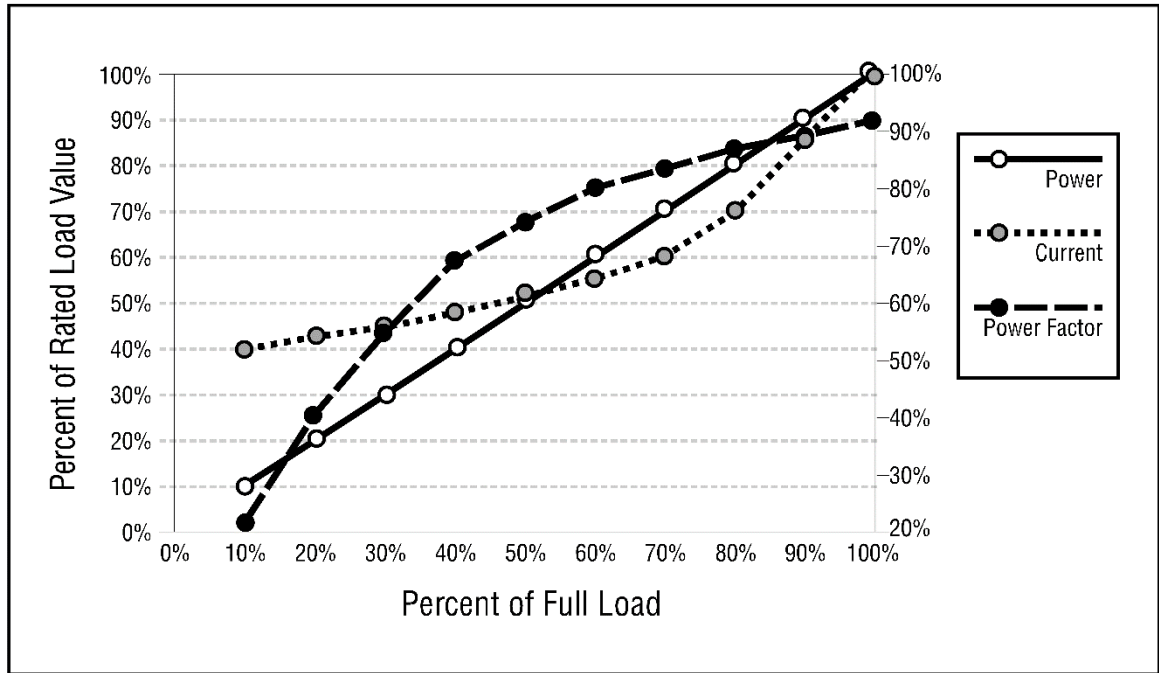


Figura 4.1.2.2: Relación entre Potencia, Corriente, Factor de Potencia y Carga del Motor.

4.1.3 Método del Deslizamiento

Por último, presentaremos el método del Deslizamiento el cual se recomienda para estimar el factor de carga de la máquina cuando solo se dispone de los medios para realizarlo. Ya que, en algunos casos, la disposición de la máquina no es favorable o el tacómetro que tenemos a nuestro alcance nos obliga a detener el proceso productivo.

Sabemos que la velocidad sincrónica de un motor de inducción depende de la frecuencia de la fuente de alimentación y del número de polos de la máquina, y el deslizamiento es la diferencia entre dicha velocidad sincrónica y la velocidad del motor, la cual disminuye a medida que la carga aumenta.

Conociendo la velocidad nominal en rpm, la cual se encuentra como dato en la chapa del motor y registrando la velocidad de giro medida, podemos obtener el Factor de Carga mediante la Ecuación 4.1.3.1.

$$FC = \frac{n_s - n_m}{n_s - n_n} \times 100\% \quad (4.1.3.1)$$

Donde:

$$\begin{aligned} n_s &= \text{Velocidad sincrónica [RPM]} \\ n_m &= \text{Velocidad medida en el eje [RPM]} \\ n_n &= \text{Velocidad nominal de la máquina [RPM]} \end{aligned}$$

A diferencia del método anterior, aquí el factor de carga obtenido es lineal con la variación de la carga en todo su rango y se muestra en la Figura 4.1.3.1

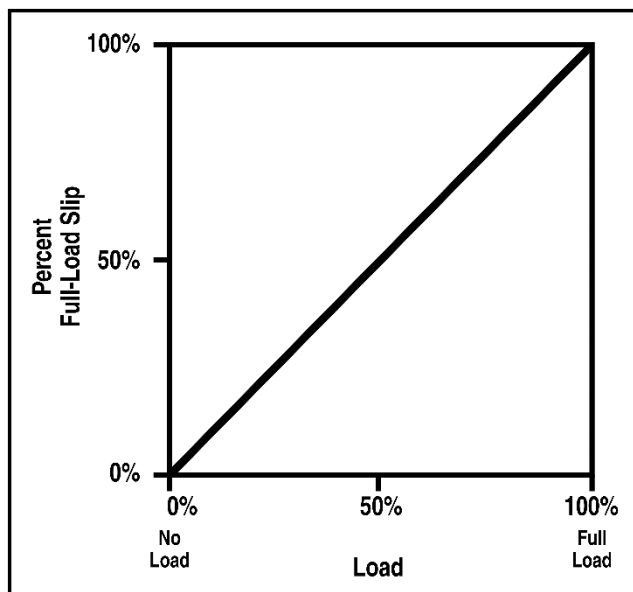


Figura 4.1.3.1: Porcentaje de Deslizamiento en función de la Carga del Motor.

El método de deslizamiento a menudo se ve favorecido debido a su simplicidad al tener que realizar solo una medición de velocidad y ventajas de seguridad debido a que no estamos expuestos a riesgos eléctricos, todo esto en el caso de utilizar un tacómetro con el cual no es necesario aplicar ninguna cinta adhesiva o marca al eje de la máquina. De lo contrario, será algo engorroso realizar la medición ya que será necesario parar el proceso productivo para marcar el eje, re energizar la máquina y realizar la correspondiente medición.

A pesar de la linealidad entre la carga y el porcentaje de deslizamiento que se representó en la Figura 4.1.3.1, la precisión del método de deslizamiento es limitada. La mayor incertidumbre se debe a que los fabricantes toman como referencia para sus informes de velocidad de carga completa en la placa de identificación una tolerancia del 20%. Dada esta amplia tolerancia, los fabricantes generalmente redondean sus valores de velocidad a plena carga a un múltiplo de 5 rpm. Si bien este valor es solo un pequeño porcentaje de la velocidad de carga completa y puede considerarse insignificante, el método de deslizamiento se basa en la diferencia entre la placa de identificación de carga completa y las velocidades sincrónicas. Dada una diferencia aparentemente menor a 5 rpm, provoca un cambio del 12% en la carga calculada.

Luego de haber presentado los tres métodos anteriores, con sus diferentes ventajas y desventajas a la hora de realizar las mediciones en campo o en la precisión del cálculo del factor de carga.

Optamos por descartar el método del deslizamiento, ya que no contamos con un instrumento de medición que nos permita realizar la misma sin detener la máquina. Esto genera un inconveniente a la hora de solicitar acceso a las distintas industrias, debido a que entorpeceríamos el normal funcionamiento de la planta.

En el caso de no disponer de un instrumento de medición de Potencia Activa, o no tener acceso para realizar la medición de tensión correspondiente al método, optamos por utilizar el método de medición de corriente mediante la utilización de una pinza amperimétrica. Siendo validas solo las mediciones en las que el factor de carga supere el 50%, y descartando el resto por lo desarrollado anteriormente.

El método de medición que mejor se adapta para el cálculo del factor de carga en motores de planta, y el que utilizaremos por excelencia será el método de “medición de potencia activa consumida”.

4.2 Determinación de la eficiencia a cargas parciales.

Una vez obtenido el factor de carga de la máquina que se encuentra instalada en planta con alguno de los métodos descriptos anteriormente, procederemos a realizar el cálculo de la eficiencia a carga parcial. Recordemos que Carga parcial es un término que se utiliza para describir la potencia real entregada por el motor en comparación con la capacidad nominal de carga del mismo.

Para realizar dicho cálculo se plantea la siguiente Ecuación 4.2.1:

$$\eta_{en\ carga} = \left[1 + \left(\frac{100}{\eta_n} - 1 \right) \times \frac{\frac{x}{f_c} + f_c}{x + 1} \right]^{-1} [\%]$$

(4.2.1)

Donde:

$$\begin{aligned} \eta_n &= \text{Eficiencia nominal del motor} [\%] \\ x &= \text{Coeficiente de relación entre pérdidas constantes y pérdidas variables} [RPM] \\ f_c &= \text{Factor de carga} \end{aligned}$$

Este coeficiente que relaciona las pérdidas constantes y las pérdidas variables de la máquina se calcula por medio de la Ecuación 4.2.2.

$$x = \frac{P_0}{\Delta P_1 - P_0} \quad (4.2.2)$$

Donde:

$$P_0 = \text{Pérdidas en vacío [W]} \\ \Delta P_1 = \text{Pérdidas totales con carga nominal [W]}$$

Las pérdidas totales a carga nominal se pueden calcular con la Ecuación 4.2.3.

$$\Delta P_1 = \left(\frac{100}{\eta_n} - 1 \right) \times P_n [W] \quad (4.2.3)$$

Si no es posible realizar un ensayo en vacío para calcular P_0 , se parte del cálculo de la potencia de entrada al rotor, P_{em} a partir de la Ecuación 4.2.4.

$$P_{em} = \frac{P_n}{1 - s_n} [W] \quad (4.2.4)$$

Donde:

$$P_n = \text{Potencia nominal de salida [W]} \\ s_n = \text{Deslizamiento nominal}$$

Se calculan las pérdidas en cobre nominales del rotor con la Ecuación 4.2.5.

$$P_{cu2} = \frac{P_n}{(1 - s_n)} \times s_n [W] \quad (4.2.4)$$

Asumiendo las pérdidas en el cobre del rotor iguales a las del estator se obtiene la Ecuación 4.2.5.

$$P_0 \approx \frac{P_n}{\eta_n} - \frac{P_n}{(1 - s_n)} - \frac{P_n \times s_n}{(1 - s_n)} [W] \quad (4.2.5)$$

Sustituyendo la Ecuación 4.2.5 y Ecuación 4.2.3 en la Ecuación 4.2.2, y reemplazando en la Ecuación 4.2.1, obtenemos la eficiencia a carga requerida.

Como es de esperar, este método analítico por el cual obtenemos el rendimiento en carga va a introducir un error ya que este no se realiza en condiciones óptimas de laboratorio. Es por esto que los valores obtenidos mediante este método, van a diferir de los valores reales declarados por los fabricantes en sus hojas de datos.

Para cuantificar el error que se introduce al aplicar la Ecuación 4.2.1, se calcula el rendimiento en carga utilizando dicha expresión, para luego se realiza la comparación entre los valores obtenidos y lo informados por los fabricantes.

Este análisis comparativo se realiza en motores de distintas potencias para distintos factores de carga, y se muestra en la Tabla 4.2.1.

Estimación de eficiencia para distintos estados de carga					
HP	RPM	Factor de Carga	Valor calculado	Valor Real	Error
4	2915	30%	75,65	80	5,43%
		50%	82,50	85	2,94%
		75%	85,76	86,5	0,86%
		100%	86,92	87,1	0,21%
12,5	1477	30%	80,98	86	5,84%
		50%	86,88	90	3,47%
		75%	89,78	91	1,34%
		100%	90,97	91,1	0,14%
30	1475	30%	87,52	90	2,76%
		50%	91,19	92,3	1,20%
		75%	92,70	93	0,32%
		100%	93,10	93,2	0,11%
50	1480	30%	88,57	91	2,67%
		50%	92,06	93,4	1,43%
		75%	93,55	94	0,48%
		100%	94,01	94,1	0,09%
75	2965	30%	88,64	91	2,59%
		50%	92,20	93,3	1,18%
		75%	93,78	94	0,24%
		100%	94,32	94,4	0,09%

Tabla 4.2.1: Estimación de eficiencia para distintos estados de carga.

A partir de los valores obtenidos en la tabla anterior, podemos observar como se acentúa el error a medida que el factor de carga disminuye, así como también este error se hace menor cuando aumenta la potencia de la máquina.

Es por esto, que consideraremos que el método de cálculo utilizado no es lo suficientemente exacto para los siguientes casos:

- Motores de potencia menor a 30HP, con factores de carga menores al 40%.
- Motores de potencia mayor o igual a 30HP, con factores de carga menores a 30%.

Otro aspecto a tener en cuenta a la hora de calcular la eficiencia real de trabajo de los motores, son las condiciones de trabajo en las que se encuentran los motores en planta, que por lo general son distintas a las empleadas por los fabricantes para confeccionar las hojas de datos normalizadas.

Por lo cual, se realizan correcciones mediante la aplicación de los siguientes factores, los cuales tienen en cuenta las variables que afectan a la eficiencia de chapa.

- Tensión de alimentación distinta a la nominal: La corrección es válida para tensiones inferiores a 110% de la tensión nominal, por lo que no se considera el fenómeno de saturación magnética del motor. Para motores que operen con tensión de alimentación distinta a la nominal utilizaremos como factor de corrección K_v , al expresado en la Ecuación 4.2.6.

$$K_v = \frac{1}{n_0 + (1 - n_0) \cdot \left(1 + 0,6 \cdot \left[\left(\frac{V_n}{V_a} \right)^2 - 1 \right] - 0,2 \cdot \left[1 - \left(\frac{V_a}{V_n} \right)^2 \right] \right)} \quad (4.2.6)$$

V_a = Tensión de alimentación

V_n = Tensión nominal

- Número de rebobinados del motor. El rendimiento se reduce entre un 1% y 2% cada vez que se rebobina el motor. El factor correspondiente se expresa en la Ecuación 4.2.7.

$$K_r = 0,985^{N_r} \quad (4.2.7)$$

N_r = Número de rebobinados

- Temperatura ambiente: Existe, un factor de corrección que depende de la temperatura ambiente en la instalación, siendo este igual a uno cuando la temperatura es de 40°C. Por lo tanto, el no considerar este factor es equivalente a asumir que la temperatura ambiente durante las mediciones es de 40°C. Dicho factor se deberá incluir si la diferencia de temperatura es significativa.
- Altura: Este depende de la altura a la cual se encuentra la instalación, ya que afecta al desempeño de la máquina; al encontrarnos en una altura cercana a la del nivel del mar no vamos a considerarlo.

Afectando a la eficiencia de los motores en carga por los factores anteriormente nombrados, obtenemos la eficiencia corregida. La cuál se expresa en la Ecuación 4.2.8.

$$\eta_{corregido} = Kv \cdot Kr \cdot \eta_{en\ carga} \quad (4.2.8)$$

5. MOTOR DE INDUCCIÓN DE ALTA EFICIENCIA

El alto costo de la energía eléctrica sumado al compromiso creciente con el cuidado del medio ambiente ha aumentado el interés por la mejora en la eficiencia de las máquinas eléctricas, puntualmente en el motor de inducción que representa el 40% de la demanda total de los sistemas eléctricos de potencia modernos.

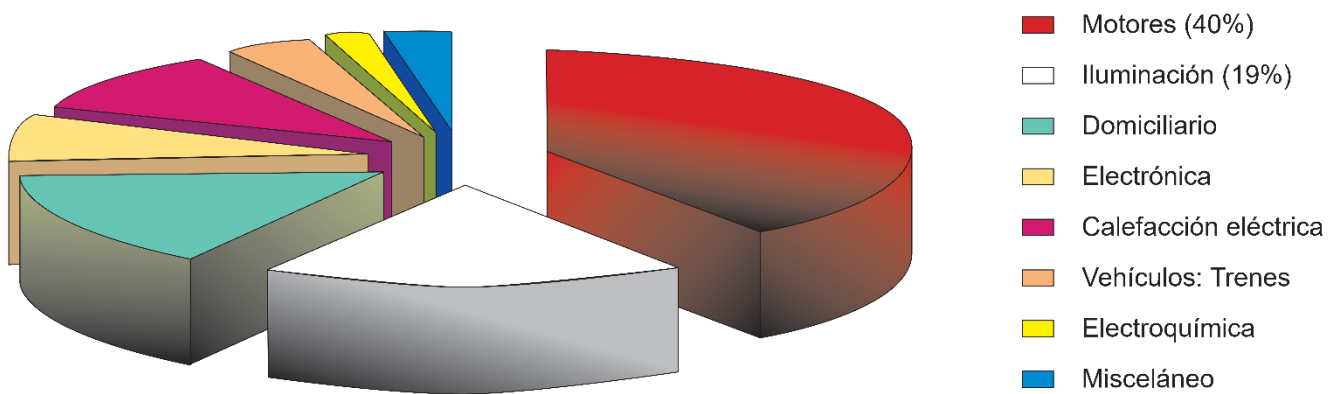


Figura 5.1: Uso mundial de la electricidad.

La eficiencia, como ya se ha tratado en apartados anteriores, puede definirse como la relación entre la potencia mecánica de salida y la potencia eléctrica de entrada. No toda la potencia eléctrica se transforma en potencia mecánica debido a que entre la entrada y la salida se producen pérdidas, la cuales se buscan reducir en los motores de alta eficiencia.

La eficiencia de los motores se clasifica en distintas categorías dispuestas por la Norma IEC 60.034, replicada en Argentina como Norma IRAM 62.405 (Figura 5.2). Se definen 4 clases de eficiencia, IE0, IE1 (eficiencia estándar), IE2 (alta eficiencia) e IE3 (eficiencia premium), aplicada para motores de potencias de entre 0,75 kW y 90 kW. A su vez, actualmente se encuentran en desarrollo motores de nuevas tecnologías de muy alta eficiencia, los que se categorizan como clases IE4 e IE5.



Figura 5.2: Etiqueta Norma IRAM 62.405

La utilización de motores más eficientes, lleva consigo un menor gasto de la energía eléctrica. Por lo cual se deben analizar la cantidad de horas al año que se lo utilizará, para así realizar un análisis técnico-económico inicial. La subsecretaría de Ahorro y Eficiencia Energética de Argentina recomienda que, si se utilizará un motor más de 2000 horas al año, debemos adquirir un IE3, y si lo utilizamos menos de 2000 al año como mínimo se recomienda un motor con eficiencia IE3 o IE2. Para expresar esto en forma gráfica podemos ver la Figura 5.3 donde se puede ver que el costo de la energía representa el mayor gasto en la vida útil del motor de inducción.

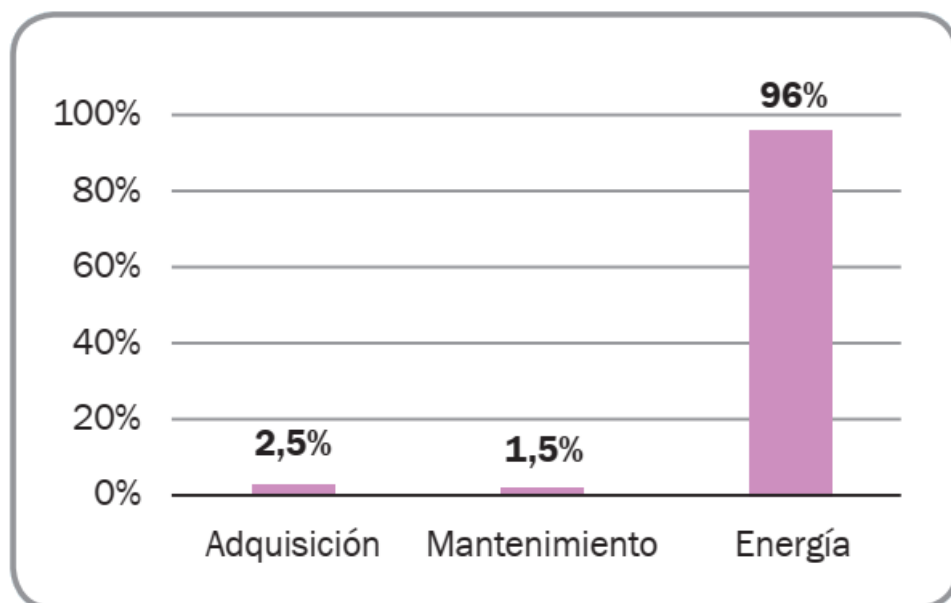


Figura 5.3: Costos de la vida útil de un motor

En cuanto al aspecto técnico los motores de alta eficiencia también poseen varias ventajas respecto de los convencionales. Podemos observar en la Figura 5.4 y Figura 5.5 distintas curvas características en función de la potencia para dos motores de 10 HP con distintas eficiencias.

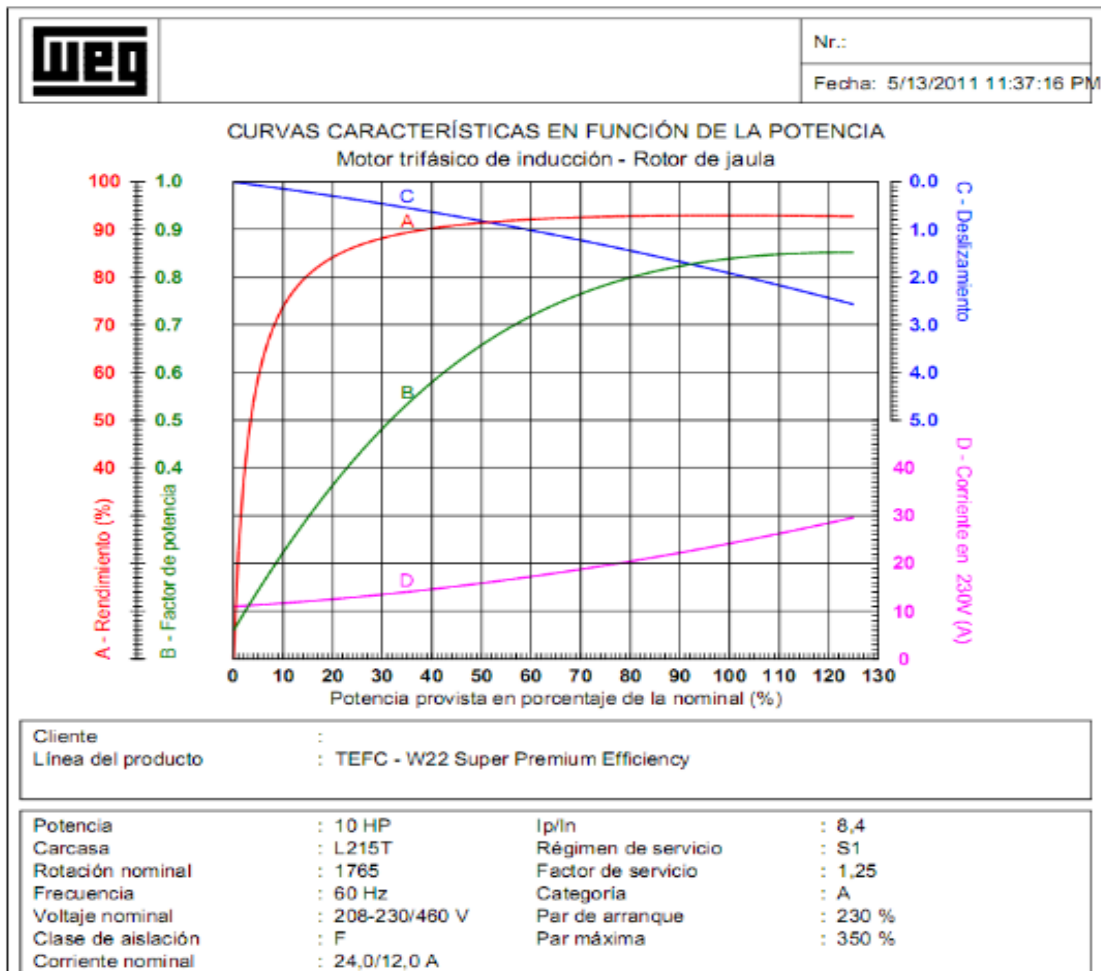


Figura 5.4: Características técnicas motor standard.

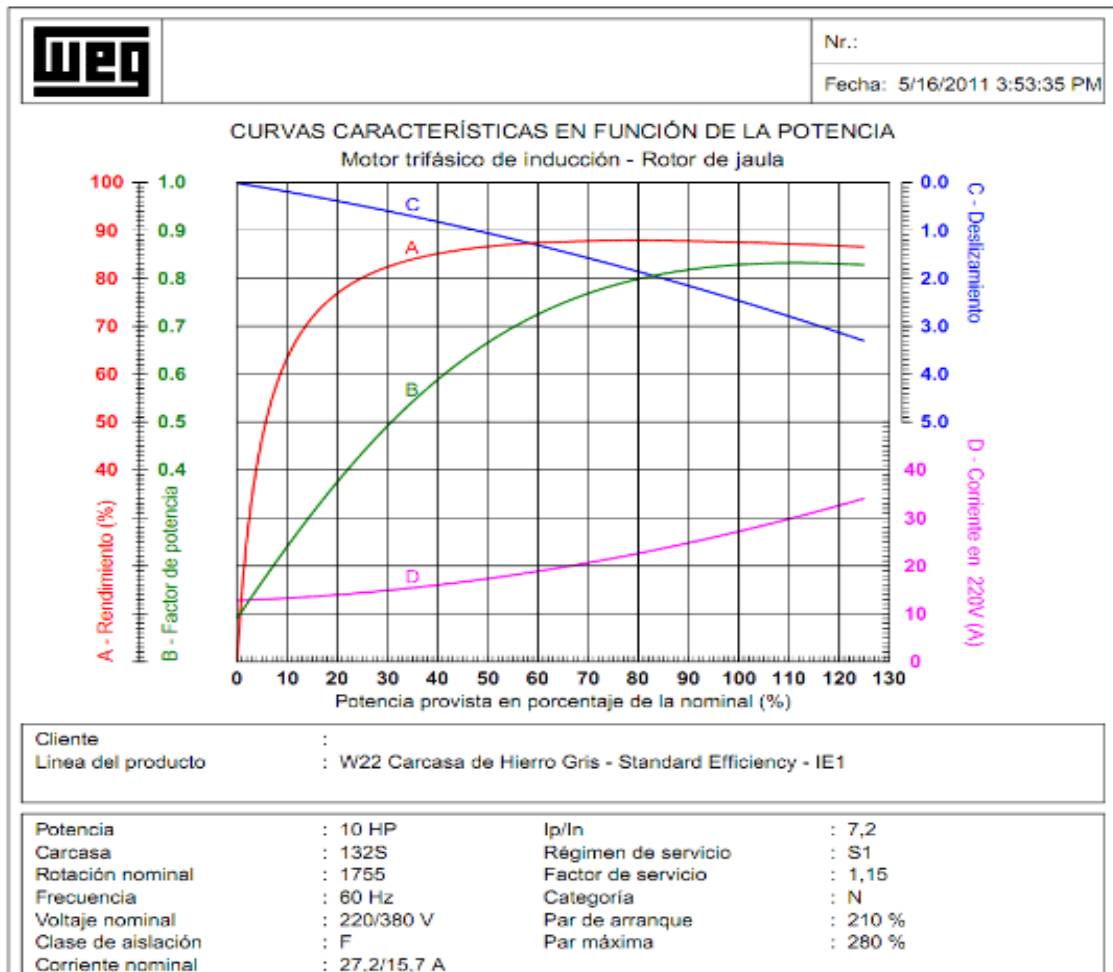


Figura 5.5: Características técnicas motor eficiencia premium.

Observamos para el motor de alta eficiencia, que el rendimiento es mayor y constante en cercanías de la potencia nominal, además se ve una mejora en el factor de potencia. En cuanto al deslizamiento vemos que es menor, lo cual explica la disminución de pérdidas en el rotor.

Estas curvas características en conjunto con todos los datos brindados por los fabricantes en las hojas de datos, son de gran importancia a la hora de comparar los distintos motores que hay en el mercado y no debemos solamente enfocarnos en los datos típicos como lo son la potencia, tensión, corriente nominal, etc.

5.1 Incremento de la eficiencia en los motores de inducción

El incremento de la eficiencia en los motores asincrónicos se obtiene con la reducción de sus pérdidas. Según aumenta la potencia de salida y en consecuencia la eficiencia nominal, también aumenta el grado de dificultad y el costo para mejorar la eficiencia de un motor, logrando reducir las pérdidas hasta un promedio de 50%. Las mejoras de diseño en la mayoría de los motores de alta eficiencia son:

En cuanto a las pérdidas en el estator, las mismas se disminuyen aumentando el área disponible en las ranuras, lo que permitirá aumentar la sección de los conductores. Además, una variación en la configuración del devanado puede llevar a disminuir la longitud de las cabezas de bobinas y en consecuencia la resistencia del bobinado. También, minimizando el espacio del entre hierro se tiene una menor oposición para el campo magnético, lo cual hace que se necesite una menor corriente en el estator para generar el mismo campo disminuyendo las pérdidas por efecto Joule.

Las pérdidas en el rotor pueden disminuirse aumentando la cantidad de material conductor y mejorando la conductividad del mismo, haciendo hincapié en la unión entre las barras y los anillos cortocircuitados.

Las pérdidas ferromagnéticas se minimizan mejorando la calidad de la chapa magnética utilizada y disminuyendo el espesor de las mismas, lo cual nos permitirá trabajar a inducciones más bajas. Estos cambios realizados disminuyen el área encerrada por la curva de histéresis.

Actuando sobre el sistema de refrigeración, compuesto por ventilador, tapa deflectora y carcasa del motor se logra proporcionar una excelente disipación de calor, disminuyendo las pérdidas mecánicas y además permitiendo operar a temperaturas reducidas que no llevan hasta sus límites al material de aislamiento.

Para el caso de la carcasa, la cual tiene un papel crucial en el rendimiento térmico al ser la responsable de transferir el calor generado en el interior del motor a la superficie, algunas de las modificaciones de diseño pueden ser un cambio en la ubicación de los cáncamos de manera que no bloqueen el flujo de aire que pasa por las aletas y también por medio de la posición de la caja de conexiones. La cantidad y la distribución de las aletas tienen también un gran impacto sobre el rendimiento de la disipación de calor.

Por último, implementar rodamientos sellados y sistemas eficientes de lubricación que ayudan a disminuir las pérdidas por fricción.

6. ESTUDIO TÉCNICO-ECONÓMICO Y AMBIENTAL

Para realizar este estudio, se han llevado a cabo relevamientos en industrias de la ciudad de Rosario, Carcarañá, Armstrong y Alejo Ledesma.

Con el objetivo de estudiar en qué condiciones de operación se encuentran los motores de inducción instalados en dichas industrias, analizando su diseño, las horas de funcionamiento, la antigüedad del equipo y la eficiencia de los mismos.

Como ya vimos en capítulos anteriores, los motores de inducción presentan un menor factor de potencia y una menor eficiencia cuando trabajan muy por debajo de su potencia nominal, es decir, cuando se encuentran sobre dimensionados. Un parámetro que nos muestra la relación entre potencia nominal y carga accionada, es el factor de carga, el cual obtenemos mediante el método de medición de potencia activa consumida (Ecuación 4.1.1.2) o el método de medición de corriente (Ecuación 4.1.2.1).

Una vez obtenida esta medición, completamos nuestra planilla de relevamiento con los datos de chapa de los motores y los valores medidos.

Luego, estos datos se cargan en planillas de cálculo que se mostrarán mas adelante, en las cuáles se obtienen los valores de eficiencia a cargas parciales utilizando la Ecuación 4.2.1.

A partir de los resultados de la tabla “Rendimiento de máquina al factor de carga medido” realizamos el cálculo de ahorro energético. El cual se desarrolla a continuación.

6.1 Criterios y Escenarios para el Ahorro Energético

A la hora de analizar el ahorro energético que significa la utilización de motores de alta eficiencia ante los de menor, debemos tener en cuenta que ambas máquinas van a estar funcionando bajo las mismas condiciones, las cuales se presentan a continuación.

1. Potencia de la máquina: potencia mecánica en el eje de la máquina, en kW o Hp. Este es el dato de chapa, el cual, afectado por la eficiencia nos dará como resultado el consumo nominal.
2. Tiempo de utilización: es el tiempo en el cual estará la máquina en funcionamiento.
3. Factor de carga: indica el porcentaje de la capacidad del motor que está siendo utilizado. Los fabricantes de motores eléctricos reportan en sus

manuales técnicos la eficiencia del motor en porcentajes del 100%, 75%, 50% y 25% de factor de carga. El mismo nos informa acerca del sub o sobre dimensionamiento de la máquina, que para nuestro estudio tomaremos como motor sub dimensionado a aquel que tenga un factor de carga menor a 65%. En estos casos, se planteará el redimensionamiento de la máquina.

4. Eficiencia: puede definirse como la relación entre la potencia mecánica de salida y la potencia eléctrica de entrada. Se definen 4 clases de eficiencia, IE0, IE1 (eficiencia estándar), IE2 (alta eficiencia) e IE3 (eficiencia premium), aplicada para motores de potencias de entre 0,75 kW y 90 kW.

Teniendo en cuenta estos 4 factores podemos intuir que los motores con baja eficiencia, muchas horas de uso, alto factor de carga y potencia requerida, van a producir un mayor ahorro energético al ser reemplazados por motores de eficiencia premium. Según nuestro criterio, un buen factor de carga se encuentra entre el 75% y el 100% de la carga nominal del motor.

El criterio de selección de los motores a reemplazar se hará de forma particular para cada planta. Teniendo en cuenta los siguientes escenarios:

- Recambio de la totalidad de los motores de inducción de baja eficiencia.
- Recambio de los motores de inducción de baja eficiencia con factores de carga inferiores a 65%. En estos casos se readecuará la potencia nominal de la máquina para la carga que acciona, para elevar dicho factor de carga y
- Recambio de los motores de inducción con potencia nominal menor a determinado valor.
- Recambio de los motores de inducción con potencia nominal mayor a determinado valor.

Cada escenario en particular tiene un determinado objetivo. Así como en el primer caso se plantea llevar a cabo una actualización de la totalidad de los motores aumentando su eficiencia a IE3 y redefiniendo la potencia nominal en los casos que lo ameriten, para el segundo caso solamente se plantea el recambio de los motores que tengan un bajo factor de carga, manteniendo al resto de las máquinas en sus condiciones actuales de funcionamiento.

Para los últimos dos escenarios, se busca analizar el impacto que generaría cambiar únicamente motores que se encuentren en determinados rangos de potencia

y así poder evaluar si los motores de mayor potencia son los que producirán un mayor beneficio económico-ambiental que los de menor o viceversa.

6.2 Ahorro Energético

Una vez planteado cada escenario, para cada planta en particular, procederemos a calcular el ahorro energético que significará el recambio de ciertos motores por unos de mayor eficiencia, a partir de la Ecuación 5.2.1.

$$RD = P_0 * FC * \left(\frac{1}{e_{est}} - \frac{1}{e_{EP}} \right) \quad (5.2.1)$$

Donde:

RD: Reducción de la demanda debido al aumento de la eficiencia [kW]

P₀: Potencia nominal [kW]

FC: Factor de carga [%]

e_{est}: Eficiencia de un motor estándar al factor de carga en operación [%]

e_{EP}: Eficiencia de un motor de eficiencia premium al factor de carga en operación [%]

Luego mediante la cantidad de horas que la máquina se encuentra funcionando durante un año (teniendo en cuenta solo días laborables), obtenemos la Energía Ahorrada en ese período.

$$\text{Energía Ahorrada [kWh]} = RD \text{ [kW]} \times \text{Horas en funcionamiento [h]}$$

6.3 Impacto Ambiental

Inicialmente, se define al impacto ambiental como la alteración, modificación o cambio en el ambiente, o en alguno de sus componentes de cierta magnitud y complejidad originado o producido por los efectos de la acción o actividad humana.

En lo que respecta a motores eléctricos, su impacto ambiental se debe principalmente a los métodos utilizados para generar la energía eléctrica que estos necesitan para transformarla en energía mecánica.

Por lo cual, dependiendo del tipo de combustible utilizado en las centrales de generación de energía eléctrica, se obtendrán distintos niveles de emisión de gases de efecto invernadero. Una manera fácil de cuantificar este efecto sobre el medio ambiente, es expresar la cantidad de toneladas de CO₂ que se emiten por cada kWh generado. En la Argentina más del 60 % de la generación proviene de combustibles

fósiles (gas natural, fuel oil, gas oil), lo que deja en claro el gran nivel de emisiones del parque generador, pudiendo disminuir las mismas mediante el aumento de centrales de energía renovables. Por otra parte, desde el lado de los grandes consumidores o usuarios finales podemos emplear una medida más efectiva, la cual se enfoca en el concepto de aumento de la eficiencia energética, logrando los siguientes resultados:

Ayudando a los sistemas de potencia a gastar menos en nuevas inversiones para incrementar su capacidad de generación de energía, aumentando la capacidad de las líneas debido a la disminución de pérdidas.

Este aumento en la eficiencia energética, significa para el usuario final un menor costo en la factura de energía eléctrica, aumentando el poder adquisitivo de las personas y ofreciendo una mayor competitividad para las empresas.

Estos productos energéticamente eficientes significan una menor emisión de CO₂, lo que ofrece un impacto rápido y significativo en los objetivos globales de cambio climático. Lo que nos lleva a estudiar en detalle a la carga que representa más del 50% de la energía consumida en el sistema de potencia, el motor de inducción.

A continuación, presentamos datos del estudio anual “Cantidad de emisiones de CO₂ que resulta de la producción de una unidad de energía eléctrica” realizado por la Secretaría de gobierno de energía de la República Argentina. En dicho estudio, con el objetivo de estimar la emisión de CO₂ a la atmósfera, se consideraron las centrales de térmicas integradas al SADI (administradas por CAMMESA y de generación precaria) y, específicamente, el volumen de combustible utilizado por éstas, por máquina, para la generación de electricidad en el año 2018. Se desarrolló una metodología que consistió en calcular la emisión de cada central, de acuerdo al volumen de combustible, según tipos, los cuales fueron calculados por factores de emisión según correspondiera. A estos valores, por central, se les asignó una georreferenciación, a partir de la cual se elaboró una representación cartográfica

Se consideraron 266 centrales que integran el SADI las cuales se discriminaron por tipo de tecnología de las máquinas que operan en las mismas: Diesel (DI), Turbo

Gas (TG), Turbina Vapor (TV), Ciclo combinado (CC). En la Figura 6.3.1 se muestra una ilustración de las distintas centrales nombradas conectadas a la red.



Figura 6.3.1: Ilustración básica de un sistema eléctrico.

Cabe aclarar que corresponde a cada tecnología un tipo de combustible utilizado para la generación de energía eléctrica. Las máquinas de las centrales consideradas utilizan como insumo: Fuel oil (FO), Gas oil (GO), Gas Natural (GN), Carbón Mineral (CM).

En este estudio, se obtuvieron los volúmenes de combustible total por central, por tipo, por año, y se los afectó por un factor de emisión, este factor se define como un valor representativo que intenta relacionar la cantidad de contaminante emitido a la atmósfera con una actividad asociada a la emisión del contaminante, en este caso la generación de energía eléctrica. Estos factores son usualmente expresados como la masa del contaminante dividido por una unidad de peso, volumen, distancia o duración (EPA, 2015b). Esta metodología utiliza los siguientes factores de emisión definidos anualmente, los cuales se presentan en la Tabla 6.3.1

Factor de Emisión			
Gas Natural $\frac{tCO_2}{dam^3}$	Fuel Oil $\frac{tCO_2}{t}$	Gasoil $\frac{tCO_2}{t}$	Carbón $\frac{tCO_2}{t}$
1.936	3.127	3.186	2.441

Tabla 6.3.1: Factores de emisión según combustible.

Estos parámetros los utilizaremos para calcular la cantidad de emisiones de CO_2 por cada central, de acuerdo a la cantidad y el tipo de combustible utilizado por cada una de ellas.

$$ECO_2 = Fe \times Vcomb$$

Donde:

ECO_2 : Emisión de CO_2 en ton de CO_2 equivalente

Fe : Factor de emisión en ton de CO_2

V : Volumen anual de combustible

De la página de CAMMESA extraemos la cantidad de combustible quemado y la energía generada por cada una de las centrales que componen al SADI. Con estos datos podremos entonces obtener un valor en $\frac{Tn \times CO_2}{MWh}$ que nos da claridad para analizar la cantidad de toneladas de CO_2 emitidas por los distintos tipos de tecnologías y combustibles utilizados para la generación de energía eléctrica. En el ANEXO 1 se muestran las tablas empleadas por CAMMESA para realizar el cálculo de las emisiones que producen cada uno de los generadores. Para esto, se utilizan los datos de energía generada de cada central, la cantidad y tipo de combustible utilizado para generar dicha energía, y los datos expuestos en la Tabla 6.3.1. Luego con estos registros se calcula la cantidad de emisiones generadas por cada central, y así poder calcular las emisiones liberadas al medio ambiente por cada central. Este, es un valor muy importante, ya que podemos realizar la comparativa de que centrales producen más emisiones por cada MWh generado. Dicho valor tiene muchas causas por las cuales varia, pero entendemos que las principales causas son, el tipo de central (Ciclo combinado, Turbina de vapor, Turbina de Gas, etc.), el tipo de combustible empleado para la generación y también del rendimiento de los generadores. Después relacionando la totalidad de las emisiones con la suma de la energía generada, obtenemos el factor de emisión buscado.

			Consumo de combustible		Emisiones por tipo de combustible (Tn)			
Central	Generación [MWh]	Tecnología	Gas natural [dam ³]	Gas oil [m ³]	Gas natural [dam ³]	Gas oil [m ³]	Total de emisiones	Emisiones por MWh
MATHEU III ARAUCARIA ENERGY	2934183	TG	414164	26524	806874	71540	878413	3,34
LUJÁN ARAUCARIA ENERGY	14364	TG	55582		108284		108284	0,13
LAS VICUÑAS	3381	DI	898			2422	2422	1,40

			Consumo de combustible		Emisiones por tipo de combustible (Tn)			
Central	Generación [MWh]	Tecnología	Gas natural [dam ³]	Gas oil [m ³]	Gas natural [dam ³]	Gas oil [m ³]	Total de emisiones	Emisiones por MWh
EÓLICO VILLALONGA GENNEIA	23082	EO	-	-	-	-	-	0

Tabla 6.3.2: Extracto de tabla de Anexo 1.

Del ANEXO 1 vemos que cuando las centrales térmicas queman gas oil en lugar de Gas natural, aumentan las emisiones de dióxido de carbono. De todas formas, es inevitable la utilización de gas oil, ya que el uso los combustibles está influenciado por la época de año en la que nos encontremos. En épocas invernales se prioriza el abastecimiento del gas natural para consumo residencial, restringiendo la quema en centrales de generación.

También, en ANEXO 1 observamos que se incluyen las centrales que no emiten dióxido de carbono a la atmosfera, como pueden ser parques eólicos, parques fotovoltaicos, complejos hidroeléctricos, y demás tecnologías renovables. Teniendo en cuenta las centrales nombradas anteriormente, y las responsables de la emisión de CO_2 hacia la atmosfera, CAMMESA realiza un promedio de las emisiones calculadas en cada central. En el año 2018 el resultado de este valor fue $0,412 \frac{Tn*CO_2}{MWh}$, el cual usaremos de referencia de aquí en adelante. Este es un valor clave que indica la incidencia del parque generador en las emisiones de CO_2 a la atmosfera. También podemos ver, que, si continúa la tendencia de instalar centrales sin emisiones de dióxido de carbono, se reflejará en una disminución del promedio de las emisiones del CO_2 del parque generador. Por último, este valor puede utilizarse para comparar los niveles de emisiones entre los distintos sistemas de potencia.

6.4 Análisis Económico

El estudio está enfocado en la inversión de dinero para el recambio de motores de baja eficiencia presentes en las plantas industriales, por motores de alta eficiencia. El beneficio que esta inversión busca obtener, está en el ahorro de energía que produciría el reemplazo de estas máquinas, al disminuir su consumo y por lo tanto disminuir la tarifa eléctrica.

Para poder llevar a cabo dicho análisis se presentan los conceptos que vamos a utilizar en el estudio económico del presente proyecto. Es importante saber que el valor

del dinero va cambiando con el tiempo, y mientras más largo sea este mayor será la disminución de ese valor. Dicha disminución está relacionada con la inflación, que se puede definir como el aumento generalizado y sostenido de los precios de un bien o servicio en un país durante un periodo de tiempo. Cuando los precios en general suben, con cada unidad monetaria (por ejemplo, pesos), se podrán adquirir menos bienes y servicios. Es decir, que la inflación refleja entonces la disminución del poder adquisitivo de la moneda en cuestión. Para medir el aumento de la inflación se utilizan índices, que reflejan el crecimiento porcentual de una canasta de bienes ponderada.

De aquí se desprende un concepto útil para los inversores, los cuales exigirán una suma determinada en concepto de retorno recibido por invertir su dinero, denominado interés. Este, es el valor absoluto que surge de multiplicar el capital invertido por una determinada tasa de interés. Si se tiene un capital invertido de \$10.000 a una tasa de interés del 30%, el interés será de \$3000.

También existe una actualización, que consiste en convertir un valor futuro en su equivalente al momento presente. Mediante una operación de este tipo podemos, conocer el capital que habrá generado cierto monto en el futuro, a una determinada tasa de interés. En ese caso, actualizar el monto de dinero obtenido al final de la operación implica “extraer” el interés que fue generando el capital invertido a lo largo del tiempo, partiendo del monto que se obtiene al final de la operación (valor futuro) y llegando al capital invertido inicialmente (valor actual).

Las operaciones de actualización, y, específicamente, los criterios de evaluación de proyectos que consideran el valor del dinero en el tiempo, requieren el establecimiento de una tasa de interés que será utilizada como tasa de descuento. La tasa de descuento es una tasa de referencia utilizada para tomar decisiones de inversión y representa el costo de oportunidad del capital: así como una empresa debe considerar el costo de oportunidad del galpón ocioso que desea utilizar en el proyecto, el inversor debe considerar el costo de oportunidad del dinero que tiene intenciones de invertir en el proyecto.

El costo de oportunidad del capital es la rentabilidad a la que está renunciando el inversor por invertir en el proyecto que se está evaluando, en vez de invertir en una alternativa comparable.

Un ejemplo, para comprender mejor los conceptos es: en el caso del galpón, la empresa debe considerar si es conveniente utilizar el galpón en el proyecto, o como alternativa podría recibir dinero por el alquiler del mismo.

El costo de oportunidad del capital, entonces, es el mínimo retorno que exige el inversor por invertir su dinero. Así, por ejemplo, el inversor puede decidir que invertirá en un determinado proyecto sólo si éste, como mínimo, genera una ganancia del 15%. Esto quiere decir que el inversor tiene la posibilidad de invertir su dinero en una alternativa que rinde el 15% y sólo renunciará a invertir en dicha alternativa si encuentra otra que le ofrezca una rentabilidad mayor. En caso de que el proyecto estuviera financiado en parte con préstamos de terceros, la tasa de descuento será un promedio ponderado del costo de oportunidad del capital propio y el costo de la deuda. En este caso, el costo de la deuda estará representado por la tasa de interés exigida por los acreedores, es decir, la tasa de interés del préstamo.

6.4.1 Flujo de caja.

Primero, definimos al flujo de caja como la diferencia entre el dinero que entra y sale de caja (cobros y pagos) en un período de tiempo determinado. Este es un parámetro importante, ya que la evaluación del proyecto se determinará teniendo en cuenta los resultados obtenidos en el flujo de caja.

Existen diferentes fines asociados a la construcción de un flujo de caja, entre los cuales se encuentran: medir la rentabilidad del proyecto, medir la rentabilidad de los recursos propios y además en el caso de no contar con capitales propios medir la capacidad de pago frente a los préstamos.

Debemos tener en cuenta si la inversión es autofinanciada por las empresas analizadas, o si se necesitará una inversión de terceros. En el caso de que el recambio de motores sea autofinanciado será necesario comparar con el interés derivado de inversiones alternativas con igual riesgo. De otro modo, si se necesita de inversión de terceros, consideraremos los costes derivados del pago de intereses.

6.4.2 Elementos del flujo de caja.

Los elementos que componen el flujo de caja son los siguientes:

- **Egresos iniciales:** Es el total de la inversión inicial que se requiera para la puesta en marcha del proyecto.

- Ingresos y egresos de operación: Todos los flujos de entrada y salida de caja.
- El momento en el que ocurren estos ingresos y egresos: aquí se reflejan los momentos de los ingresos y egresos desde el momento que se inició con la evaluación del proyecto.
- El valor de desecho o salvamento de proyecto: es el valor estimado que se le paga a un propietario cuando el activo se vende al final de su vida útil y se utiliza para determinar su depreciación anual

En el caso de nuestro proyecto vamos a considerar a los egresos iniciales de fondo, es decir, el costo inicial que surge de la cantidad de motores a cambiar sumado al costo de instalación de cada uno de ellos. Como ingresos de operación consideraremos el ahorro en la tarifa eléctrica, debido a la disminución del consumo de energía que da como resultado dicho recambio, y además el ahorro en mantenimiento que se considera al instalar un motor más eficiente. A este último se lo calculará de acuerdo a la cantidad de jornadas de trabajo necesarias, dependiendo de la potencia y la cantidad de motores de cada escenario. De esta manera obtendremos el ahorro en mantenimiento por cada año, el cual será afectado por la inflación considerada en este estudio.

A la hora de considerar los ingresos, debemos aclarar que el precio de la energía estará dolarizado y a su vez afectado año a año por una inflación del 5%.

En nuestro análisis, tomaremos como tiempo de evaluación económica a la vida útil esperada de un motor de inducción, la cual es de 15 años. Por lo cual todos los cálculos realizados tendrán un horizonte de esa magnitud.

6.4.3 Criterios de evaluación de proyectos.

A continuación, vamos a analizar el método de Valor Actual Neto (VAN), el cual consiste en actualizar los flujos de fondos del proyecto y descontarlos a una determinada tasa de interés (que represente el costo del capital), para obtener su equivalente en el presente y comparar dicho valor con el valor de la inversión. Es decir, se comparan los ingresos y egresos del proyecto en un solo momento del tiempo. Esto se realiza siguiendo la Ecuación 6.4.3.1.

$$VAN = \sum \frac{FN - I}{(1 + i)^n}$$

(6.4.3.1)

Donde:

FN: flujo de caja neto de cada año
I: inversión inicial
i: tasa de interés
n: número de períodos

La tasa de interés (i) que se toma para el VAN es igual a X y se considera que la inversión es hecha por los propietarios de la planta sin recurrir a financiamiento externo.

Con esta metodología, un proyecto es aceptado si la sumatoria de los flujos de fondos descontados a la tasa mínima aceptable supera al monto de la inversión. Esto se resume a lo siguiente:

Si el VAN > 0, el proyecto deberá ser aceptado

Si el VAN < 0, el proyecto deberá ser rechazado

Un VAN positivo significa que el proyecto en evaluación supera a las ganancias que el inversor está exigiendo (tasa de interés) para invertir en el proyecto. En cambio, si el VAN da cero indica que el proyecto evaluado rinde lo mismo que el inversor exige como mínimo y por lo tanto se deberán analizar otros factores.

Si el VAN da resultado negativo, la inversión representaría pérdidas para la tasa de interés que el inversor está exigiendo.

Luego analizamos una Tasa Interna de Retorno (TIR), la cual es una medida de la rentabilidad periódica de una inversión. Técnicamente es aquella tasa de interés que iguala el VAN a cero, como lo muestra la ecuación 6.4.3.2.

$$\sum \frac{FN}{(1 - TIR)^n} = 0$$

(6.4.3.2.)

Utilizando este criterio, un proyecto será aceptado siempre y cuando la TIR sea mayor a la tasa de descuento o tasa de corte utilizada. En otras palabras, si la TIR es mayor que la tasa de corte, significa que el rendimiento del capital invertido es superior a su costo de oportunidad. Dicha tasa de referencia la definimos de un valor del 2% anual, acorde a lo estipulado por el Banco de la Nación Argentina.

Si TIR > i, el proyecto es aceptado

Si TIR < i, el proyecto es rechazado

7. DESARROLLO

Este proyecto conlleva un gran trabajo de campo en el cual, para poder realizar la recolección de datos necesarias, debemos contar con el acceso a distintos tipos de plantas industriales.

En primer lugar, debemos obtener la habilitación para el ingreso a planta. La empresa también nos debe brindar la mayor información posible de sus instalaciones y permitir registrar mediante imágenes las características de sus máquinas. Además, nos deben autorizar a realizar las mediciones de potencia con sus máquinas en funcionamiento lo que implica la manipulación de tableros y equipos con tensión, para lo cual iremos con el equipamiento de protección personal necesario como se ha detallado anteriormente.

Por lo antes mencionado, para nuestro proyecto tenemos una alta dependencia de la buena voluntad de los directivos y del personal de las empresas, ya que es necesario contar con su aprobación para realizar las tareas descriptas. Además de tener que brindarnos personal idóneo y con conocimiento de las instalaciones de la planta para acompañarnos en nuestra tarea.

Una vez obtenido el acceso a cada una de las plantas, se realizan las tareas de medición y relevamiento de datos.

A partir de las mediciones realizadas y los datos obtenidos de cada una de las máquinas relevadas, se realiza un procesamiento de la información en el cual confeccionamos las distintas tablas que luego utilizaremos para nuestro estudio.

Dentro de este análisis de la información obtenida en campo, se encuentran los cálculos de factores de carga y rendimientos de las máquinas, entre otros. Además, se confeccionarán graficas que acompañen a estos resultados y que darán información acerca del estado de la planta en cuanto a los motores de inducción utilizados.

Luego mediante el planteo de distintos escenarios, que irán variando de acuerdo a las características particulares de cada planta analizada, se detallarán las acciones a tomar en cada uno de dichos escenarios.

Por último, para cada uno de ellos mediante la utilización de hojas de cálculo, tablas, y gráficos se realizará el análisis técnico-económico y ambiental correspondiente.

7.1 Planta de Silos

El día Sábado 21 de septiembre de 2021 nos trasladamos hasta la localidad de Alejo Ledesma situada en el departamento Marcos Juárez a 333km de la ciudad de Córdoba y a 230km de la ciudad de Rosario, para realizar el relevamiento de motores en una planta de silos de un productor agropecuario quien utiliza dicha planta para el almacenamiento y movimiento de granos. En la Figura 7.1.1 se indica la ubicación geográfica.

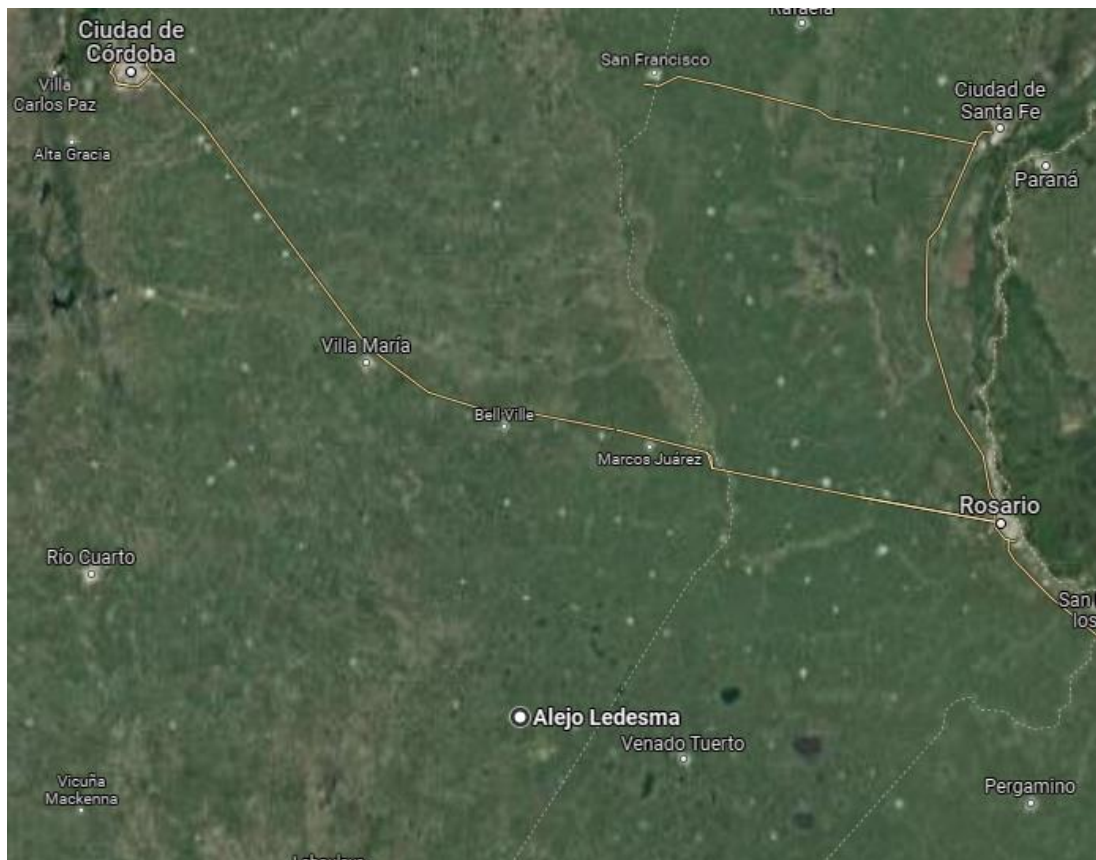


Figura 7.1.1: Ubicación geográfica.

Esta planta consta de cuatro silos del mismo tamaño y un quinto de mayor capacidad, como puede apreciarse en la Figura 7.1.2.



Figura 7.1.2: Vista lateral de la planta.

En este tipo de plantas los motores de inducción son utilizados para accionar tornillos sin fin o roscas transportadoras, los cuales permiten transportar el cereal desde y hacia los distintos sectores de la planta. Como por ejemplo desde los silos de almacenaje hacia la Noria, tal como lo muestra la Figura 7.1.3.



Figura 7.1.3: Roscas transportadoras.

Esta Noria (elevadora a cangilones), que nombramos anteriormente, nos permite la elevación y distribución del cereal hacia los distintos silos. La Noria también utiliza motores de inducción para su accionamiento y se muestra un esquema de la misma en la Figura 7.1.4.

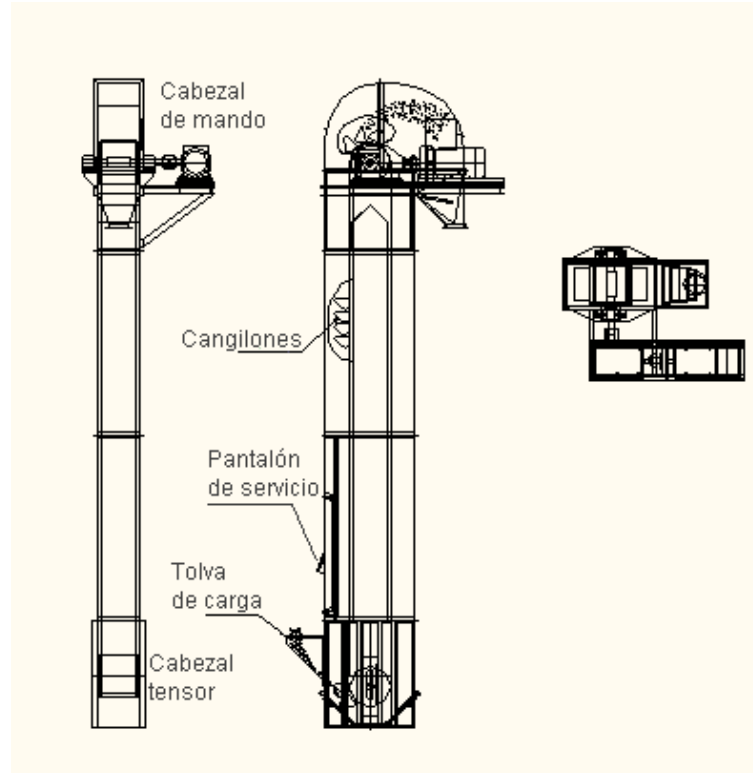


Figura 7.1.4: Noria de cangilones.

Además de las roscas transportadoras y la noria, se utiliza otro sistema de transporte de granos horizontal que en este caso vincula a la noria con el silo de mayor capacidad.

Se trata de una cinta transportadora de granos, la cual se muestra en la Figura 7.1.5.

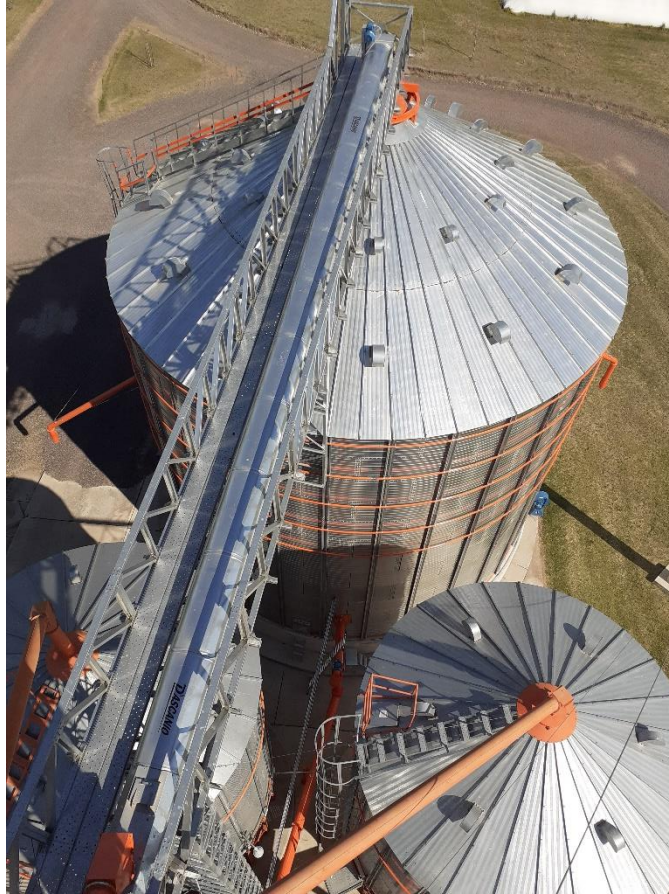


Figura 7.1.5: Cinta transportadora.

Por último, se muestra en la Figura 7.1.6 un aireador instalado en uno de los silos. Estos aireadores se instalan en la parte inferior de los silos con el fin de hacer circular aire dentro de los mismos.



Figura 7.1.6: Aireador.

Por lo tanto, podemos decir que el funcionamiento de una planta de silos de este estilo depende totalmente de los motores de inducción allí instalados.

A continuación, mostramos la Tabla de relevamiento donde se detallan el listado de las máquinas. En ella se cargaron los datos de chapa de cada motor y los resultados obtenidos de las mediciones realizadas.

Entre los datos de chapa se muestran los valores más relevantes, como lo son la potencia de la máquina (HP), las RPM, tensión nominal (U), factor de potencia (FP), corriente nominal (A), y eficiencia a carga nominal.

En la sección de datos medidos se encuentra la corriente medida (A), potencia activa consumida (kW), el tipo de arranque y las horas diarias en servicio.

Relevamiento											
Planta de silos Alejo Ledesma		Datos de chapa						Datos medidos			
TAG	Carga	HP	RPM	U	FP	I[A]	Eff	I[A]	P[kW]	Arr.	Horas
1	Noria	12,5	1455	380	0,85	18,9	87	14	7,2	Directo	12
2	Pre limpieza de Noria	5,5	1440	380	0,83	8,61	83,5	4	2,25	Directo	12
3	Extracción silo 1	7,5	1470	380	0,84	11,7	85,5	6	3,3	Directo	12
4	Extracción silo 2	7,5	1470	380	0,84	11,7	85,5	6	3,9	Directo	12
5	Extracción silo 3	7,5	1470	380	0,84	11,7	85,5	7	4,5	Directo	12
6	Extracción silo 4	7,5	1470	380	0,84	11,7	85,5	6	3,6	Directo	12
7	Extracción 1 Silo 5	12,5	1455	380	0,85	18,7	87	7	3,87	Directo	12
8	Extracción 2 Silo 5	12,5	1455	380	0,85	18,9	87,7	6	3,45	Directo	12
9	Cinta	5,5	1440	380	0,83	8,61	83,5	6	1,8	Directo	12
10	Secador Silo 1	2	2840	380	0,83	3,49	78,5	4	1,56	Directo	12
11	Secador Silo 2	2	2840	380	0,83	3,49	78,5	4	1,65	Directo	12
12	Secador Silo 3	2	2860	380	0,83	3,49	78,5	3	1,41	Directo	12
13	Secador Silo 4	2	2860	380	0,83	3,49	78,5	3	1,47	Directo	12
14	Secador 1 Silo 5	7,5	2870	380	0,89	10,8	86	9	5,55	Directo	12
15	Secador 2 Silo 5	7,5	2870	380	0,89	10,8	86	10	6,3	Directo	12
16	Descarga de camiones	15	1460	380	0,82	23,2	88	16	8,19	Directo	12

Tabla 7.1.1: Relevamiento planta de silos Alejo Ledesma.

En la columna de cargas de esta tabla se ven reflejados los sectores en los cuales se utilizan los motores de inducción, como se especificó al describir este tipo de planta. Por ejemplo, se evidencia que se tienen 1 secador por cada silo, y 2 para el de mayor capacidad.

Una forma de representar la variedad de máquinas instaladas en cuanto a su potencia nominal es representar a las mismas en un Histograma (Figura 7.1.7), adoptando arbitrariamente rangos de potencia y observar la cantidad de equipos presentes en cada rango.

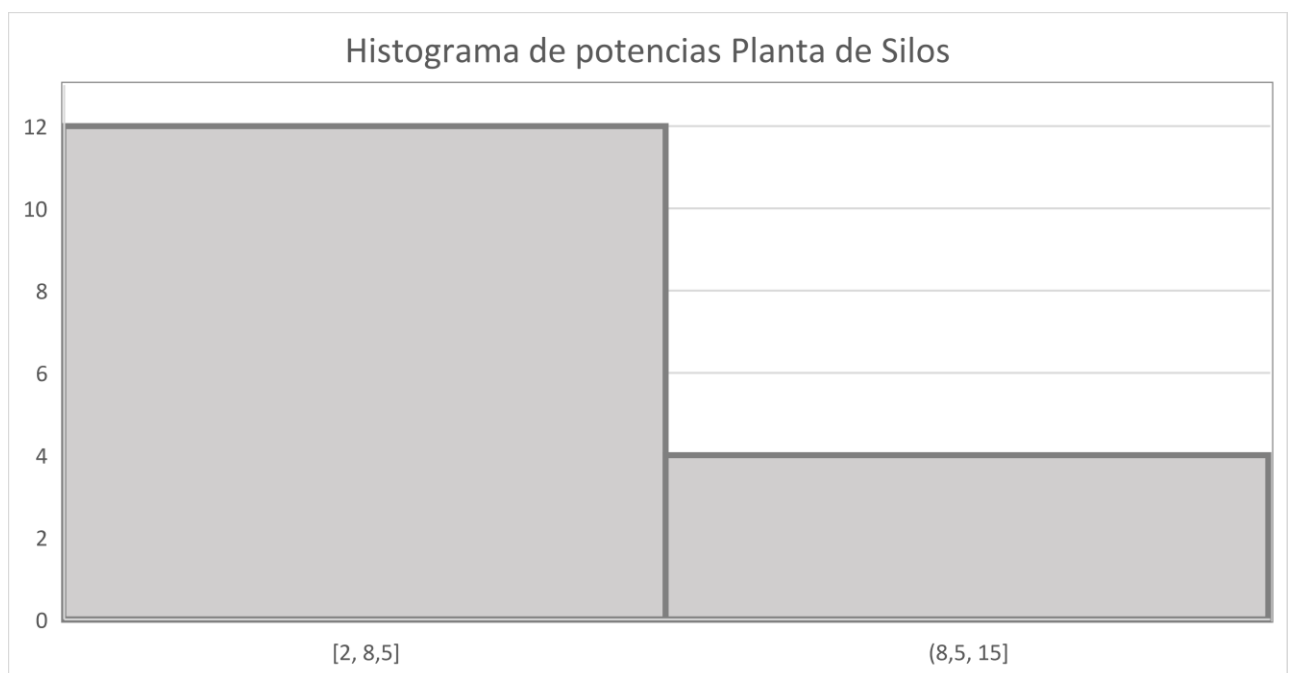


Figura 7.1.7: Histograma de potencias Planta de Silos.

Para nuestro estudio, los datos más relevantes a la hora de analizar el estado de carga actual de la planta son la potencia nominal de la máquina (HP) y el Factor de Carga de la misma calculado con los datos medidos mediante la Ecuación 4.1.1.2.

Una vez obtenido el Factor de Carga de cada máquina, y con los datos de chapa relevados, calculamos el rendimiento a cargas parciales mediante la Ecuación 4.2.1.

A continuación, se muestra la Tabla 7.1.2 que contiene los resultados de los cálculos anteriormente nombrados.

Datos obtenidos en planta							Cálculos realizados						
TAG	Carga	HP	RPM	FP	Eff [%]	Pmedida[kW]	Factor de Carga	ΔP	Deslizamiento	Pcu2	Po	X	Rendimiento en carga[%]
1	Noria	12,5	1455	0,85	87	7,2	0,67	1391,52	0,03	288,40	815,49	1,42	85,13
2	Pre limpieza de Noria	5,5	1440	0,83	83,5	2,25	0,46	809,69	0,04	170,96	468,23	1,37	77,38
3	Extracción silo 1	7,5	1470	0,84	85,5	3,3	0,50	947,59	0,02	114,18	719,53	3,15	78,10
4	Extracción silo 2	7,5	1470	0,84	85,5	3,9	0,60	947,59	0,02	114,18	719,53	3,15	80,37
5	Extracción silo 3	7,5	1470	0,84	85,5	4,5	0,69	947,59	0,02	114,18	719,53	3,15	82,05
6	Extracción silo 4	7,5	1470	0,84	85,5	3,6	0,55	947,59	0,02	114,18	719,53	3,15	79,33
7	Extracción 1 Silo 5	12,5	1455	0,85	87	3,87	0,36	1391,52	0,03	288,40	815,49	1,42	78,80
8	Extracción 2 Silo 5	12,5	1455	0,85	87,7	3,45	0,32	1306,09	0,03	288,40	730,06	1,27	79,00
9	Cinta	5,5	1440	0,83	83,5	1,8	0,37	809,69	0,04	170,96	468,23	1,37	74,19
10	Secador Silo 1	2	2840	0,83	78,5	1,56	0,82	408,09	0,05	84,06	240,20	1,43	77,31
11	Secador Silo 2	2	2840	0,83	78,5	1,65	0,87	408,09	0,05	84,06	240,20	1,43	77,64
12	Secador Silo 3	2	2860	0,83	78,5	1,41	0,74	408,09	0,05	73,03	262,22	1,80	76,06
13	Secador Silo 4	2	2860	0,83	78,5	1,47	0,77	408,09	0,05	73,03	262,22	1,80	76,45
14	Secador 1 Silo 5	7,5	2870	0,89	86	5,55	0,85	909,59	0,04	253,43	403,41	0,80	85,87
15	Secador 2 Silo 5	7,5	2870	0,89	86	6,3	0,97	909,59	0,04	253,43	403,41	0,80	85,85
16	Descarga de camiones	15	1460	0,82	88	8,19	0,64	1523,86	0,03	306,58	911,53	1,49	85,87

Tabla 7.1.2: Rendimiento de máquina al factor de carga medido.

En la columna “Factor de Carga” de la Tabla 7.1.2 se han marcado a estos valores con dos colores distintos de acuerdo al siguiente criterio:

- ✓ Rojo: factor de carga MENOR a 65%
- ✓ Verde: factor de carga MAYOR a 65%

Con este criterio vamos a proponer el cambio de potencia de los motores con factor de carga menor a 65% para lograr aumentar el mismo y así mejorar el rendimiento del motor al accionar la misma carga.

Por lo cual vamos a tener un aumento en la eficiencia al cambiar de IE1 a IE3 y adicionalmente, al mejorar el factor de carga de la máquina.

Multiplicando el factor de carga por la potencia nominal de la máquina, y representando a esta operación mediante la Figura 7.1.8, podemos tomar dimensión de cuan cargadas se encuentran las mismas

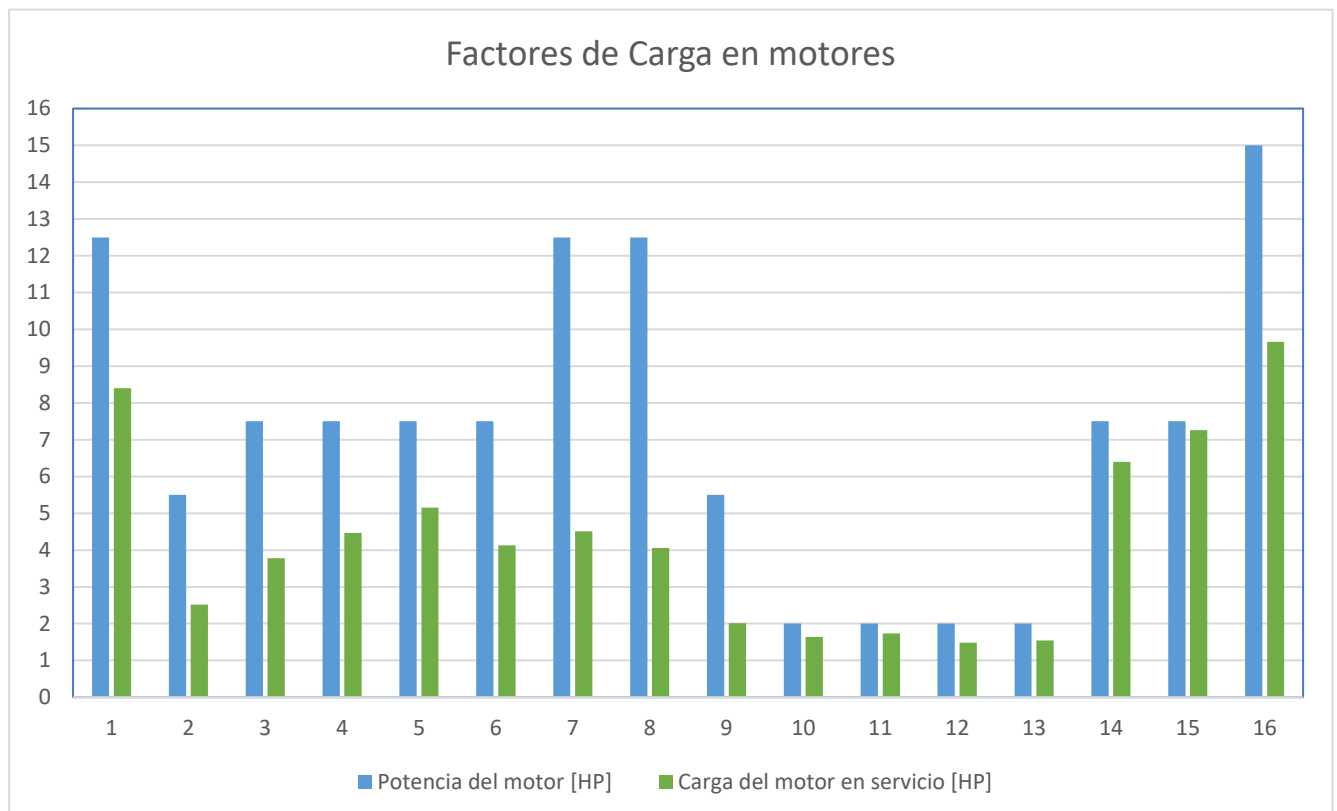


Figura 7.1.8: Factores de carga planta de silos.

Como se ha profundizado en el capítulo 4 sección 2, el método analítico por el cual se obtiene la eficiencia a cargas parciales introduce un error en el cálculo. El cual varía principalmente con el factor de carga y la potencia del motor. Por lo tanto, este método no es lo suficientemente exacto para:

- Motores de potencia menor a 30HP, con factores de carga menores al 40%.
- Motores de potencia mayor o igual a 30HP, con factores de carga menores a 30%.

Motivo por el cual los motores con TAG: 7,8,9 (Extracción 1 Silo 5, Extracción 2 Silo 5, Cinta, respectivamente) no van a ser considerados en este estudio.

7.1.1 Escenarios propuestos

Como ya hemos planteados en la sección 6.1, se plantearán distintos escenarios con diferentes criterios para el reemplazo de los motores instalados. Para el caso de esta Planta de silos presentaremos 4 escenarios:

Escenario 1: Recambio total de los motores de inducción si tener en cuenta el factor de carga, es decir solamente aquí cambiamos todos los motores de baja eficiencia por los de Eficiencia Premium.

Escenario 2: Proponemos también el recambio de la totalidad de los motores, pero en este caso si vamos a considerar el factor de carga. Por lo cual, vamos a seleccionar motores de potencia adecuada para aquellos que están sobredimensionados siguiendo el criterio utilizado en la Tabla 7.1.2.

Escenario 3: Aquí no vamos a recambiar la totalidad de los motores. Vamos a reemplazar solamente aquellos que están sobredimensionados, es decir, tienen un bajo factor de carga que afecta al rendimiento de la máquina.

Escenario 4: En este caso particular, consideraremos la instalación de una planta de silos desde el inicio con idénticas características en cuanto a su capacidad de almacenaje, pero considerando dos alternativas en cuanto a los motores de inducción a utilizar. Una de las alternativas es la instalación inicial de la planta con motores de eficiencia IE1, la cual se viene realizando actualmente. Mientras que la segunda alternativa, se trata de una planta con motores de eficiencia IE3 desde su construcción, la cual tiene una inversión mayor que la primera, pero cuenta con la ventaja de poseer un ahorro energético y por lo tanto económico al tener mayor eficiencia.

Lo que buscamos con este escenario es analizar a partir de qué periodo de tiempo desde su instalación, el ahorro económico que genera la segunda alternativa compensa el mayor gasto inicial que la misma genera, y compararlo con la primera alternativa de motores de baja eficiencia.

7.1.1.1 Primer escenario

Para este escenario, en el que se propone el recambio de todos los motores de la planta se presenta la Tabla 7.1.1.1.1 que contiene los datos eléctricos y los valores de rendimiento calculados al factor de carga medido. Además, contiene el dato de energía ahorrada por hora con el que se puede ver rápidamente que impacto tiene el cambio de eficiencia en el consumo energético.

Motor IE3 propuesto										
IT	HP	RPM	U[V]	FP	I[A]	Eff IE3 [%]	Factor de carga	Rendimiento en carga [%]	Cambió de potencia?	Ahorro [kWh]
1	12,5	1477	380	0,83	18,7	91,1	0,67	89,13	No	0,33
2	5,5	1450	380	0,78	8,78	88,8	0,46	86,29	No	0,25
3	7,5	1465	380	0,84	11,1	89,7	0,50	86,24	No	0,34
4	7,5	1465	380	0,84	11,1	89,7	0,60	87,47	No	0,34
5	7,5	1465	380	0,84	11,1	89,7	0,69	88,31	No	0,33
6	7,5	1465	380	0,84	11,1	89,7	0,55	86,92	No	0,34
10	2	2885	380	0,81	3,34	84,2	0,82	83,33	No	0,11
11	2	2885	380	0,81	3,34	84,2	0,87	83,57	No	0,12
12	2	2885	380	0,81	3,34	84,2	0,74	82,79	No	0,12
13	2	2885	380	0,81	3,34	84,2	0,77	83,03	No	0,12
14	7,5	2940	380	0,84	11,2	89,4	0,85	88,65	No	0,17
15	7,5	2940	380	0,84	11,2	89,4	0,97	89,15	No	0,23
16	15	1479	380	0,83	22	91,4	0,64	89,11	No	0,30

Tabla 7.1.1.1.1: Motores IE3 propuestos Escenario 1 Planta de Silos.

Para este escenario se va a considerar como único egreso a la inversión inicial por la compra de cada uno de los motores y la mano de obra que conlleva su instalación.

Por otra parte, los principales ingresos son:

Ahorro en el consumo energético, debido al aumento en la eficiencia.

Disminución del mantenimiento, ya que en este tipo de motores son más robustos y los intervalos de lubricación son más amplios por lo cual requieren una menor intervención.

Para expresar el ahorro económico debido a la disminución en el consumo de energía eléctrica tendremos en cuenta el precio por kWh que figura en la factura de la

Empresa Provincial de la Energía de Córdoba brindada por el personal de la planta, la cual tiene los valores que se muestran en la Tabla 7.1.1.1.2.

Costo por kWh	En pesos	En USD
Escalón 1	11,646440	0,11091848
Escalón 2	12,460240	0,11866895

Tabla 7.1.1.1.2: Tarifa EPEC.

Una vez presentados estos valores podremos expresar en la Tabla 7.1.1.1.3 la cantidad de dinero ahorrado por cada una de las máquinas de manera individual y luego sumando cada una de ellas obtenemos el total ahorrado por la planta.

Debido a que el precio de la energía crece año a año, tomaremos un 5% anual de aumento en dicho valor para el cálculo del ahorro. Esto puede verse reflejado en el crecimiento de los valores ahorrados de un año al siguiente.

		Ahorro anual [USD]										
TAG	Carga	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
1	Noria	-	33,38	35,05	36,80	38,64	40,57	42,60	44,73	46,97	49,32	51,78
2	Pre limpieza de Noria	-	25,32	26,58	27,91	29,31	30,77	32,31	33,93	35,62	37,41	39,28
3	Extracción silo 1	-	34,43	36,15	37,96	39,86	41,85	43,94	46,14	48,44	50,87	53,41
4	Extracción silo 2	-	34,03	35,73	37,51	39,39	41,36	43,43	45,60	47,88	50,27	52,78
5	Extracción silo 3	-	33,55	35,23	36,99	38,84	40,79	42,82	44,97	47,21	49,57	52,05
6	Extracción silo 4	-	34,24	35,95	37,74	39,63	41,61	43,69	45,88	48,17	50,58	53,11
10	Secador Silo 1	-	11,56	12,14	12,74	13,38	14,05	14,75	15,49	16,26	17,08	17,93
11	Secador Silo 2	-	11,96	12,56	13,19	13,85	14,54	15,27	16,03	16,83	17,67	18,56
12	Secador Silo 3	-	11,95	12,55	13,18	13,84	14,53	15,26	16,02	16,82	17,66	18,54
13	Secador Silo 4	-	12,09	12,69	13,33	13,99	14,69	15,43	16,20	17,01	17,86	18,75
14	Secador 1 Silo 5	-	17,61	18,49	19,42	20,39	21,41	22,48	23,60	24,78	26,02	27,32
15	Secador 2 Silo 5	-	23,61	24,79	26,03	27,34	28,70	30,14	31,64	33,23	34,89	36,63
16	Descarga de camiones	-	30,81	32,35	33,96	35,66	37,45	39,32	41,28	43,35	45,52	47,79
AHORRO TOTAL DE ENERGÍA		-	314,5	330,3	346,8	364,1	382,3	401,4	421,5	442,6	464,7	487,9

Tabla 7.1.1.1.3: Ahorro anual por máquina – Escenario 1 Planta de silos.

Una vez obtenidos los resultados anteriores de ahorro procedemos a realizar un flujo de caja (Tabla 7.1.1.1.4) durante un periodo de tiempo determinado, en este caso de 10 años ya que es la vida útil estimada de un motor de inducción.

Para determinar la factibilidad de este escenario propuesto, realizamos el cálculo del valor actual neto (VAN) y la tasa de retorno de inversión (TIR). Los resultados obtenidos se presentan en la Tabla 7.1.1.1.5.

AÑO	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
AHORRO DE ENERGÍA		314,5	330,3	346,8	364,1	382,3	401,4	421,5	442,6	464,7	487,9
INVERSIÓN INICIAL	9963										
AHORRO EN MANTENIMIENTO		77,1	81,0	85,1	89,3	93,8	98,5	103,4	108,5	114,0	119,7
FLUJO DE CAJA	9963	391,7	411,3	431,8	453,4	476,1	499,9	524,9	551,1	578,7	607,6

Tabla 7.1.1.1.4: Flujo de Caja – Escenario 1 Planta de Silos.

Tasa	2%
VAN	-5572,85
TIR	-10,51%

Tabla 7.1.1.1.5: VAN y TIR – Escenario 1 Planta de Silos.

De la tabla anterior podemos decir que este escenario no es rentable, ya que el VAN y el TIR dan como resultado valores negativos.

Uno de los factores más importantes que afectan a la viabilidad o no del proyecto es el tiempo de utilización de las máquinas. Es por esto, que evaluamos la posibilidad de que este factor sea mayor en esta misma instalación, o una con idénticas características, para encontrar el punto de inflexión a partir del cual el proyecto se vuelva rentable.

Para ello calculamos el VAN y el TIR variando la cantidad de horas de manera creciente para las mismas máquinas utilizadas en este escenario. Como consecuencia, los valores de VAN y TIR evolucionarán hasta encontrar dicho punto de inflexión.

A partir de los resultados obtenidos realizamos un gráfico, que se muestra en la Figura 7.1.1.1.1, donde en el eje de la “x” se representa a las horas de funcionamiento desde un valor inicial de 880 horas (tiempo de utilización de la planta inicial) hasta 3000 horas. Luego, en el eje vertical izquierdo se representa el Valor Actual Neto (VAN) mientras que en el derecho se representa al Tasa Interna de Retorno (TIR).

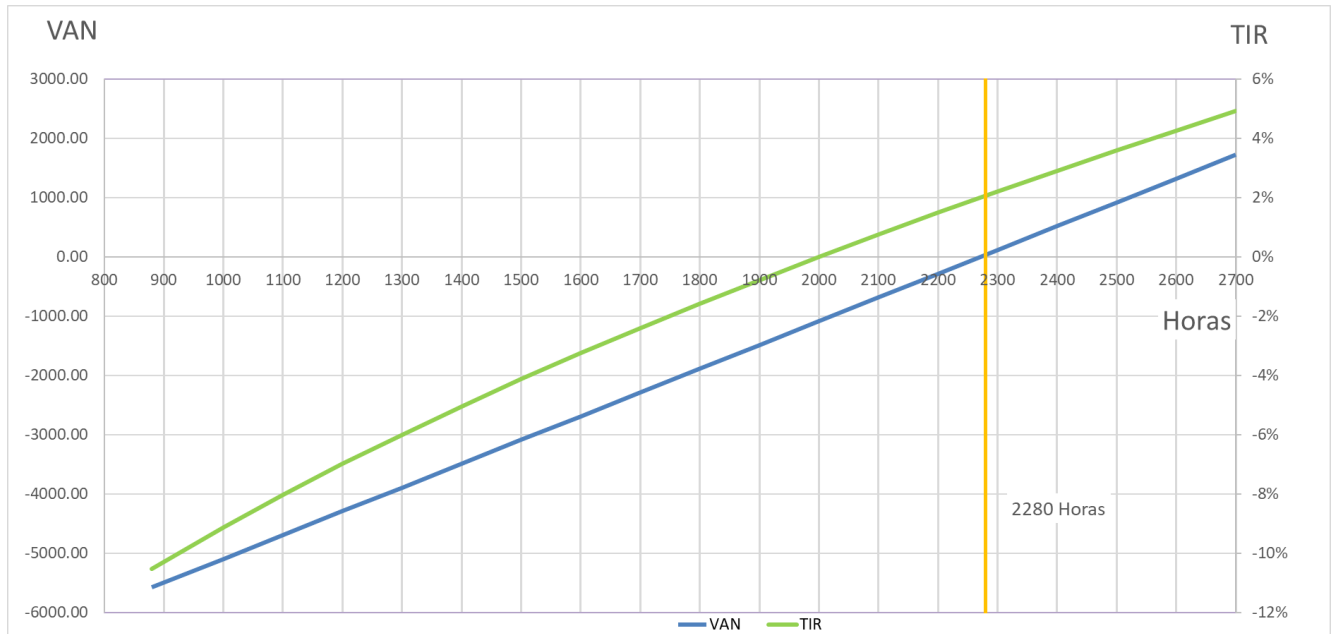


Figura 7.1.1.1.1: Variación TIR y VAN - Escenario 1 Planta de Silos.

De la Figura 7.1.1.1.1 podemos observar cómo aumentan los valores de TIR y VAN para mayor tiempo de funcionamiento. El punto de inflexión, para el cual estos valores se vuelven positivos y el proyecto pasa a ser rentable, se encuentra para un tiempo de funcionamiento igual a 2280 horas al año.

Por lo tanto, se concluye que el reemplazo de motores planteado en este escenario comienza a ser rentable a partir de las 2280 horas anuales de uso. Lo que corresponde a utilizar dichas máquinas durante aproximadamente 9 horas durante los días laborables del año.

En cuanto a las emisiones de CO₂ a la atmosfera por parte del parque generador, vamos a calcular la disminución de las mismas, tomando como referencia el valor expresado en la sección 6.3 ($0,412 \frac{Tn \cdot CO_2}{MWh}$) y la energía ahorrada de la Tabla 7.1.1.1.1. Considerando 2550 horas de funcionamiento anuales durante 10 años obtenemos los valores de la Tabla 7.1.1.1.6.

Energía Ahorrada	82,52 MWh
Disminución de emisiones	34,7 tCO ₂

Tabla 7.1.1.1.6: Impacto ambiental – Escenario 1 Planta de Silos.

Para tomar dimensión sobre qué impacto tienen estos valores vamos a expresar

a los mismos en términos más cotidianos. Según la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (EPA) al recorrer 3600 kilómetros con un auto a nafta promedio se emite una tonelada de Dióxido de Carbono. Con esta equivalencia vamos a expresar las emisiones de cada uno de los escenarios.

Para este caso 40,1 toneladas dióxido de carbono equivalen a las emisiones que produce un auto al recorrer 145000 kilómetros. Es decir, deberíamos prescindir de la utilización del vehículo por dicha cantidad de kilómetros.

7.1.1.2 Segundo escenario

En este escenario, además de cambiar todos los motores presentes en la planta por otros de mayor eficiencia, tenemos en cuenta el estado de carga de los mismos. Por lo tanto, como hemos analizado anteriormente, todas las máquinas que tengan un factor de carga inferior a 65% serán reemplazados por otras de menor potencia, acorde a la carga mecánica que acciona, para mejorar el factor en cuestión.

A continuación, en la Tabla 7.1.1.2.1 se detallan los equipos en estudio con los criterios mencionados para este escenario. En dicha tabla se presenta el mismo análisis que el realizado para el primer caso.

Motor IE3 propuesto										
IT	HP	RPM	U[V]	FP	I[A]	Eff IE3 [%]	Factor de carga	Rendimiento en carga [%]	Cambió de potencia?	Ahorro [kWh]
1	12,5	1477	380	0,83	18,7	91,1	0,67	89,13	No	0,33
2	3	1455	380	0,8	4,74	88,2	0,84	87,73	Si	0,29
3	4	1450	380	0,81	6,39	88	0,95	87,82	Si	0,40
4	5,5	1450	380	0,78	8,78	88,8	0,81	88,62	Si	0,39
5	7,5	1465	380	0,84	11,1	89,7	0,69	88,31	No	0,33
6	5,5	1450	380	0,78	8,78	88,8	0,75	88,50	Si	0,40
10	2	2885	380	0,81	3,34	84,2	0,82	83,33	No	0,11
11	2	2885	380	0,81	3,34	84,2	0,87	83,57	No	0,12
12	2	2885	380	0,81	3,34	84,2	0,74	82,79	No	0,12
13	2	2885	380	0,81	3,34	84,2	0,77	83,03	No	0,12
14	7,5	2940	380	0,84	11,2	89,4	0,85	88,65	No	0,17
15	7,5	2940	380	0,84	11,2	89,4	0,97	89,15	No	0,23
16	12,5	1477	380	0,83	18,7	91,1	0,77	89,93	Si	0,38

Tabla 7.1.1.2.1: Motores IE3 propuestos Escenario 1 Planta de Silos.

Para este escenario se va a considerar como egreso a la inversión inicial por la compra de cada uno de los motores, la mano de obra que conlleva su instalación y un

adicional por el cambio en el calibre del elemento de protección para aquellos motores en los que su potencia se disminuyó.

Por otra parte, los principales ingresos (al igual que en el primer escenario) son:

Ahorro en el consumo energético y disminución del mantenimiento.

De la misma manera que en el primer caso, para expresar el ahorro económico debido a la disminución en el consumo de energía eléctrica tendremos en cuenta el precio por kWh mostrado en la Tabla 7.1.1.1.2.

Luego, en la Tabla 7.1.1.2.2 se expresa la cantidad de dinero ahorrado por cada una de las máquinas de manera individual y luego sumando cada una de ellas obtenemos el total ahorrado por la planta para este escenario.

Aquí también, el precio de la energía sufrirá un aumento anual del 5%.

		Ahorro anual [USD]										
TAG	Carga	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
1	Noria	-	33.38	35.05	36.80	38.64	40.57	42.60	44.73	46.97	49.32	51.78
2	Pre limpieza de Noria	-	28.94	30.39	31.91	33.50	35.18	36.94	38.79	40.72	42.76	44.90
3	Extracción silo 1	-	40.38	42.40	44.52	46.75	49.08	51.54	54.11	56.82	59.66	62.64
4	Extracción silo 2	-	39.02	40.97	43.02	45.17	47.43	49.80	52.29	54.90	57.65	60.53
5	Extracción silo 3	-	33.55	35.23	36.99	38.84	40.79	42.82	44.97	47.21	49.57	52.05
6	Extracción silo 4	-	40.62	42.66	44.79	47.03	49.38	51.85	54.44	57.16	60.02	63.02
10	Secador Silo 1	-	11.56	12.14	12.74	13.38	14.05	14.75	15.49	16.26	17.08	17.93
11	Secador Silo 2	-	11.96	12.56	13.19	13.85	14.54	15.27	16.03	16.83	17.67	18.56
12	Secador Silo 3	-	11.95	12.55	13.18	13.84	14.53	15.26	16.02	16.82	17.66	18.54
13	Secador Silo 4	-	12.09	12.69	13.33	13.99	14.69	15.43	16.20	17.01	17.86	18.75
14	Secador 1 Silo 5	-	17.61	18.49	19.42	20.39	21.41	22.48	23.60	24.78	26.02	27.32
15	Secador 2 Silo 5	-	23.61	24.79	26.03	27.34	28.70	30.14	31.64	33.23	34.89	36.63
16	Descarga de camiones	-	38.29	40.20	42.21	44.32	46.54	48.86	51.31	53.87	56.57	59.39
AHORRO TOTAL DE ENERGÍA		-	343.0	360.1	378.1	397.0	416.9	437.7	459.6	482.6	506.7	532.1

Tabla 7.1.1.2.2: Ahorro anual por máquina – Escenario 2 Planta de silos.

Una vez obtenidos estos resultados realizamos un flujo de caja durante un periodo de tiempo de 10 años en la Tabla 7.1.1.2.3.

AÑO	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
AHORRO DE ENERGÍA		343.0	360.1	378.1	397.0	416.9	437.7	459.6	482.6	506.7	532.1
INVERSIÓN INICIAL	8873										
AHORRO EN MANTENIMIENTO		77.1	81.0	85.1	89.3	93.8	98.5	103.4	108.5	114.0	119.7
FLUJO DE CAJA	8873	420.1	441.1	463.2	486.3	510.6	536.2	563.0	591.1	620.7	651.7

Tabla 7.1.1.2.3: Flujo de Caja – Escenario 2 Planta de Silos.

Para determinar la factibilidad de este escenario, calculamos el valor actual neto (VAN) y la tasa de retorno de inversión (TIR), como se muestra en la Tabla 7.1.1.2.4.

Tasa	2%
VAN	-4163.89
TIR	-7.98%

Tabla 7.1.1.2.4: VAN y TIR – Escenario 2 Planta de Silos.

Si bien en este escenario los valores del VAN y el TIR mejoran con respecto al caso anterior, estos siguen siendo negativos. Por lo cual, aquí también podemos decir que la propuesta no es rentable.

A continuación, analizamos para que cantidad de horas de uso de estos motores los valores de VAN y TIR dan positivos, es decir, encontrar el punto de inflexión a partir del cual el proyecto se vuelve rentable.

Siguiendo la metodología utilizada en el primer escenario, obtenemos una gráfica la cual se muestra en la Figura 7.1.1.2.1

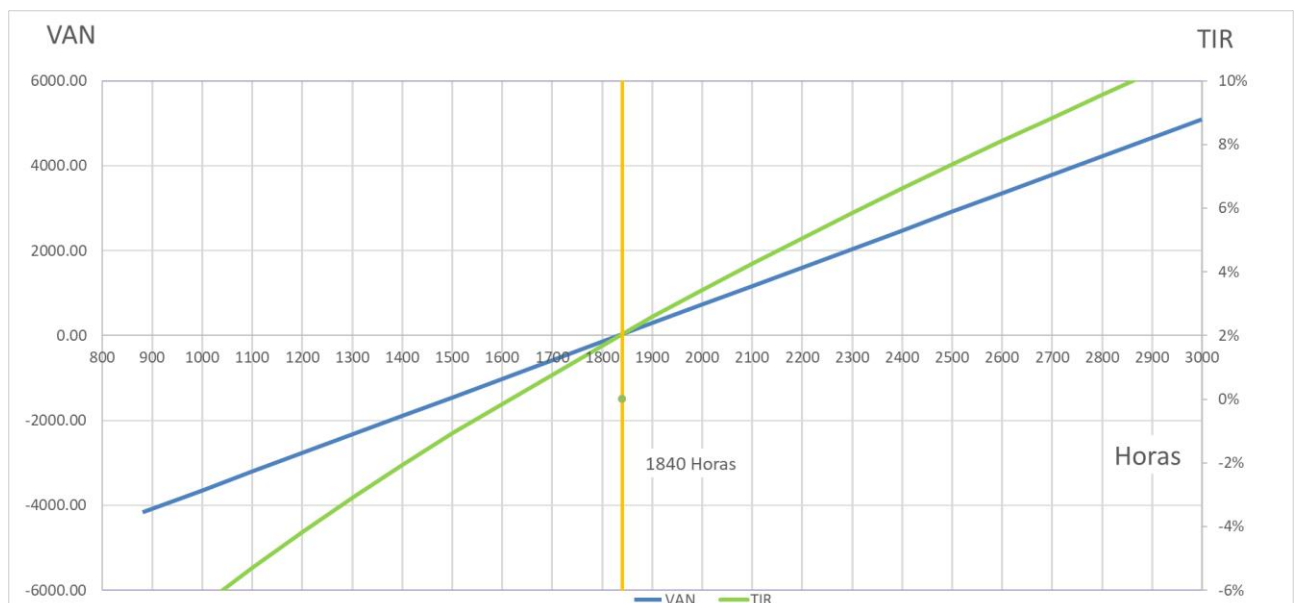


Figura 7.1.1.2.1: Variación TIR y VAN - Escenario 2 Planta de Silos.

En el gráfico anterior notamos el aumento del TIR y el VAN a medida que las horas de funcionamiento son mayores. El punto de inflexión en este caso se encuentra para un tiempo de funcionamiento igual a 1680 horas al año. Es decir, que adecuando los motores a su carga se necesitan 870 horas menos de funcionamiento que en el escenario anterior para que este sea rentable. Lo que nos deja ver el beneficio que produce la realización de las mediciones en campo y un estudio previo evaluando el factor de carga del motor para seleccionar un motor con el criterio adecuado, y no simplemente haciendo un recambio directo como en el primer escenario.

En cuanto a las emisiones de CO₂ a la atmosfera, las calcularemos al igual que en el primer escenario, pero teniendo en cuenta la energía ahorrada expresada en la Tabla 7.1.1.2.1. Ahora considerando 1680 horas de funcionamiento anuales durante 10 años obtenemos los valores de la Tabla 7.1.1.2.5.

Energía Ahorrada	83,36 MWh
Disminución de emisiones	35,01 tCO ₂

Tabla 7.1.1.2.5: Impacto ambiental – Escenario 2 Planta de Silos.

En este caso se disminuirían 35,01 toneladas dióxido de carbono. Aquí las 35,01 toneladas de equivalen a las emisiones que produce un auto al recorrer 126100 kilómetros.

7.1.1.3 Tercer Escenario

En este escenario en particular vamos a analizar únicamente el reemplazo de las máquinas que tengan un factor de carga inferior a 65%, readecuando su potencia de acuerdo a la carga mecánica que accionan y así obtener una mayor eficiencia en carga. Para el resto de los motores que están bien dimensionados de acuerdo a la carga que accionan, no se propone su reemplazo. Por lo cual en este caso la planta quedará conformada por motores de alta eficiencia IE3 y motores de eficiencia Estándar.

A continuación, en la Tabla 7.1.1.3.1 se detallan las máquinas a reemplazar. El resto de los motores instalados, que no han sido propuestos para su reemplazo, no se tienen en cuenta ya que no generarán ningún ahorro de energía al considerar que sus condiciones no cambian. En dicha tabla se presenta el mismo análisis que el realizado para el primer caso.

Motor IE3 propuesto										
IT	HP	RPM	U[V]	FP	I[A]	Eff IE3 [%]	Factor de carga	Rendimiento en carga [%]	Cambió de potencia?	Ahorro [kWh]
2	3	1455	380	0,8	4,74	88,2	0,84	87,73	Si	0,29
3	4	1450	380	0,81	6,39	88	0,95	87,82	Si	0,40
4	5,5	1450	380	0,78	8,78	88,8	0,81	88,62	Si	0,39
6	5,5	1450	380	0,78	8,78	88,8	0,75	88,50	Si	0,40
16	12,5	1477	380	0,83	18,7	91,1	0,77	89,93	Si	0,38

Tabla 7.1.1.3.1: Motores IE3 propuestos Escenario 3 Planta de Silos.

Para esta propuesta los egresos se van a considerar de la misma forma que en los escenarios anteriores, con la particularidad de que en este caso todos los motores seleccionados son de una potencia nominal menor a los actualmente instalados. Por lo cual se tiene en cuenta un 10% adicional en el valor de la máquina para la readecuación de los elementos de maniobra y protección. La suma de estos valores dará como resultado la inversión inicial, la cuál será menor a la de los escenarios anteriores. Para el caso de los ingresos, se tienen en cuenta los mismos factores que se han nombrado en las propuestas anteriores.

Para expresar el ahorro económico debido a la disminución en el consumo de energía eléctrica tendremos en cuenta el precio por kWh mostrado en la Tabla 7.1.1.1.2.

En la Tabla 7.1.1.3.2 se expresa la cantidad de dinero ahorrado por cada una de las máquinas de manera individual y luego sumando cada una de ellas obtenemos el total ahorrado por la planta para este escenario.

Aquí también, el precio de la energía sufrirá un aumento anual del 5%.

		Ahorro anual [USD]										
TAG	Carga	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
2	Pre limpieza de Noria	-	28.94	30.39	31.91	33.50	35.18	36.94	38.79	40.72	42.76	44.90
3	Extracción silo 1	-	40.38	42.40	44.52	46.75	49.08	51.54	54.11	56.82	59.66	62.64
4	Extracción silo 2	-	39.02	40.97	43.02	45.17	47.43	49.80	52.29	54.90	57.65	60.53
6	Extracción silo 4	-	40.62	42.66	44.79	47.03	49.38	51.85	54.44	57.16	60.02	63.02
16	Descarga de camiones	-	38.29	40.20	42.21	44.32	46.54	48.86	51.31	53.87	56.57	59.39
AÑO		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
AHORRO TOTAL DE ENERGÍA			187.3	196.6	206.4	216.8	227.6	239.0	250.9	263.5	276.7	290.5

Tabla 7.1.1.3.2: Ahorro anual por máquina – Escenario 3 Planta de silos.

En la Tabla 7.1.1.3.3 se muestra el Flujo de Caja calculado a partir de los resultados anteriores.

INVERSIÓN INICIAL	3870										
AHORRO EN MANTENIMIENTO		77.1	81.0	85.1	89.3	93.8	98.5	103.4	108.5	114.0	119.7
FLUJO DE CAJA	3870	264.4	277.6	291.5	306.1	321.4	337.4	354.3	372.0	390.6	410.2

Tabla 7.1.1.3.3: Flujo de Caja – Escenario 3 Planta de Silos.

Para determinar la factibilidad de este escenario, calculamos el valor actual neto (VAN) y la tasa de retorno de inversión (TIR), como se muestra en la Tabla 7.1.1.3.4.

Tasa	2%
VAN	-906.28
TIR	-2.49%

Tabla 7.1.1.3.4: VAN y TIR – Escenario 3 Planta de Silos.

En este escenario no vamos a poder realizar una comparación directa con el escenario uno y dos debido a que en este no se ha propuesto reemplazar la totalidad de las máquinas. Sin embargo, esta alternativa nos permite evaluar la factibilidad de reemplazar únicamente al conjunto de motores que en el segundo escenario producen el mayor impacto en el ahorro energético

Si bien para este escenario el TIR es más cercano al valor de referencia, la propuesta no es rentable ya que este en conjunto con el VAN siguen siendo negativos.

Se muestra en la Figura 7.1.1.3.1 la evolución del TIR y el VAN para un aumento en las horas de funcionamiento.

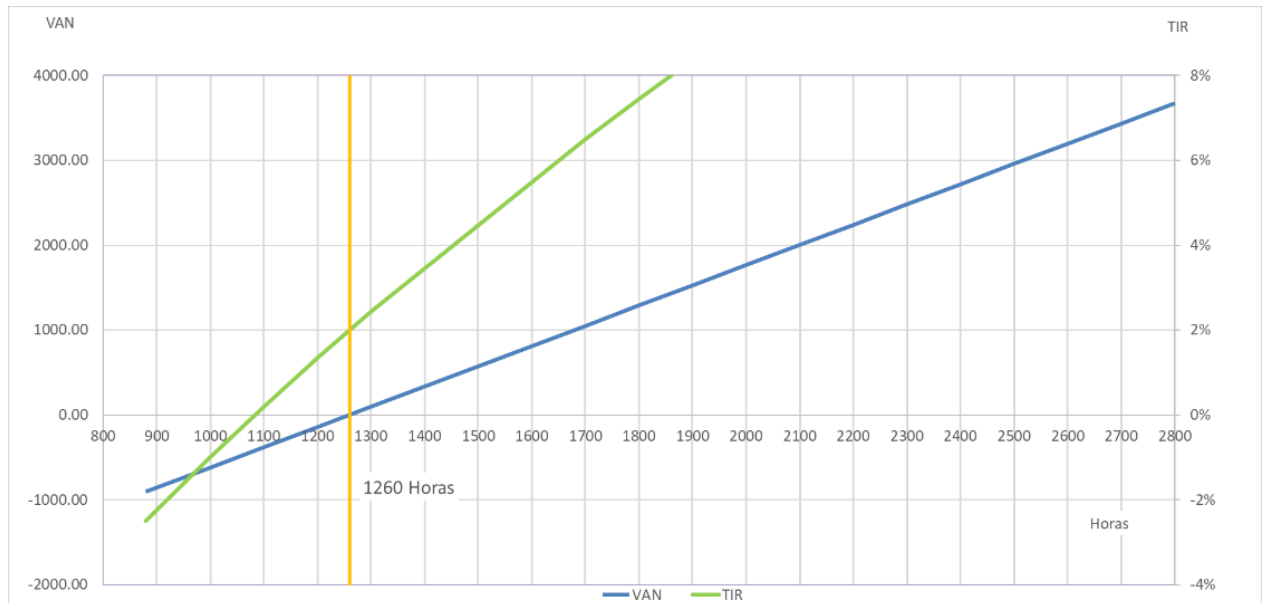


Figura 7.1.1.3.1: Variación TIR y VAN - Escenario 3 Planta de Silos.

El punto de inflexión en este escenario se encuentra para un tiempo de funcionamiento de 1260 horas al año. Si bien, obtenemos que se necesitan menos cantidad de horas de funcionamiento que para los escenarios anteriores, no debemos dejar pasar que para este caso el valor de la inversión inicial es menor.

Aquí también se destaca la importancia de realizar un análisis exhaustivo proponiendo diversos escenarios, para tener una mayor claridad y tomar las decisiones técnicas y económicas correctas.

En cuanto a las emisiones de CO₂ a la atmosfera, vamos a calcular la disminución de las mismas tomando como referencia el valor expresado en la sección 6.3 ($0,412 \frac{Tn \cdot CO_2}{MWh}$) y la energía ahorrada de la Tabla 7.1.1.3.1. Considerando 1260 horas de funcionamiento anuales durante 10 años obtenemos los valores de la Tabla 7.1.1.3.5.

Energía Ahorrada	62,78 MWh
Disminución de emisiones	26,36 tCO ₂

Tabla 7.1.1.3.5: Impacto ambiental – Escenario 3 Planta de Silos.

En este caso se disminuirían 32,1 toneladas dióxido de carbono. Se tiene que 40,1 toneladas dióxido de carbono equivalen a las emisiones que produce un auto al recorrer 115600 kilómetros.

7.1.1.4 Cuarto Escenario

En este escenario, se busca realizar un estudio técnico/económico de la planta mediante la comparación de dos modelos diferentes. Uno de ellos instalando la planta desde su inicio con motores de eficiencia IE1, mientras que el otro se trata de una planta idéntica instalando desde su inicio motores de eficiencia premium. Debemos aclarar que la potencia de los motores a instalar es la adecuada de acuerdo a nuestro criterio ya expresado en el escenario 2, donde se ha readecuado la potencia del motor en función de los resultados obtenidos a partir de las mediciones realizadas en campo.

A continuación, en la Tabla 7.1.1.4.1 y Tabla 7.1.1.4.2 se muestran los motores propuestos para eficiencia estándar y premium respectivamente.

Motor IE1 propuesto									
IT	Carga	HP	RPM	U[V]	FP	I[A]	Eff IE1 [%]	Factor de carga	Rendimiento en carga [%]
1	Noria	12,5	1455	380	0,85	18,7	87	0,67	85,13
2	Pre limpieza de Noria	3	1440	380	0,82	5,16	81	0,81	79,74
3	Extracción silo 1	4	1470	380	0,81	6,78	81,5	0,90	80,69
4	Extracción silo 2	5,5	1470	380	0,81	9,03	83,1	0,79	80,85
5	Extracción silo 3	7,5	1470	380	0,84	11,7	85,5	0,69	82,05
6	Extracción silo 4	5,5	1470	380	0,84	9,03	85,5	0,75	82,95
10	Secador Silo 1	2	2840	380	0,87	3,54	77,2	0,81	75,75
11	Secador Silo 2	2	2840	380	0,87	3,54	77,2	0,85	76,15
12	Secador Silo 3	2	2860	380	0,87	3,54	77,2	0,73	74,40
13	Secador Silo 4	2	2860	380	0,87	3,54	77,2	0,76	74,83
14	Secador 1 Silo 5	7,5	2870	380	0,89	11,2	86	0,85	85,87
15	Secador 2 Silo 5	7,5	2870	380	0,89	11,2	86	0,97	85,85
16	Descarga de camiones	12,5	1460	380	0,85	18,7	87,7	0,77	86,55

Tabla 7.1.1.4.1: Datos eléctricos de Motores IE1 propuestos Escenario 4.

Motor IE3 propuesto									
IT	HP	RPM	U[V]	FP	I[A]	Eff IE3 [%]	Factor de carga	Rendimiento en carga [%]	Ahorro [kWh]
1	12,5	1477	380	0,83	18,7	91,1	0,67	89,13	0,33
2	3	1455	380	0,8	4,74	88,2	0,84	87,73	0,14
3	4	1450	380	0,81	6,39	88	0,95	87,82	0,12
4	5,5	1450	380	0,78	8,78	88,8	0,81	88,62	0,25
5	7,5	1465	380	0,84	11,1	89,7	0,69	88,31	0,33
6	5,5	1450	380	0,78	8,78	88,8	0,75	88,50	0,23
10	2	2885	380	0,81	3,34	84,2	0,82	83,33	0,12
11	2	2885	380	0,81	3,34	84,2	0,87	83,57	0,12
12	2	2885	380	0,81	3,34	84,2	0,74	82,79	0,13
13	2	2885	380	0,81	3,34	84,2	0,77	83,03	0,13
14	7,5	2940	380	0,84	11,2	89,4	0,85	88,65	0,17
15	7,5	2940	380	0,84	11,2	89,4	0,97	89,15	0,23
16	12,5	1477	380	0,83	18,7	91,1	0,77	89,93	0,28

Tabla 7.1.1.4.2: Datos eléctricos de Motores IE3 propuestos Escenario 4.

En las tablas anteriores podemos observar la diferencia entre los valores nominales y en carga de la eficiencia, y como esto se ve reflejado en el ahorro de energía calculado.

Para este escenario en particular se van a considerar tanto ingresos como egresos de manera diferente a los anteriores casos.

Al tratarse de un estudio que no considera el recambio de motores ya instalados, si no que se enfoca en el análisis de la instalación de dos modelos de planta distintos en cuanto al nivel de eficiencia de sus motores, el único egreso será la diferencia entre los costos de los motores. Por ejemplo, el motor de 12,5 HP tiene un valor de 1000 USD mientras que uno con las mismas características, pero con eficiencia premium, tiene un costo de 1267 USD. Por lo tanto, en este caso se considera un valor de inversión de 267 USD. Aplicando el mismo criterio a todos los motores propuestos, obtendremos la inversión inicial total.

Por otra parte, como ya se ha considerado en los casos anteriores, el principal ingreso es el ahorro de energía. Además, se considerará un ahorro debido a la disminución en el mantenimiento.

Para expresar el ahorro económico debido a la disminución en el consumo de energía eléctrica tendremos en cuenta el precio por kWh según los valores de la Tabla 7.1.1.1.2.

A continuación, en la Tabla 7.1.1.4.3 se muestra el ahorro año a año teniendo en cuenta las consideraciones de este escenario en particular.

TAG	Carga	Ahorro anual [USD]										
		Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
1	Noria	-	33,38	35,05	36,80	38,64	40,57	42,60	44,73	46,97	49,32	51,78
2	Pre limpieza de Noria	-	14,57	15,29	16,06	16,86	17,70	18,59	19,52	20,49	21,52	22,60
3	Extracción silo 1	-	12,14	12,75	13,39	14,06	14,76	15,50	16,27	17,09	17,94	18,84
4	Extracción silo 2	-	24,86	26,10	27,40	28,77	30,21	31,72	33,31	34,97	36,72	38,56
5	Extracción silo 3	-	33,55	35,23	36,99	38,84	40,79	42,82	44,97	47,21	49,57	52,05
6	Extracción silo 4	-	23,49	24,66	25,89	27,19	28,55	29,97	31,47	33,05	34,70	36,43
10	Secador Silo 1	-	12,14	12,75	13,38	14,05	14,75	15,49	16,27	17,08	17,93	18,83
11	Secador Silo 2	-	12,40	13,02	13,67	14,36	15,07	15,83	16,62	17,45	18,32	19,24
12	Secador Silo 3	-	12,75	13,39	14,06	14,76	15,50	16,27	17,08	17,94	18,84	19,78
13	Secador Silo 4	-	12,79	13,43	14,10	14,81	15,55	16,33	17,14	18,00	18,90	19,84
14	Secador 1 Silo 5	-	17,61	18,49	19,42	20,39	21,41	22,48	23,60	24,78	26,02	27,32
15	Secador 2 Silo 5	-	23,61	24,79	26,03	27,34	28,70	30,14	31,64	33,23	34,89	36,63
16	Descarga de camiones	-	28,75	30,18	31,69	33,28	34,94	36,69	38,52	40,45	42,47	44,59
AHORRO TOTAL DE ENERGÍA		-	262,0	275,1	288,9	303,3	318,5	334,4	351,2	368,7	387,1	406,5

Tabla 7.1.1.4.3: Ahorro anual por máquina – Escenario 4 Planta de silos.

En la Tabla 7.1.1.4.4, se expresan los valores del flujo de caja para este escenario.

AÑO	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
AHORRO DE ENERGÍA		262,0	275,1	288,9	303,3	318,5	334,4	351,2	368,7	387,1	406,5
INVERSIÓN INICIAL	2831										
AHORRO EN MANTENIMIENTO		77,1	81,0	85,1	89,3	93,8	98,5	103,4	108,5	114,0	119,7
FLUJO DE CAJA	2831	339,2	356,1	373,9	392,6	412,3	432,9	454,5	477,3	501,1	526,2

Tabla 7.1.1.4.4: Flujo de Caja – Escenario 4 Planta de Silos.

Para determinar la factibilidad de este escenario, en la Tabla 7.1.1.4.5 se muestran los valores calculados del valor actual neto (VAN) y la tasa de retorno de inversión (TIR) para 880 horas de funcionamiento.

Tasa	2%
VAN	970,74
TIR	7,60%

Tabla 7.1.1.4.5: VAN y TIR – Escenario 4 Planta de Silos.

En este caso podemos asegurar que para el tiempo de evaluación de la inversión el proyecto es rentable, debido a que el valor del VAN es positivo y el TIR es superior a la tasa tomada como referencia.

Este resultado refleja que a la hora de seleccionar un motor no es una buena decisión priorizar el bajo costo inicial de inversión sin tener en cuenta la eficiencia energética.

Como ya vimos en nuestro estudio, el valor inicial de la inversión no debe ser el único parámetro a tener en cuenta al encarar un proyecto de estas características. Para determinar la viabilidad del mismo es necesario realizar un análisis previo, el cual nos permita seleccionar el motor adecuado a la carga mecánica a accionar, contemplar la cantidad de horas de funcionamiento del mismo y procurar que este sea de la mayor eficiencia posible. Todo esto, con el fin de obtener un menor consumo energético y con ello un menor impacto ambiental.

7.1.2 Conclusión Planta de Silos

Los motores de inducción relevados representan la totalidad de la potencia instalada, de los cuales la mayoría no supera los 7,5 HP. Además, el 50 % de los motores están sobredimensionados para la carga mecánica que accionan, debido a que sus factores de carga medidos en campo son menores a 0,65. Por los resultados obtenidos en esta planta, se concluye que no es rentable el recambio de motores existentes por otros de eficiencia premium. Esto se debe principalmente a las escasas horas de funcionamiento que requieren las tareas que se realizan en esta planta (880 horas anuales).

Por otro lado, seleccionando correctamente la potencia nominal del motor, acorde a su carga, se obtiene un mayor ahorro energético debido al aumento del factor de carga que trae como consecuencia haber disminuido la potencia nominal de la mitad de los motores.

Por último, vemos que realizando un estudio previo al momento de proyectar una planta con las mismas características que la analizada seleccionando correctamente

cada motor de acuerdo a la carga a accionar, la alternativa más apta y rentable va a ser seleccionar motores de eficiencia premium por sobre los de eficiencia estándar.

De esta manera, no solo se van a obtener beneficios económicos debido al ahorro energético, sino que también vamos a tener una instalación moderna, confiable y con un mayor compromiso con el medio ambiente reduciendo la huella de carbono.

7.2 MontHelado S.A.

Los días 19, 20 y 21 de Julio de 2021 nos presentamos en las instalaciones de la empresa MontHelado ubicada en la calle Velez Sarsfield 1163 de la ciudad de Rosario, donde realizamos los relevamientos y mediciones de todos sus motores de inducción. En la Figura 7.2.1 se muestra una imagen de la fachada de dicha planta.



Figura 7.2.1: Fachada Monthelado.

MontHelado tuvo sus inicios en el año 1949 como una empresa familiar dedicada a la elaboración de helados artesanales en un pequeño local de la ciudad de Rosario, enfocado en la venta minorista. Actualmente la empresa se encuentra establecida en la ex planta de La Virginia, la cual abarca aproximadamente 9000 m² cubiertos, produciendo helados a escala industrial con una red de distribuidores a nivel nacional y exportando sus productos a distintos países de América latina.

A continuación, se describe el proceso industrial de la planta comenzando por el sector de cocina. En este sector se mezclan los ingredientes en recipientes de acero inoxidable calefaccionados a 65°C. Seguidamente, a través de un shock térmico, se pasteuriza la base. La pasteurización es un proceso por el cual se eleva la temperatura

de la crema base de 65°C a 80°C durante 20 segundos, para luego enfriarlo inmediatamente hasta llegar a 6°C. Mediante este procedimiento se evita cualquier clase de contaminación microbiológica y a través del cumplimiento de los protocolos de higiene, se cuidan las propiedades naturales de los ingredientes sin alteraciones.

En este sector se utilizan motores de inducción para accionar los mecanismos encargados de realizar la mezcla inicial. La disposición suele ser la que se muestra en la Figura 7.2.2, en donde se pueden observar dos motores, los cuales difieren en su velocidad nominal de rotación para obtener un mejor resultado.



Figura 7.2.2: Mezcladora.

Una vez pasteurizada la mezcla, se deposita en tanques denominados maduradores, donde permanece a una temperatura menor o igual a 6°C hasta ser utilizada. Durante la maduración se incorpora el aromatizante y colorante según corresponda.

El funcionamiento de los motores de inducción en este sector es similar al explicado anteriormente. La cantidad de motores utilizados para la maduración es mucho mayor, pero de potencias inferiores a los utilizados en el sector de cocina.

Luego de transcurrida la estabilización de la mezcla, esta pasa al sector de producción donde se bate, se le agrega el frío requerido y según el producto final que se quiera obtener, se aplican diferentes tecnologías (túneles de congelado, paliteras, llenadoras lineales, etc.) las cuales en su funcionamiento utilizan algún tipo de motor de inducción.

Los productos terminados, una vez codificados, pasan por un detector de metales y siguen su trayectoria hasta la cámara de frío para su almacenamiento y posterior expedición. Para almacenamiento de productos terminados la planta posee una gran cámara de frío, la cual necesita compresores a tornillo de elevada potencia y compresores a pistón de potencias inferiores para mantener la temperatura correcta. Además, en todos estos sectores y procesos anteriormente mencionados se necesita el continuo bombeo de agua, por lo cual en la planta se encuentran distintos motores de inducción de diferentes potencias los cuales se encargan de accionar dichos dispositivos.

En la Figura 7.2.3 se muestra el motor de mayor potencia utilizado en la planta, mientras que en la Figura 7.2.4 se muestra un motor de inducción de baja potencia utilizado para bombeo, el cual debido a las condiciones de ambiente se encuentra demasiado deteriorado.



Figura 7.2.3: Motor 300HP Girofreezer.



Figura 7.2.4: Motor 2HP Bombeo.

A continuación, mostramos la Tabla 7.2.1 de relevamiento donde se detalla el listado de las máquinas. En ella se cargaron los datos de chapa de cada motor y los resultados obtenidos de las mediciones realizadas.

Relevamiento											
Monthelado		Datos de chapa						Datos medidos			
TAG	Carga	HP	RPM	U	FP	I[A]	Eff	I[A]	P[kW]	Arr.	Horas
1	girofreezer	300	2965	380	0,9	393	94,4	254	166,8	YD	20
2	bomba freom	7,5	2870	380	0,9	10,8	86	7	1,92	-	20
3	Bomba torre 1	15	2945	400	0,83	21,1	88,4	18	9,6	-	20
4	Bomba torre 2	15	2945	400	0,83	21,1	88,4	18	9,6	-	20
5	Bomba torre 3	15	2945	400	0,83	21,1	88,4	18	9,6	-	20
6	Bomba torre 4	2	1420	380	0,82	3,59	77,5	2	1,35	-	20
7	Bomba agua 1	2	2850	380	0,83	3,2	77,5	2	1,35	-	20
8	Bomba agua 2	2	2850	380	0,83	3,2	77,5	2	1,35	-	20
9	Bomba agua 3	2	2850	380	0,83	3,2	77,5	2	1,35	-	20
10	Bomba agua 4	2	2850	380	0,83	3,2	77,5	2	1,35	-	20

Relevamiento											
Monthelado		Datos de chapa						Datos medidos			
TAG	Carga	HP	RPM	U	FP	I[A]	Eff	I[A]	P[kW]	Arr.	Horas
11	Bomba agua 5	2	2850	380	0,83	3,2	77,5	2	1,35	-	20
12	Bomba agua 6	2	2850	380	0,83	3,2	77,5	2	1,35	-	20
13	Bomba agua 7	5,5	2850	380	0,85	3,2	83,5	3	3,2	-	20
14	Bomba agua 8	5,5	2850	380	0,85	3,2	83,5	3	3,2	-	20
15	Olla 1	5,5	1430	380	0,82	8,82	86,6	7	2,82	-	18
16	Olla 1 em	5,5	2890	380	0,88	8,13	85	8	4,7	-	18
17	Olla 2em	5,5	2890	380	0,88	8,13	85	8	4,6	-	18
18	Olla 2	5,5	1430	380	0,82	8,82	86,6	7	2,82	-	18
19	Olla 3	5,5	1430	380	0,82	8,82	86,6	7	2,82	-	18
20	Olla 4	5,5	1430	380	0,82	8,82	86,6	7	2,82	-	18
21	Olla 5	5,5	1430	380	0,82	8,82	86,6	7	2,82	-	18
22	Olla 6	5,5	1430	380	0,82	8,82	86,6	7	2,82	-	18
23	Freezer 1	Amasadora	7,5	1460	400	0,79	14,7	88,7	8	2,55	18
24		Bomba	1,5	1435	400	0,78	2,1	83,7	1	0,39	18
25	Freezer 2	Amasadora	7,5	1460	400	0,79	14,7	88,7	8	2,55	18
26		Bomba	1,5	1435	400	0,78	2,4	83,7	1	0,39	18
27	Freezer 3	Amasadora	7,5	1460	400	0,79	14,7	88,7	8	2,55	18
28		Bomba	1,5	1435	400	0,78	2,4	83,7	1	0,39	18
29	Freezer 4	Amasadora	7,5	1460	400	0,79	14,7	88,7	8	2,55	18
30		Bomba	1,5	1435	400	0,78	2,4	83,7	1	0,39	18
31	Freezer 5	Amasadora	7,5	1460	400	0,79	14,7	88,7	8	2,55	18
32		Bomba	1,5	1435	400	0,78	2,4	83,7	1	0,39	18
33	Freezer 6	Amasadora	7,5	1460	400	0,79	14,7	88,7	8	2,55	18
34		Bomba	1,5	1435	400	0,78	2,4	83,7	1	0,39	18
35	Freezer 7	Amasadora	7,5	1460	400	0,79	14,7	88,7	8	2,55	18
36		Bomba	1,5	1435	400	0,78	2,4	83,7	1	0,39	18
37	homogeneizador 1		50	1478	400	0,86	66	93,9	43,7	30,6	18
38	homogeneizador 2		50	1478	400	0,86	66	93,9	44,1	31,3	18
39	Pasteurizadora 1		12,5	2910	380	0,86	18,3	87	13	5,7	18
40	Pasteurizadora 2		12,5	2910	380	0,86	18,3	87	12,2	5,3	18
41	Madurador 1		2	1400	380	0,79	3,49	77,2	3	1,59	18
42	Madurador 2		2	1400	380	0,79	3,49	77,2	3	1,5	18
43	Madurador 3		2	1400	380	0,79	3,49	77,2	3	1,53	18
44	Madurador 4		2	1400	380	0,79	3,49	77,2	3	1,53	18
45	Madurador 5		2	1400	380	0,79	3,49	77,2	2	1,29	18
46	Madurador 6		2	1400	380	0,79	3,49	77,2	3	1,44	18
47	Madurador 7		2	1400	380	0,79	3,49	77,2	3	1,5	18

Relevamiento											
Monthelado		Datos de chapa						Datos medidos			
TAG	Carga	HP	RPM	U	FP	I[A]	Eff	I[A]	P[kW]	Arr.	Horas
48	Madurador 8	2	1400	380	0,79	3,49	77,2	3	1,38	-	18
49	Madurador 9	2	1400	380	0,79	3,49	77,2	2	1,23	-	18
50	Madurador 10	2	1400	380	0,79	3,49	77,2	3	1,53	-	18
51	Madurador 11	2	1400	380	0,79	3,49	77,2	3	1,59	-	18
52	Madurador 12	2	1400	380	0,79	3,49	77,2	3	1,59	-	18
53	Madurador 13	2	1400	380	0,79	3,49	77,2	3	1,44	-	18
54	Madurador 14	2	1400	380	0,79	3,49	77,2	3	1,53	-	18
55	Madurador 15	2	1400	380	0,79	3,49	77,2	3	1,53	-	18
56	Madurador 16	2	1400	380	0,79	3,49	77,2	3	1,5	-	18
57	Madurador 17	2	1400	380	0,79	3,49	77,2	3	1,44	-	18
58	Madurador 18	1	1415	380	0,81	1,87	77,5	1	0,72	-	18
59	Madurador 19	1	1415	380	0,81	1,87	77,5	1	0,48	-	18
60	Madurador 20	1	1415	380	0,81	1,87	77,5	1	0,51	-	18
61	Madurador 21	1	1415	380	0,81	1,87	77,5	1	0,54	-	18
62	Madurador 22	1	1415	380	0,81	1,87	77,5	1	0,78	-	18
63	Madurador 23	1	1415	380	0,81	1,87	77,5	1	0,66	-	18
64	Madurador 24	1	1415	380	0,81	1,87	77,5	1	0,8	-	18
65	Madurador 25	1	1415	380	0,81	1,87	77,5	1	0,66	-	18
66	Madurador 26	3	1450	380	0,75	5,2	83,5	5	2,37	-	18
67	Madurador 27	3	1450	380	0,75	5,2	83,5	4	1,98	-	18
68	Madurador 28	3	1450	380	0,75	5,2	83,5	4	1,92	-	18
69	Madurador 29	3	1450	380	0,75	5,2	83,5	5	2,22	-	18
70	Madurador 30	3	1450	380	0,75	5,2	83,5	4	2,1	-	18
71	Madurador 31	3	1450	380	0,75	5,2	83,5	5	2,31	-	18
72	Madurador 32	3	1450	380	0,75	5,2	83,5	5	2,34	-	18
73	Madurador 33	3	1450	380	0,75	5,2	83,5	4	1,8	-	18

Tabla 7.2.1: Relevamiento Monthelado.

Podemos observar en esta planilla de relevamiento, que la mayoría de los motores de inducción de la planta (33) se encuentran en el sector de maduración y son de baja potencia (menor o igual a 3 HP).

A continuación, se representa mediante un histograma (Figura 7.2.1) la variedad de máquinas instaladas de acuerdo a su potencia nominal.

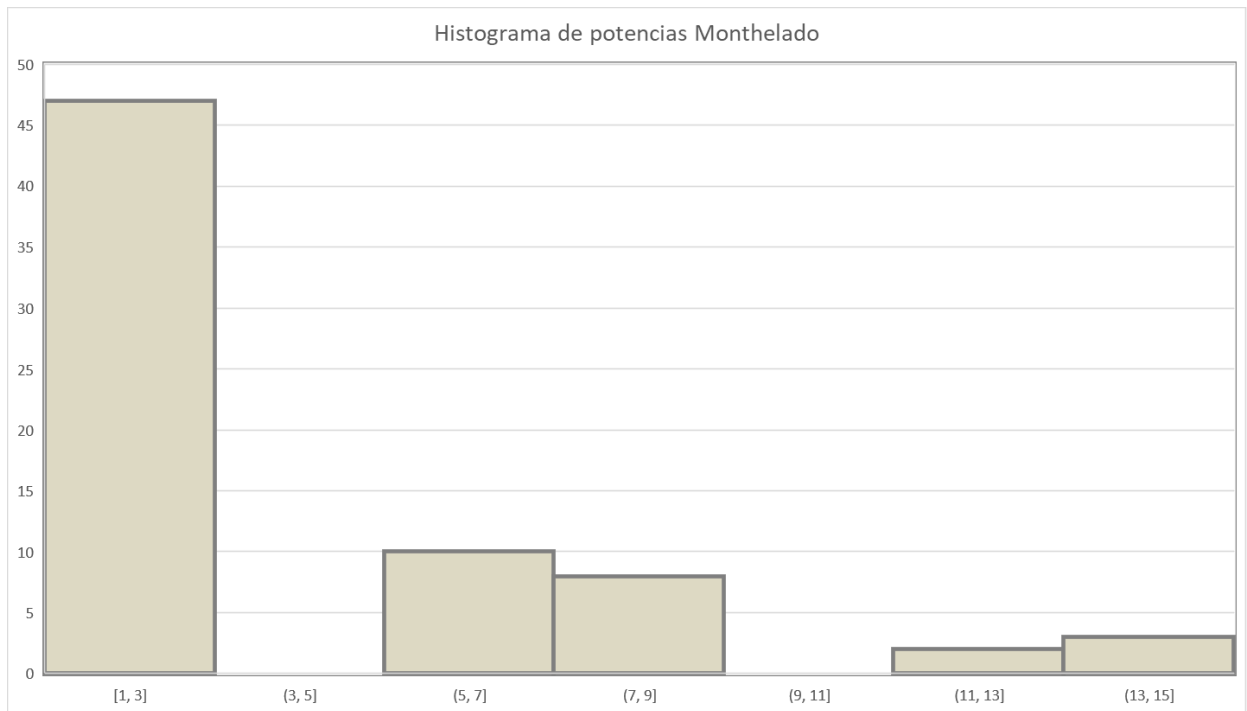


Figura 7.2.1: Histograma de potencias Monthelado.

No se ha tenido en cuenta a la máquina número 1 de 300HP, para una mejor visualización de dicho histograma.

Una vez obtenido el Factor de Carga de cada máquina mediante la Ecuación 4.1.1.2 y con los datos de chapa relevados, se calcula el rendimiento a cargas parciales mediante la Ecuación 4.2.1.

En la Tabla 7.2.2 se muestran los resultados obtenidos.

Rendimiento de máquina al factor de carga medido													
Datos obtenidos en planta							Cálculos realizados						
TAG	Carga	HP	RPM	FP	Eff [%]	Pmedida[kW]	Factor de Carga	ΔP	Deslizamiento	Pcu2	Po	X	Rendimiento en carga[%]
1	girofreezer	300	2965	0,9	94,4	166,8	0,70	13258,47	0,01	2641,82	7981,91	1,51	93,59
2	bomba freom	7,5	2870	0,9	86	1,92	0,30	909,59	0,04	253,43	403,41	0,80	78,39
3	Bomba torre 1	15	2945	0,83	88,4	9,6	0,76	1466,40	0,02	208,98	1049,00	2,51	86,62
4	Bomba torre 2	15	2945	0,83	88,4	9,6	0,76	1466,40	0,02	208,98	1049,00	2,51	86,62
5	Bomba torre 3	15	2945	0,83	88,4	9,6	0,76	1466,40	0,02	208,98	1049,00	2,51	86,62
6	Bomba torre 4	2	1420	0,82	77,5	1,35	0,70	432,58	0,05	84,06	264,69	1,58	74,76
7	Bomba agua 1	2	2850	0,83	77,5	1,35	0,70	432,58	0,05	78,53	275,74	1,76	74,45
8	Bomba agua 2	2	2850	0,83	77,5	1,35	0,70	432,58	0,05	78,53	275,74	1,76	74,45
9	Bomba agua 3	2	2850	0,83	77,5	1,35	0,70	432,58	0,05	78,53	275,74	1,76	74,45
10	Bomba agua 4	2	2850	0,83	77,5	1,35	0,70	432,58	0,05	78,53	275,74	1,76	74,45
11	Bomba agua 5	2	2850	0,83	77,5	1,35	0,70	432,58	0,05	78,53	275,74	1,76	74,45
12	Bomba agua 6	2	2850	0,83	77,5	1,35	0,70	432,58	0,05	78,53	275,74	1,76	74,45
13	Bomba agua 7	5,5	2850	0,85	83,5	3,2	0,65	809,69	0,05	215,95	378,37	0,88	82,39
14	Bomba agua 8	5,5	2850	0,85	83,5	3,2	0,65	809,69	0,05	215,95	378,37	0,88	82,39
15	Olla 1	5,5	1430	0,82	86,6	2,82	0,60	634,02	0,05	200,85	232,87	0,58	86,49
16	Olla 1 em	5,5	2890	0,88	85	4,7	0,97	723,09	0,04	156,17	411,17	1,32	84,75
17	Olla 2em	5,5	2890	0,88	85	4,6	0,95	723,09	0,04	156,17	411,17	1,32	84,70
18	Olla 2	5,5	1430	0,82	86,6	2,82	0,60	634,02	0,05	200,85	232,87	0,58	86,49
19	Olla 3	5,5	1430	0,82	86,6	2,82	0,60	634,02	0,05	200,85	232,87	0,58	86,49
20	Olla 4	5,5	1430	0,82	86,6	2,82	0,60	634,02	0,05	200,85	232,87	0,58	86,49
21	Olla 5	5,5	1430	0,82	86,6	2,82	0,60	634,02	0,05	200,85	232,87	0,58	86,49

Rendimiento de máquina al factor de carga medido														
Datos obtenidos en planta							Cálculos realizados							
TAG	Carga		HP	RPM	FP	Eff [%]	Pmedida[kW]	Factor de Carga	ΔP	Deslizamiento	Pcu2	Po	X	Rendimiento en carga[%]
22	Olla 6		5,5	1430	0,82	86,6	2,82	0,60	634,02	0,05	200,85	232,87	0,58	86,49
23	Freezer 1	Amasadora	7,5	1460	0,79	88,7	2,55	0,40	711,82	0,03	153,29	405,66	1,32	82,99
24		Bomba	1,5	1435	0,78	83,7	0,39	0,29	217,63	0,04	50,69	116,39	1,15	71,96
25	Freezer 2	Amasadora	7,5	1460	0,79	88,7	2,55	0,40	711,82	0,03	153,29	405,66	1,32	82,99
26		Bomba	1,5	1435	0,78	83,7	0,39	0,29	217,63	0,04	50,69	116,39	1,15	71,96
27	Freezer 3	Amasadora	7,5	1460	0,79	88,7	2,55	0,40	711,82	0,03	153,29	405,66	1,32	82,99
28		Bomba	1,5	1435	0,78	83,7	0,39	0,29	217,63	0,04	50,69	116,39	1,15	71,96
29	Freezer 4	Amasadora	7,5	1460	0,79	88,7	2,55	0,40	711,82	0,03	153,29	405,66	1,32	82,99
30		Bomba	1,5	1435	0,78	83,7	0,39	0,29	217,63	0,04	50,69	116,39	1,15	71,96
31	Freezer 5	Amasadora	7,5	1460	0,79	88,7	2,55	0,40	711,82	0,03	153,29	405,66	1,32	82,99
32		Bomba	1,5	1435	0,78	83,7	0,39	0,29	217,63	0,04	50,69	116,39	1,15	71,96
33	Freezer 6	Amasadora	7,5	1460	0,79	88,7	2,55	0,40	711,82	0,03	153,29	405,66	1,32	82,99
34		Bomba	1,5	1435	0,78	83,7	0,39	0,29	217,63	0,04	50,69	116,39	1,15	71,96
35	Freezer 7	Amasadora	7,5	1460	0,79	88,7	2,55	0,40	711,82	0,03	153,29	405,66	1,32	82,99
36		Bomba	1,5	1435	0,78	83,7	0,39	0,29	217,63	0,04	50,69	116,39	1,15	71,96
37	homogeneizador 1		50	1478	0,86	93,9	30,6	0,77	2419,86	0,01	555,21	1310,93	1,18	93,48
38	homogeneizador 2		50	1478	0,86	93,9	31,3	0,79	2419,86	0,01	555,21	1310,93	1,18	93,53
39	Pasteurizadora 1		12,5	2910	0,86	87	5,7	0,53	1391,52	0,03	288,40	815,49	1,42	83,28
40	Pasteurizadora 2		12,5	2910	0,86	87	5,3	0,49	1391,52	0,03	288,40	815,49	1,42	82,58
41	Madurador 1		2	1400	0,79	77,2	1,59	0,82	440,05	0,07	106,57	227,19	1,07	76,47
42	Madurador 2		2	1400	0,79	77,2	1,5	0,78	440,05	0,07	106,57	227,19	1,07	76,21
43	Madurador 3		2	1400	0,79	77,2	1,53	0,79	440,05	0,07	106,57	227,19	1,07	76,30
44	Madurador 4		2	1400	0,79	77,2	1,53	0,79	440,05	0,07	106,57	227,19	1,07	76,30

Rendimiento de máquina al factor de carga medido													
Datos obtenidos en planta							Cálculos realizados						
TAG	Carga	HP	RPM	FP	Eff [%]	Pmedida[kW]	Factor de Carga	ΔP	Deslizamiento	Pcu2	Po	X	Rendimiento en carga[%]
45	Madurador 5	2	1400	0,79	77,2	1,29	0,67	440,05	0,07	106,57	227,19	1,07	75,25
46	Madurador 6	2	1400	0,79	77,2	1,44	0,75	440,05	0,07	106,57	227,19	1,07	75,98
47	Madurador 7	2	1400	0,79	77,2	1,5	0,78	440,05	0,07	106,57	227,19	1,07	76,21
48	Madurador 8	2	1400	0,79	77,2	1,38	0,71	440,05	0,07	106,57	227,19	1,07	75,72
49	Madurador 9	2	1400	0,79	77,2	1,23	0,64	440,05	0,07	106,57	227,19	1,07	74,86
50	Madurador 10	2	1400	0,79	77,2	1,53	0,79	440,05	0,07	106,57	227,19	1,07	76,30
51	Madurador 11	2	1400	0,79	77,2	1,59	0,82	440,05	0,07	106,57	227,19	1,07	76,47
52	Madurador 12	2	1400	0,79	77,2	1,59	0,82	440,05	0,07	106,57	227,19	1,07	76,47
53	Madurador 13	2	1400	0,79	77,2	1,44	0,75	440,05	0,07	106,57	227,19	1,07	75,98
54	Madurador 14	2	1400	0,79	77,2	1,53	0,79	440,05	0,07	106,57	227,19	1,07	76,30
55	Madurador 15	2	1400	0,79	77,2	1,53	0,79	440,05	0,07	106,57	227,19	1,07	76,30
56	Madurador 16	2	1400	0,79	77,2	1,5	0,78	440,05	0,07	106,57	227,19	1,07	76,21
57	Madurador 17	2	1400	0,79	77,2	1,44	0,75	440,05	0,07	106,57	227,19	1,07	75,98
58	Madurador 18	1	1415	0,81	77,5	0,72	0,75	216,29	0,06	44,81	126,79	1,42	75,62
59	Madurador 19	1	1415	0,81	77,5	0,48	0,50	216,29	0,06	44,81	126,79	1,42	71,04
60	Madurador 20	1	1415	0,81	77,5	0,51	0,53	216,29	0,06	44,81	126,79	1,42	71,89
61	Madurador 21	1	1415	0,81	77,5	0,54	0,56	216,29	0,06	44,81	126,79	1,42	72,64
62	Madurador 22	1	1415	0,81	77,5	0,78	0,81	216,29	0,06	44,81	126,79	1,42	76,20
63	Madurador 23	1	1415	0,81	77,5	0,66	0,69	216,29	0,06	44,81	126,79	1,42	74,86
64	Madurador 24	1	1415	0,81	77,5	0,8	0,83	216,29	0,06	44,81	126,79	1,42	76,37
65	Madurador 25	1	1415	0,81	77,5	0,66	0,69	216,29	0,06	44,81	126,79	1,42	74,86
66	Madurador 26	3	1450	0,75	83,5	2,37	0,88	441,65	0,03	77,17	287,51	1,87	82,66
67	Madurador 27	3	1450	0,75	83,5	1,98	0,74	441,65	0,03	77,17	287,51	1,87	81,39

Rendimiento de máquina al factor de carga medido													
Datos obtenidos en planta							Cálculos realizados						
TAG	Carga	HP	RPM	FP	Eff [%]	Pmedida[kW]	Factor de Carga	ΔP	Deslizamiento	Pcu2	Po	X	Rendimiento en carga[%]
68	Madurador 28	3	1450	0,75	83,5	1,92	0,72	441,65	0,03	77,17	287,51	1,87	81,13
69	Madurador 29	3	1450	0,75	83,5	2,22	0,83	441,65	0,03	77,17	287,51	1,87	82,25
70	Madurador 30	3	1450	0,75	83,5	2,1	0,78	441,65	0,03	77,17	287,51	1,87	81,85
71	Madurador 31	3	1450	0,75	83,5	2,31	0,86	441,65	0,03	77,17	287,51	1,87	82,51
72	Madurador 32	3	1450	0,75	83,5	2,34	0,87	441,65	0,03	77,17	287,51	1,87	82,59
73	Madurador 33	3	1450	0,75	83,5	1,8	0,67	441,65	0,03	77,17	287,51	1,87	80,54

Tabla 7.2.2: Rendimiento de máquina al factor de carga medido

Como ya se ha detallado en el apartado 4.2, el método utilizado para el cálculo de la eficiencia a cargas parciales no es lo suficientemente exacto para motores de potencia menor a 30HP con factores de carga menores a 40%.

Por lo tanto, dejaremos fuera del análisis de esta planta a los motores que cumplen con dicha condición y cuyos tags son los siguientes: 24, 26, 28, 30, 32, 34.

En la Figura 7.2.2 se muestran gráficamente los factores de carga de las máquinas relevadas con potencia nominal menor a 50HP.

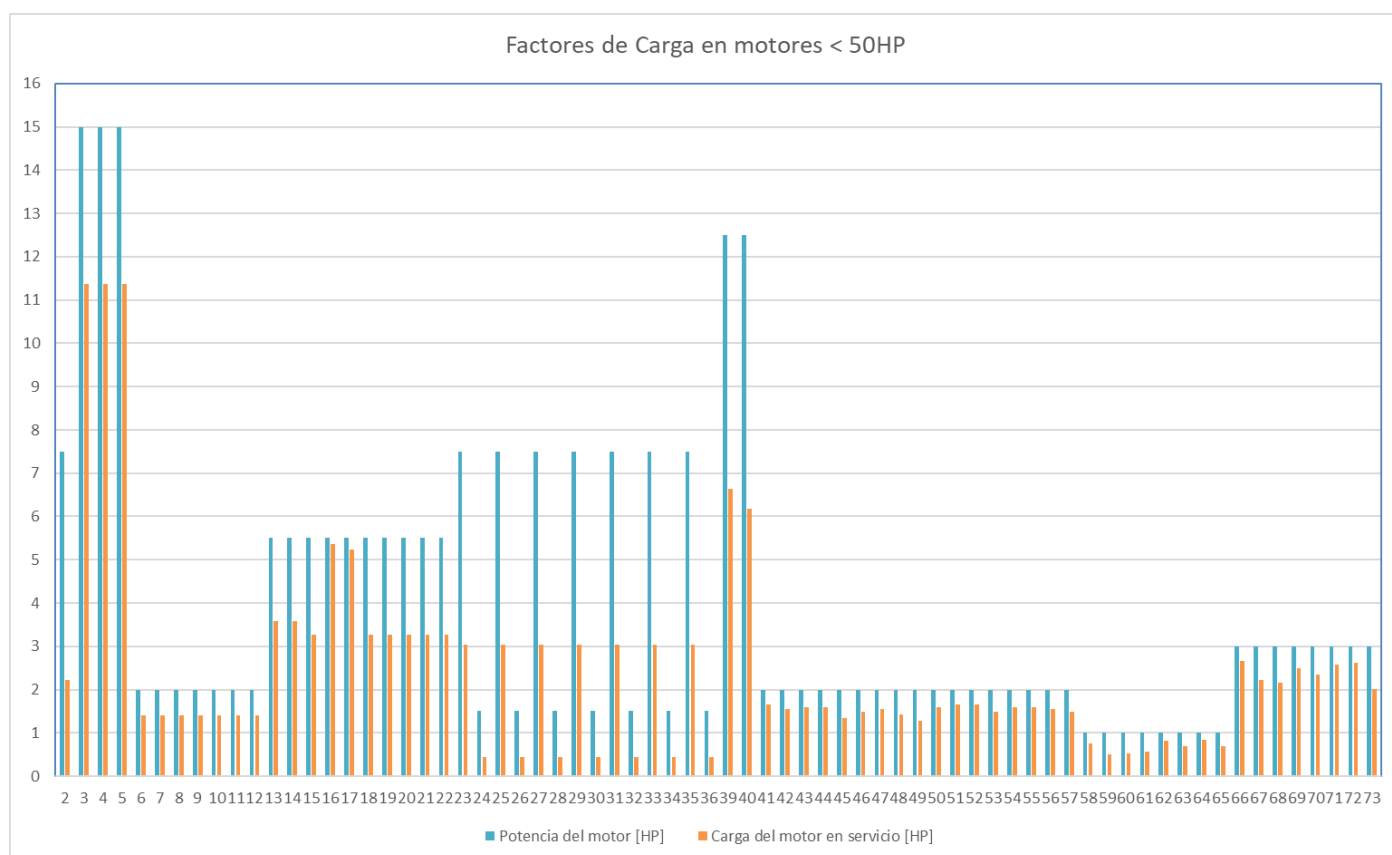


Figura 7.2.2: Factores de carga en motores menores a 50HP.

De la misma manera, en la Figura 7.2.3, se muestran los factores de carga para motores de potencia nominal mayor o igual a 50HP.

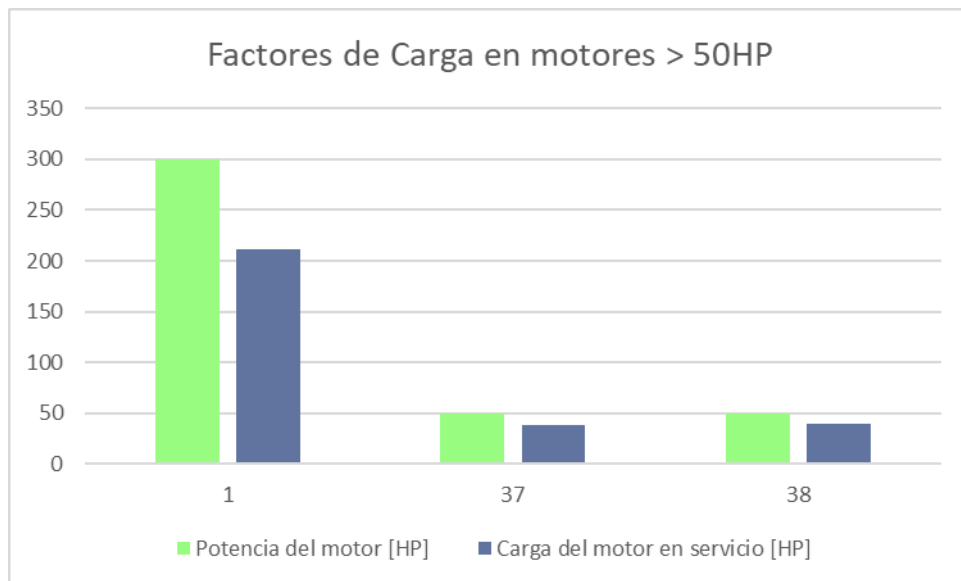


Figura 7.2.3: Factores de carga en motores mayores o iguales a 50HP.

A continuación, se presentan los escenarios propuestos para la planta Monthelado.

7.2.1 Escenarios Propuestos

A continuación, se plantearán distintos escenarios con diferentes criterios para el reemplazo de los motores instalados. En este caso se considerarán 5 escenarios:

Escenario 1: Reemplazo de la totalidad de los motores de inducción de eficiencia estándar por otros de eficiencia premium y misma potencia.

Escenario 2: Proponemos también el recambio de la totalidad de los motores, pero en este caso, considerando su factor de carga. Por lo cual, vamos a seleccionar motores de potencia adecuada para aquellos que están sobredimensionados siguiendo el criterio mencionado en el apartado 6.1.

Escenario 3: En este caso vamos a reemplazar solo aquellos motores que están sobredimensionados, es decir, tienen un bajo factor de carga.

Escenario 4: Aquí se propone el reemplazo y redimensionamiento de los motores de eficiencia estándar cuya potencia nominal sea mayor o igual a 7,5 HP.

Escenario 5: Como caso opuesto al escenario 4, en este escenario se plantea el reemplazo y redimensionamiento de los motores de eficiencia estándar cuya potencia nominal sea menor a 7,5 HP.

7.2.1.1 Primer Escenario

Para este escenario, en el cual se propone el reemplazo de la totalidad de los motores de eficiencia estándar por otros de eficiencia premium e igual potencia nominal, se presenta la Tabla 7.2.1.1.1 que contiene los datos eléctricos y los valores de rendimiento calculados al factor de carga medido para dichas máquinas. Además, contiene el dato de energía ahorrada por hora.

Motor IE3 propuesto										
IT	HP	RPM	U[V]	FP	I[A]	Eff IE3 [%]	Factor de carga	Rendimiento en carga [%]	Cambió de potencia?	Ahorro [kWh]
1	300	2981	380	0,9	320	96	0,70	95,16	No	2,77
2	7,5	2930	380	0,84	11,2	89,4	0,30	79,49	No	0,03
3	15	2930	380	0,88	20,8	91,2	0,76	90,74	No	0,45
4	15	2930	380	0,88	20,8	91,2	0,76	90,74	No	0,45
5	15	2930	380	0,88	20,8	91,2	0,76	90,74	No	0,45
6	2	1440	380	0,8	3,32	86	0,70	85,14	No	0,17
7	2	2885	380	0,81	3,34	84,2	0,70	82,43	No	0,14
8	2	2885	380	0,81	3,34	84,2	0,70	82,43	No	0,14
9	2	2885	380	0,81	3,34	84,2	0,70	82,43	No	0,14
10	2	2885	380	0,81	3,34	84,2	0,70	82,43	No	0,14
11	2	2885	380	0,81	3,34	84,2	0,70	82,43	No	0,14
12	2	2885	380	0,81	3,34	84,2	0,70	82,43	No	0,14
13	5,5	2910	380	0,83	8,28	88,4	0,65	87,02	No	0,16
14	5,5	2910	380	0,83	8,28	88,4	0,65	87,02	No	0,16
15	5,5	1450	380	0,78	8,78	88,8	0,60	87,78	No	0,04
16	5,5	2910	380	0,83	8,28	88,4	0,97	88,22	No	0,19
17	5,5	2910	380	0,83	8,28	88,4	0,95	88,20	No	0,18
18	5,5	1450	380	0,78	8,78	88,8	0,60	87,78	No	0,04
19	5,5	1450	380	0,78	8,78	88,8	0,60	87,78	No	0,04
20	5,5	1450	380	0,78	8,78	88,8	0,60	87,78	No	0,04
21	5,5	1450	380	0,78	8,78	88,8	0,60	87,78	No	0,04
22	5,5	1450	380	0,78	8,78	88,8	0,60	87,78	No	0,04
23	7,5	1465	380	0,84	11,1	89,7	0,40	84,17	No	0,04
25	7,5	1465	380	0,84	11,1	89,7	0,40	84,17	No	0,04
27	7,5	1465	380	0,84	11,1	89,7	0,40	84,17	No	0,04
29	7,5	1465	380	0,84	11,1	89,7	0,40	84,17	No	0,04
31	7,5	1465	380	0,84	11,1	89,7	0,40	84,17	No	0,04
33	7,5	1465	380	0,84	11,1	89,7	0,40	84,17	No	0,04
35	7,5	1465	380	0,84	11,1	89,7	0,40	84,17	No	0,04
37	50	1478	380	0,82	72,8	94,1	0,77	93,74	No	0,43
38	50	1478	380	0,82	72,8	94,1	0,79	93,78	No	0,31

Motor IE3 propuesto										
IT	HP	RPM	U[V]	FP	I[A]	Eff IE3 [%]	Factor de carga	Rendimiento en carga [%]	Cambi6 de potencia?	Ahorro [kWh]
39	12,5	2930	380	0,88	17,5	90,7	0,53	88,46	No	0,35
40	12,5	2930	380	0,88	17,5	90,7	0,49	87,99	No	0,34
41	2	1440	380	0,8	3,32	86	0,82	85,63	No	0,17
42	2	1440	380	0,8	3,32	86	0,78	85,49	No	0,17
43	2	1440	380	0,8	3,32	86	0,79	85,54	No	0,17
44	2	1440	380	0,8	3,32	86	0,79	85,54	No	0,17
45	2	1440	380	0,8	3,32	86	0,67	84,93	No	0,15
46	2	1440	380	0,8	3,32	86	0,75	85,37	No	0,16
47	2	1440	380	0,8	3,32	86	0,78	85,49	No	0,17
48	2	1440	380	0,8	3,32	86	0,71	85,21	No	0,16
49	2	1440	380	0,8	3,32	86	0,64	84,69	No	0,15
50	2	1440	380	0,8	3,32	86	0,79	85,54	No	0,17
51	2	1440	380	0,8	3,32	86	0,82	85,63	No	0,17
52	2	1440	380	0,8	3,32	86	0,82	85,63	No	0,17
53	2	1440	380	0,8	3,32	86	0,75	85,37	No	0,16
54	2	1440	380	0,8	3,32	86	0,79	85,54	No	0,17
55	2	1440	380	0,8	3,32	86	0,79	85,54	No	0,17
56	2	1440	380	0,8	3,32	86	0,78	85,49	No	0,17
57	2	1440	380	0,8	3,32	86	0,75	85,37	No	0,16
58	1	1435	380	0,78	1,77	82,5	0,75	81,04	No	0,05
59	1	1435	380	0,78	1,77	82,5	0,50	77,31	No	0,04
60	1	1435	380	0,78	1,77	82,5	0,53	78,02	No	0,04
61	1	1435	380	0,78	1,77	82,5	0,56	78,63	No	0,04
62	1	1435	380	0,78	1,77	82,5	0,81	81,50	No	0,05
63	1	1435	380	0,78	1,77	82,5	0,69	80,44	No	0,05
64	1	1435	380	0,78	1,77	82,5	0,83	81,63	No	0,05
65	1	1435	380	0,78	1,77	82,5	0,69	80,44	No	0,05
66	3	1435	380	0,79	4,86	87	0,88	87,03	No	0,12
67	3	1435	380	0,79	4,86	87	0,74	87,04	No	0,13
68	3	1435	380	0,79	4,86	87	0,72	87,00	No	0,13
69	3	1435	380	0,79	4,86	87	0,83	87,08	No	0,12
70	3	1435	380	0,79	4,86	87	0,78	87,08	No	0,13
71	3	1435	380	0,79	4,86	87	0,86	87,06	No	0,12
72	3	1435	380	0,79	4,86	87	0,87	87,05	No	0,12
73	3	1435	380	0,79	4,86	87	0,67	86,90	No	0,14

Tabla 7.2.1.1.1: Motores IE3 propuestos Monthelado Escenario 1.

Se consideran en este, y en los siguientes escenarios, a la inversión inicial por la compra de los equipos y la mano de obra necesaria para su instalación como único egreso.

De la misma manera, para este y los siguientes escenarios, los ingresos considerados son:

Ahorro en el consumo energético, debido al aumento de la eficiencia, y disminución del mantenimiento de los motores.

Por lo tanto, es necesario para este estudio cuantificar el precio de cada kWh ahorrado.

La planta posee una potencia instalada de aproximadamente 1500 kVA, y recibe el suministro de energía eléctrica por parte de la red distribución de 13,2 kV perteneciente a la empresa provincial de la energía (EPE).

Esta planta se encuentra dentro de la categoría de usuario 2M32 (Media tensión 33 kV o Capacidad contratada mayor o igual a 1000 kW – Demandas mayores o iguales a 300 kW) de la Tarifa 2 para GRANDES DEMANDAS. En el **ANEXO X** se puede observar dicho cuadro tarifario.

Por lo cual gracias al asesoramiento y sugerencia por parte de personal de la Empresa Provincial de la Energía que se desempeña en el área de Tarifa Eléctrica procedemos de la siguiente manera.

A partir de los valores expresados en la factura de la EPE del mes de diciembre brindada por la empresa Monthelado S.A., dividiendo la suma de los costos fijos y variables entre la cantidad de kWh consumidos por la planta en ese periodo de tiempo llegamos a un valor promedio del kWh.

Además, se tienen en cuenta los distintos impuestos nacionales, provinciales y municipales correspondientes al sitio donde está ubicada la planta.

El valor obtenido es el expresado en la Tabla 7.2.1.1.2.

	\$/kWh	US\$/kWh
Precio del kWh	17,33556	0,16510057

Tabla 7.2.1.1.2: Tarifa 2M32 EPESF.

Con los valores expuestos en la Tabla 7.2.1.1.2, el ahorro calculado en la Tabla 7.2.1.1.1 y las horas diarias de funcionamiento detalladas en la Tabla 7.2.1, en la Tabla 7.2.1.1.3 realizaremos el cálculo del dinero ahorrado a lo largo de los años.

TAG	Carga	Ahorro anual [USD]										
		Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
1	Girofreezer	-	1827	1919	2015	2116	2221	2332	2449	2571	2700	2835
2	Bomba freom	-	19,3	20,3	21,3	22,3	23,5	24,6	25,9	27,2	28,5	29,9
3	Bomba torre 1	-	294,0	308,7	324,2	340,4	357,4	375,3	394,0	413,7	434,4	456,1
4	Bomba torre 2	-	294,0	308,7	324,2	340,4	357,4	375,3	394,0	413,7	434,4	456,1
5	Bomba torre 3	-	294,0	308,7	324,2	340,4	357,4	375,3	394,0	413,7	434,4	456,1
6	Bomba torre 4	-	112,7	118,4	124,3	130,5	137,0	143,9	151,1	158,6	166,6	174,9
7	Bomba agua 1	-	89,8	94,3	99,0	103,9	109,1	114,6	120,3	126,3	132,7	139,3
8	Bomba agua 2	-	89,8	94,3	99,0	103,9	109,1	114,6	120,3	126,3	132,7	139,3
9	Bomba agua 3	-	89,8	94,3	99,0	103,9	109,1	114,6	120,3	126,3	132,7	139,3
10	Bomba agua 4	-	89,8	94,3	99,0	103,9	109,1	114,6	120,3	126,3	132,7	139,3
11	Bomba agua 5	-	89,8	94,3	99,0	103,9	109,1	114,6	120,3	126,3	132,7	139,3
12	Bomba agua 6	-	89,8	94,3	99,0	103,9	109,1	114,6	120,3	126,3	132,7	139,3
13	Bomba agua 7	-	103,1	108,3	113,7	119,4	125,3	131,6	138,2	145,1	152,3	160,0
14	Bomba agua 8	-	103,1	108,3	113,7	119,4	125,3	131,6	138,2	145,1	152,3	160,0
15	Olla 1	-	24,6	25,8	27,1	28,5	29,9	31,4	32,9	34,6	36,3	38,1
16	Olla 1 em	-	110,3	115,8	121,6	127,7	134,0	140,7	147,8	155,2	162,9	171,1
17	Olla 2em	-	108,9	114,3	120,0	126,0	132,3	138,9	145,9	153,2	160,8	168,9
18	Olla 2	-	24,6	25,8	27,1	28,5	29,9	31,4	32,9	34,6	36,3	38,1
19	Olla 3	-	24,6	25,8	27,1	28,5	29,9	31,4	32,9	34,6	36,3	38,1
20	Olla 4	-	24,6	25,8	27,1	28,5	29,9	31,4	32,9	34,6	36,3	38,1
21	Olla 5	-	24,6	25,8	27,1	28,5	29,9	31,4	32,9	34,6	36,3	38,1
22	Olla 6	-	24,6	25,8	27,1	28,5	29,9	31,4	32,9	34,6	36,3	38,1
23	Amasadora 1	-	22,6	23,8	25,0	26,2	27,5	28,9	30,3	31,9	33,5	35,1
25	Amasadora 2	-	22,6	23,8	25,0	26,2	27,5	28,9	30,3	31,9	33,5	35,1
27	Amasadora 3	-	22,6	23,8	25,0	26,2	27,5	28,9	30,3	31,9	33,5	35,1
29	Amasadora 4	-	22,6	23,8	25,0	26,2	27,5	28,9	30,3	31,9	33,5	35,1
31	Amasadora 5	-	22,6	23,8	25,0	26,2	27,5	28,9	30,3	31,9	33,5	35,1
33	Amasadora 6	-	22,6	23,8	25,0	26,2	27,5	28,9	30,3	31,9	33,5	35,1
35	Amasadora 7	-	22,6	23,8	25,0	26,2	27,5	28,9	30,3	31,9	33,5	35,1
37	homogeneizador 1	-	256,5	269,4	282,8	297,0	311,8	327,4	343,8	361,0	379,0	398,0
38	homogeneizador 2	-	186,2	195,5	205,3	215,6	226,3	237,7	249,5	262,0	275,1	288,9
39	Pasteurizadora 1	-	207,2	217,6	228,4	239,8	251,8	264,4	277,7	291,5	306,1	321,4
40	Pasteurizadora 2	-	204,2	214,4	225,1	236,3	248,2	260,6	273,6	287,3	301,6	316,7
41	Madurador 1	-	102,1	107,2	112,5	118,2	124,1	130,3	136,8	143,6	150,8	158,4
42	Madurador 2	-	98,1	103,0	108,1	113,6	119,2	125,2	131,5	138,0	144,9	152,2
43	Madurador 3	-	99,4	104,4	109,6	115,1	120,8	126,9	133,2	139,9	146,9	154,2
44	Madurador 4	-	99,4	104,4	109,6	115,1	120,8	126,9	133,2	139,9	146,9	154,2
45	Madurador 5	-	89,7	94,2	98,9	103,8	109,0	114,5	120,2	126,2	132,5	139,1

TAG	Carga	Ahorro anual [USD]										
		Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
46	Madurador 6	-	95,6	100,3	105,4	110,6	116,2	122,0	128,1	134,5	141,2	148,2
47	Madurador 7	-	98,1	103,0	108,1	113,6	119,2	125,2	131,5	138,0	144,9	152,2
48	Madurador 8	-	93,1	97,8	102,7	107,8	113,2	118,9	124,8	131,0	137,6	144,5
49	Madurador 9	-	87,5	91,9	96,5	101,3	106,4	111,7	117,3	123,1	129,3	135,8
50	Madurador 10	-	99,4	104,4	109,6	115,1	120,8	126,9	133,2	139,9	146,9	154,2
51	Madurador 11	-	102,1	107,2	112,5	118,2	124,1	130,3	136,8	143,6	150,8	158,4
52	Madurador 12	-	102,1	107,2	112,5	118,2	124,1	130,3	136,8	143,6	150,8	158,4
53	Madurador 13	-	95,6	100,3	105,4	110,6	116,2	122,0	128,1	134,5	141,2	148,2
54	Madurador 14	-	99,4	104,4	109,6	115,1	120,8	126,9	133,2	139,9	146,9	154,2
55	Madurador 15	-	99,4	104,4	109,6	115,1	120,8	126,9	133,2	139,9	146,9	154,2
56	Madurador 16	-	98,1	103,0	108,1	113,6	119,2	125,2	131,5	138,0	144,9	152,2
57	Madurador 17	-	95,6	100,3	105,4	110,6	116,2	122,0	128,1	134,5	141,2	148,2
58	Madurador 18	-	29,4	30,8	32,4	34,0	35,7	37,5	39,4	41,3	43,4	45,6
59	Madurador 19	-	25,2	26,5	27,8	29,2	30,7	32,2	33,8	35,5	37,3	39,1
60	Madurador 20	-	25,7	26,9	28,3	29,7	31,2	32,7	34,4	36,1	37,9	39,8
61	Madurador 21	-	26,1	27,4	28,8	30,2	31,7	33,3	35,0	36,7	38,6	40,5
62	Madurador 22	-	30,7	32,2	33,8	35,5	37,3	39,1	41,1	43,1	45,3	47,6
63	Madurador 23	-	28,2	29,6	31,1	32,6	34,2	36,0	37,8	39,6	41,6	43,7
64	Madurador 24	-	31,1	32,7	34,3	36,0	37,8	39,7	41,7	43,8	46,0	48,3
65	Madurador 25	-	28,2	29,6	31,1	32,6	34,2	36,0	37,8	39,6	41,6	43,7
66	Madurador 26	-	71,5	75,1	78,8	82,8	86,9	91,2	95,8	100,6	105,6	110,9
67	Madurador 27	-	78,4	82,3	86,4	90,7	95,3	100,0	105,0	110,3	115,8	121,6
68	Madurador 28	-	79,3	83,3	87,5	91,8	96,4	101,3	106,3	111,6	117,2	123,1
69	Madurador 29	-	74,3	78,0	81,9	86,0	90,3	94,8	99,5	104,5	109,8	115,2
70	Madurador 30	-	76,4	80,2	84,2	88,4	92,9	97,5	102,4	107,5	112,9	118,5
71	Madurador 31	-	72,6	76,3	80,1	84,1	88,3	92,7	97,3	102,2	107,3	112,7
72	Madurador 32	-	72,1	75,7	79,4	83,4	87,6	92,0	96,6	101,4	106,5	111,8
73	Madurador 33	-	81,2	85,2	89,5	93,9	98,6	103,6	108,8	114,2	119,9	125,9
AHORRO TOTAL DE ENERGÍA [USD]		-	7450	7823	8214	8625	9056	9509	9984	10484	11008	11558

Tabla 7.2.1.1.3: Ahorro anual por máquina – Escenario 1 Monthelado.

Con estos valores realizamos el Flujo de Caja que se muestra en la Tabla 7.2.1.1.4.

AÑO	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
AHORRO DE ENERGÍA [USD]		7450	7823	8214	8625	9056	9509	9984	10484	11008	11558
INVERSIÓN INICIAL [USD]	70000										
AHORRO EN MANTENIMIENTO [USD]		540	567	595	625	656	689	724	760	798	838
FLUJO DE CAJA [USD]	70000	7990	8390	8809	9250	9712	10198	10708	11243	11806	12396

Tabla 7.2.1.1.4: Flujo de Caja – Escenario 1 Monthelado.

Luego, en la Tabla 7.2.1.1.5, se muestran los valores calculados del VAN y el TIR los cuales determinan la factibilidad, o no, del escenario propuesto.

Tasa	2%
VAN	19562,46
TIR	6,63%

Tabla 7.2.1.1.5: VAN y TIR – Escenario 1 Monthelado.

A partir del resultado positivo del VAN y un valor de TIR superior a la Tasa de referencia, podemos decir que este escenario es rentable.

Podemos concluir que a pesar de seguir manteniendo motores con bajos factores de carga, lo cual afecta a la eficiencia, este escenario es rentable ya que el VAN es positivo y el TIR supera a la Tasa de Referencia.

Esto se debe principalmente a las elevadas horas de funcionamiento de las máquinas, y al aumento propio de la eficiencia nominal por parte de los motores IE3 con respecto a los de eficiencia estándar.

En cuanto a la energía total ahorrada y la disminución de emisiones de CO₂ durante el periodo de 10 años utilizado para este estudio, se presenta la Tabla 7.2.1.1.6 con los valores correspondientes.

Energía Ahorrada	451,27 MWh
Disminución de emisiones	189,5 tCO ₂

Tabla 7.2.1.1.6: Impacto ambiental – Escenario 1 Monthelado.

Una manera de simplificar el significado de la cantidad disminuida de emisiones de dióxido de carbono, es representar a la mismas como la cantidad de kilómetros que un auto promedio debería dejar de recorrer. En ese escenario 189,5 toneladas dióxido de carbono equivalen a las emisiones que produce un auto al recorrer 682750 kilómetros.

7.2.1.2 Segundo Escenario

En este caso se propone el reemplazo de la totalidad de los motores de eficiencia estándar por otros de eficiencia premium, pero a diferencia del escenario anterior, aquí se van a dimensionar a los motores de acuerdo a la potencia consumida que se ha medido en campo. A continuación, se presenta la Tabla 7.2.1.2.1 con los datos de las máquinas en estudio.

Motor IE3 propuesto										
IT	HP	RPM	U[V]	FP	I[A]	Eff IE3 [%]	Factor de carga	Rendimiento en carga [%]	Cambió de potencia?	Ahorro [kWh]
1	300	2981	380	0,9	320	96	0,70	95,16	No	2,77
2	3	2910	380	0,87	4,43	86,6	0,74	85,16	SI	0,17
3	15	2930	380	0,88	20,8	91,2	0,76	90,74	No	0,45
4	15	2930	380	0,88	20,8	91,2	0,76	90,74	No	0,45
5	15	2930	380	0,88	20,8	91,2	0,76	90,74	No	0,45
6	2	1440	380	0,8	3,32	86	0,70	85,14	No	0,17
7	2	2885	380	0,81	3,34	84,2	0,70	82,43	No	0,14
8	2	2885	380	0,81	3,34	84,2	0,70	82,43	No	0,14
9	2	2885	380	0,81	3,34	84,2	0,70	82,43	No	0,14
10	2	2885	380	0,81	3,34	84,2	0,70	82,43	No	0,14
11	2	2885	380	0,81	3,34	84,2	0,70	82,43	No	0,14
12	2	2885	380	0,81	3,34	84,2	0,70	82,43	No	0,14
13	5,5	2910	380	0,83	8,28	88,4	0,65	87,02	No	0,16
14	5,5	2910	380	0,83	8,28	88,4	0,65	87,02	No	0,16
15	4	1450	380	0,81	6,39	88	0,82	87,64	SI	0,04
16	5,5	2910	380	0,83	8,28	88,4	0,97	88,22	No	0,19
17	5,5	2910	380	0,83	8,28	88,4	0,95	88,20	No	0,18
18	4	1450	380	0,81	6,39	88	0,82	87,64	SI	0,04
19	4	1450	380	0,81	6,39	88	0,82	87,64	SI	0,04
20	4	1450	380	0,81	6,39	88	0,82	87,64	SI	0,04
21	4	1450	380	0,81	6,39	88	0,82	87,64	SI	0,04
22	4	1450	380	0,81	6,39	88	0,82	87,64	SI	0,04
23	4	1450	380	0,81	6,39	88	0,76	87,46	SI	0,14
25	4	1450	380	0,81	6,39	88	0,76	87,46	SI	0,14

Motor IE3 propuesto										
IT	HP	RPM	U[V]	FP	I[A]	Eff IE3 [%]	Factor de carga	Rendimiento en carga [%]	Cambi6 de potencia?	Ahorro [kWh]
27	4	1450	380	0,81	6,39	88	0,76	87,46	SI	0,14
29	4	1450	380	0,81	6,39	88	0,76	87,46	SI	0,14
31	4	1450	380	0,81	6,39	88	0,76	87,46	SI	0,14
33	4	1450	380	0,81	6,39	88	0,76	87,46	SI	0,14
35	4	1450	380	0,81	6,39	88	0,76	87,46	SI	0,14
37	40	1480	380	0,81	60,1	93,6	0,96	93,45	SI	0,34
38	40	1480	380	0,81	60,1	93,6	0,98	93,48	SI	0,21
39	7,5	2940	380	0,84	11,2	89,4	0,89	88,82	SI	0,37
40	7,5	2940	380	0,84	11,2	89,4	0,82	88,49	SI	0,37
41	2	1440	380	0,8	3,32	86	0,82	85,63	No	0,17
42	2	1440	380	0,8	3,32	86	0,78	85,49	No	0,17
43	2	1440	380	0,8	3,32	86	0,79	85,54	No	0,17
44	2	1440	380	0,8	3,32	86	0,79	85,54	No	0,17
45	2	1440	380	0,8	3,32	86	0,67	84,93	No	0,15
46	2	1440	380	0,8	3,32	86	0,75	85,37	No	0,16
47	2	1440	380	0,8	3,32	86	0,78	85,49	No	0,17
48	2	1440	380	0,8	3,32	86	0,71	85,21	No	0,16
49	1,5	1445	380	0,8	2,47	84,5	0,85	83,74	SI	0,13
50	2	1440	380	0,8	3,32	86	0,79	85,54	No	0,17
51	2	1440	380	0,8	3,32	86	0,82	85,63	No	0,17
52	2	1440	380	0,8	3,32	86	0,82	85,63	No	0,17
53	2	1440	380	0,8	3,32	86	0,75	85,37	No	0,16
54	2	1440	380	0,8	3,32	86	0,79	85,54	No	0,17
55	2	1440	380	0,8	3,32	86	0,79	85,54	No	0,17
56	2	1440	380	0,8	3,32	86	0,78	85,49	No	0,17
57	2	1440	380	0,8	3,32	86	0,75	85,37	No	0,16
58	1	1435	380	0,78	1,77	82,5	0,75	81,04	No	0,05
59	0,75	1425	380	0,8	1,29	80,8	0,66	78,53	SI	0,05
60	0,75	1425	380	0,8	1,29	80,8	0,71	79,00	SI	0,05
61	0,75	1425	380	0,8	1,29	80,8	0,75	79,38	SI	0,05
62	1	1435	380	0,78	1,77	82,5	0,81	81,50	No	0,05
63	1	1435	380	0,78	1,77	82,5	0,69	80,44	No	0,05
64	1	1435	380	0,78	1,77	82,5	0,83	81,63	No	0,05
65	1	1435	380	0,78	1,77	82,5	0,69	80,44	No	0,05
66	3	1435	380	0,79	4,86	87	0,88	87,03	No	0,12
67	3	1435	380	0,79	4,86	87	0,74	87,04	No	0,13
68	3	1435	380	0,79	4,86	87	0,72	87,00	No	0,13
69	3	1435	380	0,79	4,86	87	0,83	87,08	No	0,12
70	3	1435	380	0,79	4,86	87	0,78	87,08	No	0,13
71	3	1435	380	0,79	4,86	87	0,86	87,06	No	0,12

Motor IE3 propuesto										
IT	HP	RPM	U[V]	FP	I[A]	Eff IE3 [%]	Factor de carga	Rendimiento en carga [%]	Cambió de potencia?	Ahorro [kWh]
72	3	1435	380	0,79	4,86	87	0,87	87,05	No	0,12
73	3	1435	380	0,79	4,86	87	0,67	86,90	No	0,14

Tabla 7.2.1.2.1: Motores IE3 propuestos Monthelado Escenario 2.

En la Tabla 7.2.1.2.1, podemos observar que los motores cuya potencia nominal ha sido modificada ahora muestran un factor de carga coloreado en verde, lo que nos indica que el mismo es superior a 65%.

A continuación, en la Tabla 7.2.1.2.2, se muestra el cálculo del ahorro económico a lo largo de 10 años.

		Ahorro anual [USD]										
TAG	Carga	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
1	Girofreezer	-	1827	1919	2015	2116	2221	2332	2449	2571	2700	2835
2	Bomba freom	-	110,6	116,2	122,0	128,1	134,5	141,2	148,2	155,7	163,4	171,6
3	Bomba torre 1	-	294,0	308,7	324,2	340,4	357,4	375,3	394,0	413,7	434,4	456,1
4	Bomba torre 2	-	294,0	308,7	324,2	340,4	357,4	375,3	394,0	413,7	434,4	456,1
5	Bomba torre 3	-	294,0	308,7	324,2	340,4	357,4	375,3	394,0	413,7	434,4	456,1
6	Bomba torre 4	-	112,7	118,4	124,3	130,5	137,0	143,9	151,1	158,6	166,6	174,9
7	Bomba agua 1	-	89,8	94,3	99,0	103,9	109,1	114,6	120,3	126,3	132,7	139,3
8	Bomba agua 2	-	89,8	94,3	99,0	103,9	109,1	114,6	120,3	126,3	132,7	139,3
9	Bomba agua 3	-	89,8	94,3	99,0	103,9	109,1	114,6	120,3	126,3	132,7	139,3
10	Bomba agua 4	-	89,8	94,3	99,0	103,9	109,1	114,6	120,3	126,3	132,7	139,3
11	Bomba agua 5	-	89,8	94,3	99,0	103,9	109,1	114,6	120,3	126,3	132,7	139,3
12	Bomba agua 6	-	89,8	94,3	99,0	103,9	109,1	114,6	120,3	126,3	132,7	139,3
13	Bomba agua 7	-	103,1	108,3	113,7	119,4	125,3	131,6	138,2	145,1	152,3	160,0
14	Bomba agua 8	-	103,1	108,3	113,7	119,4	125,3	131,6	138,2	145,1	152,3	160,0
15	Olla 1	-	22,1	23,2	24,3	25,5	26,8	28,2	29,6	31,0	32,6	34,2
16	Olla 1 em	-	110,3	115,8	121,6	127,7	134,0	140,7	147,8	155,2	162,9	171,1
17	Olla 2em	-	108,9	114,3	120,0	126,0	132,3	138,9	145,9	153,2	160,8	168,9
18	Olla 2	-	22,1	23,2	24,3	25,5	26,8	28,2	29,6	31,0	32,6	34,2
19	Olla 3	-	22,1	23,2	24,3	25,5	26,8	28,2	29,6	31,0	32,6	34,2
20	Olla 4	-	22,1	23,2	24,3	25,5	26,8	28,2	29,6	31,0	32,6	34,2
21	Olla 5	-	22,1	23,2	24,3	25,5	26,8	28,2	29,6	31,0	32,6	34,2
22	Olla 6	-	22,1	23,2	24,3	25,5	26,8	28,2	29,6	31,0	32,6	34,2
23	Amasadora 1	-	82,7	86,8	91,2	95,7	100,5	105,5	110,8	116,4	122,2	128,3
25	Amasadora 2	-	82,7	86,8	91,2	95,7	100,5	105,5	110,8	116,4	122,2	128,3
27	Amasadora 3	-	82,7	86,8	91,2	95,7	100,5	105,5	110,8	116,4	122,2	128,3

TAG	Carga	Ahorro anual [USD]										
		Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
29	Amasadora 4	-	82,7	86,8	91,2	95,7	100,5	105,5	110,8	116,4	122,2	128,3
31	Amasadora 5	-	82,7	86,8	91,2	95,7	100,5	105,5	110,8	116,4	122,2	128,3
33	Amasadora 6	-	82,7	86,8	91,2	95,7	100,5	105,5	110,8	116,4	122,2	128,3
35	Amasadora 7	-	82,7	86,8	91,2	95,7	100,5	105,5	110,8	116,4	122,2	128,3
37	homogeneizador 1	-	199,5	209,5	220,0	230,9	242,5	254,6	267,4	280,7	294,8	309,5
38	homogeneizador 2	-	126,7	133,0	139,7	146,7	154,0	161,7	169,8	178,3	187,2	196,6
39	Pasteurizadora 1	-	220,6	231,6	243,2	255,3	268,1	281,5	295,6	310,4	325,9	342,2
40	Pasteurizadora 2	-	221,9	233,0	244,7	256,9	269,7	283,2	297,4	312,2	327,9	344,3
41	Madurador 1	-	102,1	107,2	112,5	118,2	124,1	130,3	136,8	143,6	150,8	158,4
42	Madurador 2	-	98,1	103,0	108,1	113,6	119,2	125,2	131,5	138,0	144,9	152,2
43	Madurador 3	-	99,4	104,4	109,6	115,1	120,8	126,9	133,2	139,9	146,9	154,2
44	Madurador 4	-	99,4	104,4	109,6	115,1	120,8	126,9	133,2	139,9	146,9	154,2
45	Madurador 5	-	89,7	94,2	98,9	103,8	109,0	114,5	120,2	126,2	132,5	139,1
46	Madurador 6	-	95,6	100,3	105,4	110,6	116,2	122,0	128,1	134,5	141,2	148,2
47	Madurador 7	-	98,1	103,0	108,1	113,6	119,2	125,2	131,5	138,0	144,9	152,2
48	Madurador 8	-	93,1	97,8	102,7	107,8	113,2	118,9	124,8	131,0	137,6	144,5
49	Madurador 9	-	80,0	84,0	88,2	92,6	97,2	102,1	107,2	112,5	118,1	124,0
50	Madurador 10	-	99,4	104,4	109,6	115,1	120,8	126,9	133,2	139,9	146,9	154,2
51	Madurador 11	-	102,1	107,2	112,5	118,2	124,1	130,3	136,8	143,6	150,8	158,4
52	Madurador 12	-	102,1	107,2	112,5	118,2	124,1	130,3	136,8	143,6	150,8	158,4
53	Madurador 13	-	95,6	100,3	105,4	110,6	116,2	122,0	128,1	134,5	141,2	148,2
54	Madurador 14	-	99,4	104,4	109,6	115,1	120,8	126,9	133,2	139,9	146,9	154,2
55	Madurador 15	-	99,4	104,4	109,6	115,1	120,8	126,9	133,2	139,9	146,9	154,2
56	Madurador 16	-	98,1	103,0	108,1	113,6	119,2	125,2	131,5	138,0	144,9	152,2
57	Madurador 17	-	95,6	100,3	105,4	110,6	116,2	122,0	128,1	134,5	141,2	148,2
58	Madurador 18	-	29,4	30,8	32,4	34,0	35,7	37,5	39,4	41,3	43,4	45,6
59	Madurador 19	-	29,7	31,2	32,7	34,4	36,1	37,9	39,8	41,8	43,8	46,0
60	Madurador 20	-	29,4	30,9	32,4	34,0	35,7	37,5	39,4	41,4	43,4	45,6
61	Madurador 21	-	29,1	30,5	32,1	33,7	35,3	37,1	39,0	40,9	43,0	45,1
62	Madurador 22	-	30,7	32,2	33,8	35,5	37,3	39,1	41,1	43,1	45,3	47,6
63	Madurador 23	-	28,2	29,6	31,1	32,6	34,2	36,0	37,8	39,6	41,6	43,7
64	Madurador 24	-	31,1	32,7	34,3	36,0	37,8	39,7	41,7	43,8	46,0	48,3
65	Madurador 25	-	28,2	29,6	31,1	32,6	34,2	36,0	37,8	39,6	41,6	43,7
66	Madurador 26	-	71,5	75,1	78,8	82,8	86,9	91,2	95,8	100,6	105,6	110,9
67	Madurador 27	-	78,4	82,3	86,4	90,7	95,3	100,0	105,0	110,3	115,8	121,6
68	Madurador 28	-	79,3	83,3	87,5	91,8	96,4	101,3	106,3	111,6	117,2	123,1
69	Madurador 29	-	74,3	78,0	81,9	86,0	90,3	94,8	99,5	104,5	109,8	115,2
70	Madurador 30	-	76,4	80,2	84,2	88,4	92,9	97,5	102,4	107,5	112,9	118,5
71	Madurador 31	-	72,6	76,3	80,1	84,1	88,3	92,7	97,3	102,2	107,3	112,7
72	Madurador 32	-	72,1	75,7	79,4	83,4	87,6	92,0	96,6	101,4	106,5	111,8
73	Madurador 33	-	81,2	85,2	89,5	93,9	98,6	103,6	108,8	114,2	119,9	125,9

TAG	Carga	Ahorro anual [USD]										
		Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
	AHORRO TOTAL DE ENERGÍA [USD]	-	7865	8259	8671	9105	9560	10038	10540	11067	11621	12202

Tabla 7.2.1.2.2: Ahorro anual por máquina – Escenario 2 Monthelado.

A partir de los egresos e ingresos ya mencionados, realizamos un flujo de caja. El cual se muestra en la Tabla 7.2.1.2.3.

AÑO	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
AHORRO DE ENERGÍA [USD]		7865	8259	8671	9105	9560	10038	10540	11067	11621	12202
INVERSIÓN INICIAL [USD]	63921										
AHORRO EN MANTENIMIENTO [USD]		540	567	595	625	656	689	724	760	798	838
FLUJO DE CAJA [USD]	63921	8405	8826	9267	9730	10217	10727	11264	11827	12418	13039

Tabla 7.2.1.2.3: Flujo de Caja – Escenario 2 Monthelado.

Con los valores expresados en el Flujo de Caja, realizamos el cálculo del VAN y el TIR para determinar la factibilidad de la propuesta. Los resultados se muestran en la Tabla 7.2.1.2.4.

Tasa	2%
VAN	30291,02
TIR	9,53%

Tabla 7.2.1.2.4: VAN y TIR – Escenario 2 Monthelado.

Nuevamente vemos que se trata de un escenario rentable, ya que el valor del VAN es positivo y el TIR supera a la Tasa tomada como referencia.

En este caso se obtienen valores mínimamente superiores a los del escenario anterior, en el cual no se modificó la potencia nominal de las máquinas. Esto se debe a un leve aumento en la eficiencia de las máquinas que han sido dimensionadas de acuerdo a su consumo en campo. Además, al haber disminuido la potencia nominal de las maquinas que se encontraban con factores de carga bajos, la inversión inicial correspondiente a la adquisición de los motores también se ha visto disminuida.

En la Tabla 7.2.1.2.5, se muestra el ahorro energético y la disminución de emisiones de CO₂ que se produce en un periodo de 10 años. El cual, es levemente superior al del Escenario 1.

Energía Ahorrada	476,39 MWh
Disminución de emisiones	200,1 tCO ₂

Tabla 7.2.1.2.5: Impacto Ambiental – Escenario 2 Monthelado.

Para este caso 200,1 toneladas dióxido de carbono equivalen a las emisiones que produce un auto al recorrer 720600 kilómetros

7.2.1.3 Tercer Escenario

En este escenario se propone el reemplazo de los motores que están sobredimensionados, es decir, tienen un bajo factor de carga de acuerdo a nuestro criterio y a las mediciones obtenidas en campo.

En la Tabla 7.2.1.3.1, se presentan los datos de las máquinas en estudio.

Motor IE3 propuesto										
IT	HP	RPM	U[V]	FP	I[A]	Eff IE3 [%]	Factor de carga	Rendimiento en carga [%]	Cambió de potencia?	Ahorro [kWh]
2	3	2910	380	0,87	4,43	86,6	0,74	85,16	SI	0,17
15	4	1450	380	0,81	6,39	88	0,82	87,64	SI	0,04
18	4	1450	380	0,81	6,39	88	0,82	87,64	SI	0,04
19	4	1450	380	0,81	6,39	88	0,82	87,64	SI	0,04
20	4	1450	380	0,81	6,39	88	0,82	87,64	SI	0,04
21	4	1450	380	0,81	6,39	88	0,82	87,64	SI	0,04
22	4	1450	380	0,81	6,39	88	0,82	87,64	SI	0,04
23	4	1450	380	0,81	6,39	88	0,76	87,46	SI	0,14
25	4	1450	380	0,81	6,39	88	0,76	87,46	SI	0,14
27	4	1450	380	0,81	6,39	88	0,76	87,46	SI	0,14
29	4	1450	380	0,81	6,39	88	0,76	87,46	SI	0,14
31	4	1450	380	0,81	6,39	88	0,76	87,46	SI	0,14
33	4	1450	380	0,81	6,39	88	0,76	87,46	SI	0,14
35	4	1450	380	0,81	6,39	88	0,76	87,46	SI	0,14
39	7,5	2940	380	0,84	11,2	89,4	0,89	88,82	SI	0,37
40	7,5	2940	380	0,84	11,2	89,4	0,82	88,49	SI	0,37
49	1,5	1445	380	0,8	2,47	84,5	0,85	83,74	SI	0,13
59	0,75	1425	380	0,8	1,29	80,8	0,66	78,53	SI	0,05
60	0,75	1425	380	0,8	1,29	80,8	0,71	79,00	SI	0,05
61	0,75	1425	380	0,8	1,29	80,8	0,75	79,38	SI	0,05

Tabla 7.2.1.3.1: Motores IE3 propuestos Monthelado Escenario 3.

Para todos los motores en estudio vemos que la potencia nominal de la máquina propuesta es menor a la potencia nominal de la máquina relevada en campo. Esto se debe al sobredimensionamiento mencionado.

Además, se pueden observar una disminución en la eficiencia nominal de algunas máquinas IE3 propuestas con respecto a las IE1 relevadas en campo.

A continuación, en la Tabla 7.2.1.3.2, se muestra el cálculo del ahorro económico correspondiente a este escenario.

		Ahorro anual [USD]										
TAG	Carga	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
2	Bomba freom	-	110,6	116,2	122,0	128,1	134,5	141,2	148,2	155,7	163,4	171,6
15	Olla 1	-	22,1	23,2	24,3	25,5	26,8	28,2	29,6	31,0	32,6	34,2
18	Olla 2	-	22,1	23,2	24,3	25,5	26,8	28,2	29,6	31,0	32,6	34,2
19	Olla 3	-	22,1	23,2	24,3	25,5	26,8	28,2	29,6	31,0	32,6	34,2
20	Olla 4	-	22,1	23,2	24,3	25,5	26,8	28,2	29,6	31,0	32,6	34,2
21	Olla 5	-	22,1	23,2	24,3	25,5	26,8	28,2	29,6	31,0	32,6	34,2
22	Olla 6	-	22,1	23,2	24,3	25,5	26,8	28,2	29,6	31,0	32,6	34,2
23	Amasadora 1	-	82,7	86,8	91,2	95,7	100,5	105,5	110,8	116,4	122,2	128,3
25	Amasadora 2	-	82,7	86,8	91,2	95,7	100,5	105,5	110,8	116,4	122,2	128,3
27	Amasadora 3	-	82,7	86,8	91,2	95,7	100,5	105,5	110,8	116,4	122,2	128,3
29	Amasadora 4	-	82,7	86,8	91,2	95,7	100,5	105,5	110,8	116,4	122,2	128,3
31	Amasadora 5	-	82,7	86,8	91,2	95,7	100,5	105,5	110,8	116,4	122,2	128,3
33	Amasadora 6	-	82,7	86,8	91,2	95,7	100,5	105,5	110,8	116,4	122,2	128,3
35	Amasadora 7	-	82,7	86,8	91,2	95,7	100,5	105,5	110,8	116,4	122,2	128,3
39	Pasteurizadora 1	-	220,6	231,6	243,2	255,3	268,1	281,5	295,6	310,4	325,9	342,2
40	Pasteurizadora 2	-	221,9	233,0	244,7	256,9	269,7	283,2	297,4	312,2	327,9	344,3
49	Madurador 9	-	80,0	84,0	88,2	92,6	97,2	102,1	107,2	112,5	118,1	124,0
59	Madurador 19	-	29,7	31,2	32,7	34,4	36,1	37,9	39,8	41,8	43,8	46,0
60	Madurador 20	-	29,4	30,9	32,4	34,0	35,7	37,5	39,4	41,4	43,4	45,6
61	Madurador 21	-	29,1	30,5	32,1	33,7	35,3	37,1	39,0	40,9	43,0	45,1
AHORRO TOTAL DE ENERGÍA [USD]		-	1432	1504	1579	1658	1741	1828	1920	2016	2116	2222

Tabla 7.2.1.3.2: Ahorro anual por máquina – Escenario 3 Monthelado.

En la Tabla 7.2.1.3.3 se muestra el Flujo de Caja realizado de acuerdo a los ingresos y egresos considerados para todos los escenarios.

AÑO	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
AHORRO DE ENERGÍA [USD]		1432	1504	1579	1658	1741	1828	1920	2016	2116	2222
INVERSIÓN INICIAL [USD]	11033										
AHORRO EN MANTENIMIENTO [USD]		192,9	202,5	212,6	223,3	234,4	246,1	258,4	271,4	284,9	299,2
FLUJO DE CAJA [USD]	11033	1625	1707	1792	1882	1976	2074	2178	2287	2401	2521

Tabla 7.2.1.3.3: Flujo de Caja – Escenario 3 Monthelado.

Con los valores expresados en el Flujo de Caja, realizamos el cálculo del VAN y el TIR para determinar la factibilidad de la propuesta. Los resultados se muestran en la Tabla 7.2.1.3.4.

Tasa	2%
VAN	7184,80
TIR	12,02%

Tabla 7.2.1.3.4: VAN y TIR – Escenario 3 Monthelado.

Los valores del VAN y el TIR, nos demuestran que se trata de un escenario rentable nuevamente.

En este caso no se ve un gran incremento con respecto a los valores obtenidos en los escenarios anteriores a pesar de la muy baja inversión inicial. Esto se debe al bajo ahorro energético mostrado en la Tabla 7.2.1.3.5, el cual vemos que disminuye en la misma proporción en la que lo hace la inversión inicial.

Energía Ahorrada	86,76 MWh
Disminución de emisiones	36,4 tCO ₂

Tabla 7.2.1.3.5: Impacto Ambiental – Escenario 3 Monthelado.

Las 36,4 toneladas dióxido de carbono equivalen a las emisiones que produce un auto al recorrer 131200 kilómetros

7.2.1.4 Cuarto Escenario

En este escenario se propone el remplazo de todos los motores de eficiencia estándar cuya potencia nominal sea mayor o igual a 7,5 HP. Además, se redimensionarán a aquellos que tengan un bajo factor de carga bajo de acuerdo a nuestro criterio y a las mediciones obtenidas en campo.

En la Tabla 7.2.1.4.1, se presentan los datos de las máquinas seleccionadas para el reemplazo.

Motor IE3 propuesto										
IT	HP	RPM	U[V]	FP	I[A]	Eff IE3 [%]	Factor de carga	Rendimiento en carga [%]	Cambió de potencia?	Ahorro [kWh]
1	300	2981	380	0,9	320	96	0,70	95,16	No	2,77
2	3	2910	380	0,87	4,43	86,6	0,74	85,16	SI	0,17
3	15	2930	380	0,88	20,8	91,2	0,76	90,74	No	0,45
4	15	2930	380	0,88	20,8	91,2	0,76	90,74	No	0,45
5	15	2930	380	0,88	20,8	91,2	0,76	90,74	No	0,45
23	4	1450	380	0,81	6,39	88	0,76	87,46	SI	0,14
25	4	1450	380	0,81	6,39	88	0,76	87,46	SI	0,14
27	4	1450	380	0,81	6,39	88	0,76	87,46	SI	0,14
29	4	1450	380	0,81	6,39	88	0,76	87,46	SI	0,14
31	4	1450	380	0,81	6,39	88	0,76	87,46	SI	0,14
33	4	1450	380	0,81	6,39	88	0,76	87,46	SI	0,14
35	4	1450	380	0,81	6,39	88	0,76	87,46	SI	0,14
37	40	1480	380	0,81	60,1	93,6	0,96	93,45	SI	0,34
38	40	1480	380	0,81	60,1	93,6	0,98	93,48	SI	0,21
39	7,5	2940	380	0,84	11,2	89,4	0,89	88,82	SI	0,37
40	7,5	2940	380	0,84	11,2	89,4	0,82	88,49	SI	0,37

Tabla 7.2.1.4.1: Motores IE3 propuestos Monthelado Escenario 4.

En la Tabla 7.2.1.4.1 podemos observar que todos los motores dentro del rango seleccionado, excepto el número 5, tienen una potencia nominal menor a la relevada en la Tabla 7.2.1.

A continuación, en la Tabla 7.2.1.4.2, se muestra el cálculo del ahorro económico correspondiente a este escenario.

		Ahorro anual [USD]										
TAG	Carga	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
1	Girofreezer	-	1827	1919	2015	2116	2221	2332	2449	2571	2700	2835
2	Bomba freom	-	110,6	116,2	122,0	128,1	134,5	141,2	148,2	155,7	163,4	171,6
3	Bomba torre 1	-	294,0	308,7	324,2	340,4	357,4	375,3	394,0	413,7	434,4	456,1
4	Bomba torre 2	-	294,0	308,7	324,2	340,4	357,4	375,3	394,0	413,7	434,4	456,1
5	Bomba torre 3	-	294,0	308,7	324,2	340,4	357,4	375,3	394,0	413,7	434,4	456,1
23	Amasadora 1	-	82,7	86,8	91,2	95,7	100,5	105,5	110,8	116,4	122,2	128,3
25	Amasadora 2	-	82,7	86,8	91,2	95,7	100,5	105,5	110,8	116,4	122,2	128,3
27	Amasadora 3	-	82,7	86,8	91,2	95,7	100,5	105,5	110,8	116,4	122,2	128,3

TAG	Carga	Ahorro anual [USD]										
		Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
29	Amasadora 4	-	82,7	86,8	91,2	95,7	100,5	105,5	110,8	116,4	122,2	128,3
31	Amasadora 5	-	82,7	86,8	91,2	95,7	100,5	105,5	110,8	116,4	122,2	128,3
33	Amasadora 6	-	82,7	86,8	91,2	95,7	100,5	105,5	110,8	116,4	122,2	128,3
35	Amasadora 7	-	82,7	86,8	91,2	95,7	100,5	105,5	110,8	116,4	122,2	128,3
37	homogeneizador 1	-	199,5	209,5	220,0	230,9	242,5	254,6	267,4	280,7	294,8	309,5
38	homogeneizador 2	-	126,7	133,0	139,7	146,7	154,0	161,7	169,8	178,3	187,2	196,6
39	Pasteurizadora 1	-	220,6	231,6	243,2	255,3	268,1	281,5	295,6	310,4	325,9	342,2
40	Pasteurizadora 2	-	221,9	233,0	244,7	256,9	269,7	283,2	297,4	312,2	327,9	344,3
AHORRO TOTAL DE ENERGÍA [USD]		-	4168	4376	4595	4825	5066	5319	5585	5864	6158	6466

Tabla 7.2.1.4.2: Ahorro anual por máquina – Escenario 4 Monthelado.

En la Tabla 7.2.1.4.3 se muestra el Flujo de Caja realizado de acuerdo a los ingresos y egresos considerados para todos los escenarios.

AÑO	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
AHORRO DE ENERGÍA [USD]		4168	4376	4595	4825	5066	5319	5585	5864	6158	6466
INVERSIÓN INICIAL [USD]	43578										
AHORRO EN MANTENIMIENTO [USD]		231,4	243,0	255,2	267,9	281,3	295,4	310,1	325,6	341,9	359,0
FLUJO DE CAJA [USD]	43578	4399	4619	4850	5093	5347	5615	5895	6190	6500	6825

Tabla 7.2.1.4.3: Flujo de Caja – Escenario 4 Monthelado.

A partir del Flujo de Caja, realizamos el cálculo del VAN y el TIR para determinar la factibilidad de la propuesta. Los resultados se muestran en la Tabla 7.2.1.4.4.

Tasa	2%
VAN	5730,52
TIR	4,26%

Tabla 7.2.1.4.4: VAN y TIR – Escenario 4 Monthelado.

Nuevamente, los valores del VAN y el TIR nos demuestran que se trata de un escenario rentable.

En la Tabla 7.2.1.4.5 se muestra el ahorro energético y la disminución de emisiones a lo largo de diez años.

Energía Ahorrada	252,44 MWh
Disminución de emisiones	106 tCO ₂

Tabla 7.2.1.4.5: Impacto Ambiental – Escenario 4 Monthelado.

Estas 106 toneladas dióxido de carbono equivalen a las emisiones que produce un auto al recorrer 382000 kilómetros

7.2.1.5 Quinto Escenario

En este último escenario para la planta Monthelado se propone, como caso contrario al escenario anterior, el remplazo de todos los motores de eficiencia estándar cuya potencia nominal es menor a 7,5 HP.

Además, se redimensionarán a aquellos motores que estén dentro de dicho rango y su factor de carga sea bajo.

En la Tabla 7.2.1.5.1, se presentan los datos de las máquinas seleccionadas para el reemplazo.

Motor IE3 propuesto										
IT	HP	RPM	U[V]	FP	I[A]	Eff IE3 [%]	Factor de carga	Rendimiento en carga [%]	Cambió de potencia?	Ahorro [kWh]
6	2	1440	380	0,8	3,32	86	0,70	85,14	No	0,17
7	2	2885	380	0,81	3,34	84,2	0,70	82,43	No	0,14
8	2	2885	380	0,81	3,34	84,2	0,70	82,43	No	0,14
9	2	2885	380	0,81	3,34	84,2	0,70	82,43	No	0,14
10	2	2885	380	0,81	3,34	84,2	0,70	82,43	No	0,14
11	2	2885	380	0,81	3,34	84,2	0,70	82,43	No	0,14
12	2	2885	380	0,81	3,34	84,2	0,70	82,43	No	0,14
13	5,5	2910	380	0,83	8,28	88,4	0,65	87,02	No	0,16
14	5,5	2910	380	0,83	8,28	88,4	0,65	87,02	No	0,16
15	4	1450	380	0,81	6,39	88	0,82	87,64	SI	0,04
16	5,5	2910	380	0,83	8,28	88,4	0,97	88,22	No	0,19
17	5,5	2910	380	0,83	8,28	88,4	0,95	88,20	No	0,18
18	4	1450	380	0,81	6,39	88	0,82	87,64	SI	0,04
19	4	1450	380	0,81	6,39	88	0,82	87,64	SI	0,04
20	4	1450	380	0,81	6,39	88	0,82	87,64	SI	0,04
21	4	1450	380	0,81	6,39	88	0,82	87,64	SI	0,04
22	4	1450	380	0,81	6,39	88	0,82	87,64	SI	0,04
41	2	1440	380	0,8	3,32	86	0,82	85,63	No	0,17
42	2	1440	380	0,8	3,32	86	0,78	85,49	No	0,17
43	2	1440	380	0,8	3,32	86	0,79	85,54	No	0,17
44	2	1440	380	0,8	3,32	86	0,79	85,54	No	0,17

Motor IE3 propuesto										
IT	HP	RPM	U[V]	FP	I[A]	Eff IE3 [%]	Factor de carga	Rendimiento en carga [%]	Cambió de potencia?	Ahorro [kWh]
45	2	1440	380	0,8	3,32	86	0,67	84,93	No	0,15
46	2	1440	380	0,8	3,32	86	0,75	85,37	No	0,16
47	2	1440	380	0,8	3,32	86	0,78	85,49	No	0,17
48	2	1440	380	0,8	3,32	86	0,71	85,21	No	0,16
49	1,5	1445	380	0,8	2,47	84,5	0,85	83,74	SI	0,13
50	2	1440	380	0,8	3,32	86	0,79	85,54	No	0,17
51	2	1440	380	0,8	3,32	86	0,82	85,63	No	0,17
52	2	1440	380	0,8	3,32	86	0,82	85,63	No	0,17
53	2	1440	380	0,8	3,32	86	0,75	85,37	No	0,16
54	2	1440	380	0,8	3,32	86	0,79	85,54	No	0,17
55	2	1440	380	0,8	3,32	86	0,79	85,54	No	0,17
56	2	1440	380	0,8	3,32	86	0,78	85,49	No	0,17
57	2	1440	380	0,8	3,32	86	0,75	85,37	No	0,16
58	1	1435	380	0,78	1,77	82,5	0,75	81,04	No	0,05
59	0,75	1425	380	0,8	1,29	80,8	0,66	78,53	SI	0,05
60	0,75	1425	380	0,8	1,29	80,8	0,71	79,00	SI	0,05
61	0,75	1425	380	0,8	1,29	80,8	0,75	79,38	SI	0,05
62	1	1435	380	0,78	1,77	82,5	0,81	81,50	No	0,05
63	1	1435	380	0,78	1,77	82,5	0,69	80,44	No	0,05
64	1	1435	380	0,78	1,77	82,5	0,83	81,63	No	0,05
65	1	1435	380	0,78	1,77	82,5	0,69	80,44	No	0,05
66	3	1435	380	0,79	4,86	87	0,88	87,03	No	0,12
67	3	1435	380	0,79	4,86	87	0,74	87,04	No	0,13
68	3	1435	380	0,79	4,86	87	0,72	87,00	No	0,13
69	3	1435	380	0,79	4,86	87	0,83	87,08	No	0,12
70	3	1435	380	0,79	4,86	87	0,78	87,08	No	0,13
71	3	1435	380	0,79	4,86	87	0,86	87,06	No	0,12
72	3	1435	380	0,79	4,86	87	0,87	87,05	No	0,12
73	3	1435	380	0,79	4,86	87	0,67	86,90	No	0,14

Tabla 7.2.1.5.1: Motores IE3 propuestos Monthelado Escenario 5.

En la Tabla 7.2.1.5.1 podemos observar que para este escenario la mayoría de los motores se encuentran con factores de carga aceptables para nuestro criterio (mayores a 65%).

A continuación, en la Tabla 7.2.1.5.2, se muestra el cálculo del ahorro económico correspondiente a este escenario.

TAG	Carga	Ahorro anual [USD]										
		Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
6	Bomba torre 4	-	112,7	118,4	124,3	130,5	137,0	143,9	151,1	158,6	166,6	174,9
7	Bomba agua 1	-	89,8	94,3	99,0	103,9	109,1	114,6	120,3	126,3	132,7	139,3
8	Bomba agua 2	-	89,8	94,3	99,0	103,9	109,1	114,6	120,3	126,3	132,7	139,3
9	Bomba agua 3	-	89,8	94,3	99,0	103,9	109,1	114,6	120,3	126,3	132,7	139,3
10	Bomba agua 4	-	89,8	94,3	99,0	103,9	109,1	114,6	120,3	126,3	132,7	139,3
11	Bomba agua 5	-	89,8	94,3	99,0	103,9	109,1	114,6	120,3	126,3	132,7	139,3
12	Bomba agua 6	-	89,8	94,3	99,0	103,9	109,1	114,6	120,3	126,3	132,7	139,3
13	Bomba agua 7	-	103,1	108,3	113,7	119,4	125,3	131,6	138,2	145,1	152,3	160,0
14	Bomba agua 8	-	103,1	108,3	113,7	119,4	125,3	131,6	138,2	145,1	152,3	160,0
15	Olla 1	-	22,1	23,2	24,3	25,5	26,8	28,2	29,6	31,0	32,6	34,2
16	Olla 1 em	-	110,3	115,8	121,6	127,7	134,0	140,7	147,8	155,2	162,9	171,1
17	Olla 2em	-	108,9	114,3	120,0	126,0	132,3	138,9	145,9	153,2	160,8	168,9
18	Olla 2	-	22,1	23,2	24,3	25,5	26,8	28,2	29,6	31,0	32,6	34,2
19	Olla 3	-	22,1	23,2	24,3	25,5	26,8	28,2	29,6	31,0	32,6	34,2
20	Olla 4	-	22,1	23,2	24,3	25,5	26,8	28,2	29,6	31,0	32,6	34,2
21	Olla 5	-	22,1	23,2	24,3	25,5	26,8	28,2	29,6	31,0	32,6	34,2
22	Olla 6	-	22,1	23,2	24,3	25,5	26,8	28,2	29,6	31,0	32,6	34,2
41	Madurador 1	-	102,1	107,2	112,5	118,2	124,1	130,3	136,8	143,6	150,8	158,4
42	Madurador 2	-	98,1	103,0	108,1	113,6	119,2	125,2	131,5	138,0	144,9	152,2
43	Madurador 3	-	99,4	104,4	109,6	115,1	120,8	126,9	133,2	139,9	146,9	154,2
44	Madurador 4	-	99,4	104,4	109,6	115,1	120,8	126,9	133,2	139,9	146,9	154,2
45	Madurador 5	-	89,7	94,2	98,9	103,8	109,0	114,5	120,2	126,2	132,5	139,1
46	Madurador 6	-	95,6	100,3	105,4	110,6	116,2	122,0	128,1	134,5	141,2	148,2
47	Madurador 7	-	98,1	103,0	108,1	113,6	119,2	125,2	131,5	138,0	144,9	152,2
48	Madurador 8	-	93,1	97,8	102,7	107,8	113,2	118,9	124,8	131,0	137,6	144,5
49	Madurador 9	-	80,0	84,0	88,2	92,6	97,2	102,1	107,2	112,5	118,1	124,0
50	Madurador 10	-	99,4	104,4	109,6	115,1	120,8	126,9	133,2	139,9	146,9	154,2
51	Madurador 11	-	102,1	107,2	112,5	118,2	124,1	130,3	136,8	143,6	150,8	158,4
52	Madurador 12	-	102,1	107,2	112,5	118,2	124,1	130,3	136,8	143,6	150,8	158,4
53	Madurador 13	-	95,6	100,3	105,4	110,6	116,2	122,0	128,1	134,5	141,2	148,2
54	Madurador 14	-	99,4	104,4	109,6	115,1	120,8	126,9	133,2	139,9	146,9	154,2
55	Madurador 15	-	99,4	104,4	109,6	115,1	120,8	126,9	133,2	139,9	146,9	154,2
56	Madurador 16	-	98,1	103,0	108,1	113,6	119,2	125,2	131,5	138,0	144,9	152,2
57	Madurador 17	-	95,6	100,3	105,4	110,6	116,2	122,0	128,1	134,5	141,2	148,2
58	Madurador 18	-	29,4	30,8	32,4	34,0	35,7	37,5	39,4	41,3	43,4	45,6
59	Madurador 19	-	29,7	31,2	32,7	34,4	36,1	37,9	39,8	41,8	43,8	46,0
60	Madurador 20	-	29,4	30,9	32,4	34,0	35,7	37,5	39,4	41,4	43,4	45,6
61	Madurador 21	-	29,1	30,5	32,1	33,7	35,3	37,1	39,0	40,9	43,0	45,1
62	Madurador 22	-	30,7	32,2	33,8	35,5	37,3	39,1	41,1	43,1	45,3	47,6
63	Madurador 23	-	28,2	29,6	31,1	32,6	34,2	36,0	37,8	39,6	41,6	43,7
64	Madurador 24	-	31,1	32,7	34,3	36,0	37,8	39,7	41,7	43,8	46,0	48,3
65	Madurador 25	-	28,2	29,6	31,1	32,6	34,2	36,0	37,8	39,6	41,6	43,7

TAG	Carga	Ahorro anual [USD]										
		Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
66	Madurador 26	-	71,5	75,1	78,8	82,8	86,9	91,2	95,8	100,6	105,6	110,9
67	Madurador 27	-	78,4	82,3	86,4	90,7	95,3	100,0	105,0	110,3	115,8	121,6
68	Madurador 28	-	79,3	83,3	87,5	91,8	96,4	101,3	106,3	111,6	117,2	123,1
69	Madurador 29	-	74,3	78,0	81,9	86,0	90,3	94,8	99,5	104,5	109,8	115,2
70	Madurador 30	-	76,4	80,2	84,2	88,4	92,9	97,5	102,4	107,5	112,9	118,5
71	Madurador 31	-	72,6	76,3	80,1	84,1	88,3	92,7	97,3	102,2	107,3	112,7
72	Madurador 32	-	72,1	75,7	79,4	83,4	87,6	92,0	96,6	101,4	106,5	111,8
73	Madurador 33	-	81,2	85,2	89,5	93,9	98,6	103,6	108,8	114,2	119,9	125,9
AHORRO TOTAL DE ENERGÍA [USD]		-	3698	3882	4076	4280	4494	4719	4955	5203	5463	5736

Tabla 7.2.1.5.2: Ahorro anual por máquina – Escenario 5 Monthelado.

Luego, en la Tabla 7.2.1.5.3 se muestra el Flujo de Caja realizado de acuerdo a los ingresos y egresos considerados para todos los escenarios de nuestro estudio.

AÑO	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
AHORRO DE ENERGÍA [USD]		3698	3882	4076	4280	4494	4719	4955	5203	5463	5736
INVERSIÓN INICIAL [USD]	20342										
AHORRO EN MANTENIMIENTO [USD]		385,7	405,0	425,3	446,5	468,8	492,3	516,9	542,7	569,9	598,4
FLUJO DE CAJA [USD]	20342	4083	4287	4502	4727	4963	5211	5472	5745	6033	6334

Tabla 7.2.1.5.3: Flujo de Caja – Escenario 5 Monthelado.

Una vez realizado el Flujo de Caja, se calcula el VAN y el TIR para determinar la factibilidad de este escenario. Los resultados se muestran en la Tabla 7.2.1.5.4.

Tasa	2%
VAN	25425,17
TIR	19,62%

Tabla 7.2.1.5.4: VAN y TIR – Escenario 5 Monthelado.

A partir del resultado positivo del Valor Actual Neto y un valor de la Tasa Interna de Retorno superior a la Tasa de referencia, podemos decir que la propuesta es rentable.

Podemos observar que, en cuanto a los valores obtenidos de VAN y TIR para todos los escenarios, este es el que mejores resultados refleja. Esto se debe a la baja

inversión inicial y a un buen valor de ahorro energético, el cual se muestra en la Tabla 7.2.1.5.5.

Energía Ahorrada	223,95 MWh
Disminución de emisiones	94,1 tCO ₂

Tabla 7.2.1.5.5: Impacto Ambiental – Escenario 5 Monthelado.

En ese escenario 94,1 toneladas dióxido de carbono equivalen a las emisiones que produce un auto al recorrer 338700 kilómetros.

7.2.2 Conclusión Monthelado.

En este caso se trata de la planta con mayor cantidad de motores de inducción relevados. Las máquinas que constituyen a este conjunto son de variadas potencias, las cuales van desde 1HP hasta 50HP, con un caso particular que corresponde a un motor de inducción de 300HP.

De acuerdo a las mediciones realizadas en campo durante el relevamiento el 37% de las máquinas se encuentran entregando una potencia menor a la nominal, es decir, están sobredimensionadas. Esto es importante ya que afecta directamente a la eficiencia de la máquina y, por lo tanto, al consumo de energía eléctrica.

En cuanto a las horas de funcionamiento, el proceso productivo de la planta es prácticamente continuo durante ocho meses al año y reduce su producción a la mitad durante los meses restantes. Esto favorece a que en todos los escenarios planteados se obtengan altos valores de energía ahorrada.

En los primeros tres escenarios planteados para Monthelado se destaca la relevancia de la inversión inicial, la cual depende de la cantidad y de la potencia nominal de los motores a reemplazar. Esto impacta fuertemente en la rentabilidad.

Luego, a partir de los análisis realizados en los escenarios 4 y 5 podemos concluir que se obtiene mayor rentabilidad al reemplazar los motores de menor potencia nominal, particularmente para esta planta nos referimos a una potencia menor a 7,5HP. Esto se pone en evidencia al calcular la relación entre el dinero invertido en las máquinas de eficiencia IE3 y el dinero ahorrado que surge de la disminución del consumo de energía eléctrica. Esta relación es mayor en el caso del escenario 5, es decir, que para un mismo valor de inversión inicial se obtiene un mayor ahorro por parte de los motores de menor potencia.

Principalmente, se debe a que en los motores de menor potencia el aumento de eficiencia nominal de los motores de eficiencia premium con respecto a los de eficiencia estándar de hasta 10%, y no así en los motores de mayor potencia en los cuales se ve un aumento de hasta 4%.

7.3 Petit Fours

El día 5 de julio del 2021 nos presentamos en la planta de envasado de la empresa Petit Fours situada en el área industrial de la ciudad de Carcarañá ubicada a 48 kilómetros de Rosario. Dicha empresa se dedica a la elaboración de productos alimenticios y fraccionado en envases Monodosis y mini porciones. Cuentan con cuatro Plantas industriales elaboradoras y de envasado de: farináceos, tostado y encapsulado de café adaptable a Nespresso; desarrollo, producción y encapsulado de solubles en cápsulas adaptables a Dolce Gusto, topping para la industria del Helado y alimentos en general. En particular la planta que visitamos es pequeña, los motores de inducción relevados son empleados para manipular la materia prima con fin de abastecer a la dosificadora, la cual funciona durante dos turnos de 8 horas, obteniendo así el producto final envasado. Se muestra en la Figura 7.3.1 un ejemplo de una tina que asiste al proceso de envasado.



Figura 7.3.1: Tina 1

A continuación, se presenta la tabla de los motores relevados.

Relevamiento											
Planta Petit Fours		Datos de chapa						Datos medidos			
TAG	Carga	HP	RPM	U	FP	I[A]	Eff	I[A]	P[kW]	Arr.	Horas
1	Dosificadora	1	1395	380	0,8	1,88	72,1	1,3	0,69	Directo	16
2	Tina 1	0,25	1450	380	0,75	1	56,5	0,3	0,15	Directo	16
3	Tina 2	0,25	1450	380	0,75	1	56,5	0,4	0,18	Directo	16
4	Mezcladora	0,5	1360	380	0,75	1,12	64	0,5	0,27	Directo	16
5	Banco de Agua	7,5	1450	380	0,8	17	83,1	8	4,2	Directo	16
6	Cinta Transportadora	0,75	1360	380	0,74	1,61	70	1,1	0,54	Directo	16

Tabla 7.3.1: Relevamiento Planta Petit Fours Carcarañá

Se puede ver que los motores empleados son de relativa baja potencia a excepción del banco de agua. A continuación, se procede a mostrar la Tabla 7.3.2 que contiene todos los cálculos necesarios para obtener la eficiencia a cargas parciales.

Datos obtenidos en planta							Cálculos realizados						
TAG	Carga	HP	RPM	FP	Eff [%]	Pmedida[kW]	Factor de Carga	ΔP	Deslizamiento	Pcu2	Po	X	Rendimiento en carga[%]
1	Dosificadora	1	1395	0.8	72.1	0.69	0.67	288.29	0.07	56.15	176.14	1.57	68.39
2	Tina 1	0.25	1450	0.75	56.5	0.15	0.45	143.40	0.03	6.43	130.55	10.16	38.48
3	Tina 2	0.25	1450	0.75	56.5	0.18	0.55	143.40	0.03	6.43	130.55	10.16	42.66
4	Mezcladora	0.5	1360	0.75	64	0.27	0.46	209.53	0.09	38.40	132.84	1.73	53.22
5	Banco de Agua	7.5	1450	0.8	83.1	4.2	0.62	1136.33	0.03	192.93	750.98	1.95	79.20
6	Cinta Transportadora	0.75	1360	0.74	70	0.54	0.68	239.46	0.09	57.60	124.43	1.08	67.74

Tabla 7.3.2: Rendimiento de máquina al factor de carga medido

Para una mejor visualización del factor de carga, se presenta la Figura 7.3.2

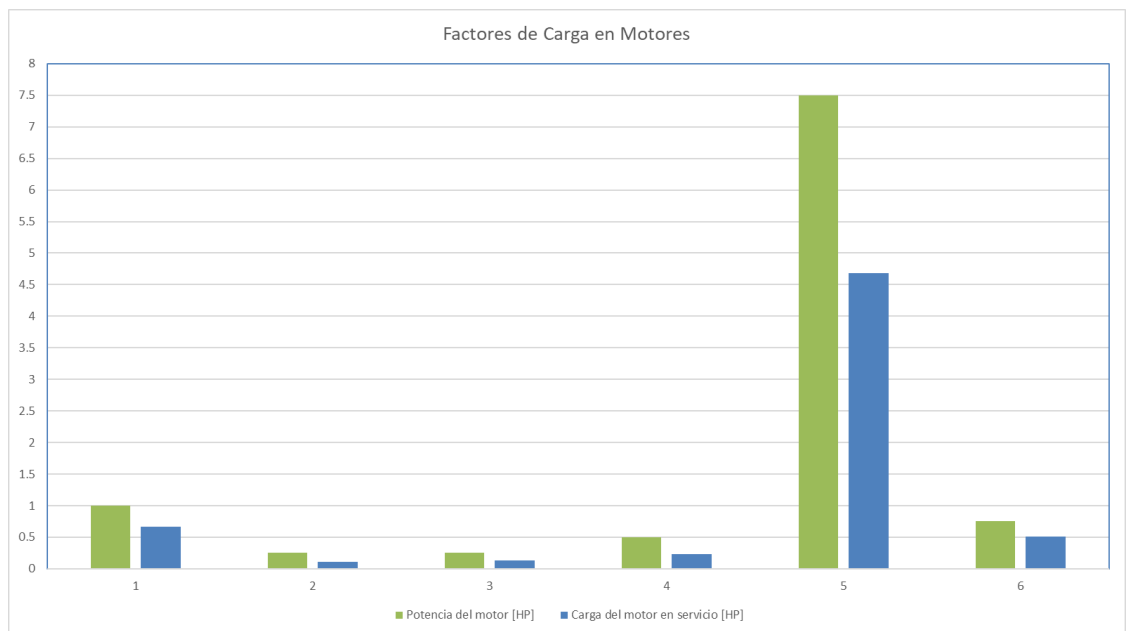


Figura 7.3.2: Factor de carga proporcional a la Potencia nominal

7.3.1 Escenarios propuestos

Para esta planta vamos a proponer tres escenarios debido a la cantidad y variedad de motores presentes.

Escenario 1: Recambio de todas las máquinas por motores de similares características, pero de eficiencia IE3.

Escenario 2: Aquí también se cambian la totalidad de los motores por IE3, pero se va a repotenciar todos los motore que tienen bajo nuestro criterio un bajo factor de carga.

Escenario 3: Se recambian los motores que tienen bajo factor de carga, eliminando del estudio los que están bien dimensionados.

Para la evaluación económica de la planta Pettit Fours se considera como egresos a la inversión inicial por la compra de los equipos y a la mano de obra necesaria para su instalación.

Los ingresos serán: el ahorro en el consumo energético, debido al aumento de la eficiencia, y disminución del mantenimiento de los motores. Para cuantificar el ahorro energético tenemos que obtener el precio por kWh. Tomando en cuenta que esta empresa pertenece a un parque industrial y tiene un suministro en baja tensión de categoría UPI4 (**Anexo X**) realizamos el promedio del precio de los primeros 400

kWh/mes, segundos 400 kWh/mes, siguientes 1200 kWh/mes y excedentes 2000 kWh/mes para luego obtener el precio promedio del kWh. Luego se aplican los impuestos nacionales (IVA), provinciales (Ley N° 12.692 Energías Renovables, Ley N° 6.604 Fondo de Electrificación Rural). Obteniendo el valor que se muestra en la Tabla 7.3.1.1.

	\$/kWh	US\$/kWh
Precio del kWh	11,2731	0,1074

Tabla 7.3.1.1: Tarifa UPI4 EPESF.

7.3.1.1 Primer escenario

Para este escenario, los motores propuestos se presentan en la Tabla 7.3.1.1.1

Motor IE3 propuesto										
IT	HP	RPM	U[V]	FP	I[A]	Eff IE3 [%]	Factor de carga	Rendimiento en carga [%]	Cambió de potencia?	Ahorro [kWh]
1	1	1435	380	0,78	1,77	82,5	0,67	80,22	No	0,11
2	0,25	1380	380	0,72	0,543	69,9	0,45	60,45	No	0,08
3	0,25	1380	380	0,72	0,543	69,9	0,55	63,51	No	0,08
4	0,5	1385	380	0,7	1,04	77,3	0,46	73,64	No	0,09
5	7,5	1465	380	0,84	11,1	89,7	0,62	87,76	No	0,43
6	0,75	1425	380	0,8	1,29	80,8	0,68	78,66	No	0,08

Tabla 7.3.1.1.1: Motores IE3 propuestos Petit Fours Escenario 1

Como puede notarse, aquí se mantienen los bajos factores de carga debido a que no se han cambiado las potencias nominales. A continuación, a partir de la tarifa que se muestra en la Tabla 7.3.1.1, el ahorro energético mostrado en la Tabla 7.3.1.1.1 y las horas de utilización ya mencionadas se realiza el cálculo del dinero ahorrado a lo largo de 10 años. Este cálculo se expresa en la Tabla 7.3.1.1.2.

		Ahorro anual [USD]										
TAG	Carga	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
1	Noria	-	42,34	44,45	46,67	49,01	51,46	54,03	56,73	59,57	62,55	65,68
2	Pre limpieza de Noria	-	31,59	33,17	34,83	36,58	38,40	40,32	42,34	44,46	46,68	49,01
3	Extracción silo 1	-	30,88	32,43	34,05	35,75	37,54	39,41	41,38	43,45	45,63	47,91
4	Extracción silo 2	-	35,5	37,30	39,17	41,12	43,18	45,34	47,61	49,99	52,49	55,11
5	Extracción silo 3	-	169	178	186	196	206	216	227	238	250	263
6	Extracción silo 4	-	30,5	32,09	33,70	35,38	37,15	39,01	40,96	43,00	45,15	47,41
AHORRO TOTAL DE ENERGÍA		-	340,5	357,5	375,4	394,1	413,9	434,5	456,3	479,1	503,0	528,2

Tabla 7.3.1.1.2: Ahorro anual por máquina – Escenario 1 Petit Fours.

Luego con estos datos se presenta la Tabla 7.3.1.1.3 con el flujo de caja para este escenario.

AÑO	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
AHORRO DE ENERGÍA [USD]		340,5	357,5	375,4	394,1	413,9	434,5	456,3	479,1	503,0	528,2
INVERSIÓN INICIAL [USD]	2012										
AHORRO EN MANTENIMIENTO [USD]		77,1	81,0	85,1	89,3	93,8	98,5	103,4	108,5	114,0	119,7
FLUJO DE CAJA [USD]	2012	417,6	438,5	460,4	483,4	507,6	533,0	559,7	587,6	617,0	647,9

Tabla 7.3.1.1.3: Flujo de Caja – Escenario 1 Petit Fours.

Con los valores obtenidos se calcula lo representado en Tabla 7.3.1.1.4

Tasa	2%
VAN	2668,98
TIR	20,53%

Tabla 7.3.1.1.4: VAN y TIR – Escenario 1 Petit Fours.

Los valores del VAN y del TIR obtenidos reflejan que, en este escenario a pesar de mantener motores con muy bajos factores de carga, es rentable el recambio propuesto.

Por otro lado, en la Tabla 7.3.1.1.5 se presenta la energía ahorrada y las toneladas del Dióxido de carbono que el parque generador no va a emitir.

Energía Ahorrada	33,13 MWh
Disminución de emisiones	13,9 tCO ₂

Tabla 7.3.1.1.5: Impacto ambiental – Escenario 1 Petit Fours.

Dichas toneladas de Dióxido de Carbono equivalen a las emisiones que produce un auto al recorrer 50400 kilómetros. Es decir, deberíamos prescindir de la utilización del vehículo por dicha cantidad de kilómetros.

7.3.1.2 Segundo escenario

En la Tabla 7.3.1.2.1 se presentan los motores propuestos según el criterio adoptado para este caso.

Motor IE3 propuesto										
IT	HP	RPM	U[V]	FP	I[A]	Eff IE3 [%]	Factor de carga	Rendimiento en carga [%]	Cambió de potencia?	Ahorro [kWh]
1	1	1435	380	0,78	1,77	82,5	0,67	80,22	No	0,11
2	0,16	1425	380	0,71	0,4	64,8	0,71	58,73	Si	0,08
3	0,16	1425	380	0,71	0,4	64,8	0,85	61,98	Si	0,07
4	0,25	1380	380	0,72	0,543	69,9	0,93	69,20	Si	0,07
5	5,5	1450	380	0,78	8,78	88,8	0,85	88,66	Si	0,47
6	0,75	1425	380	0,8	1,29	80,8	0,68	78,66	No	0,08

Tabla 7.3.1.2.1: Motores IE3 propuestos Petit Fours Escenario 2

Podemos observar en la Tabla 7.3.1.2.1, que con el recambio propuesto en este escenario obtenemos factores de carga más adecuados según nuestro criterio.

A continuación, en Tabla 7.3.1.2.2 se muestra el ahorro económico a lo largo de 10 años.

		Ahorro anual [USD]										
TAG	Carga	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
1	Dosificadora	-	42,34	44,45	46,67	49,01	51,46	54,03	56,73	59,57	62,55	65,68
2	Tina 1	-	29,98	31,48	33,05	34,70	36,44	38,26	40,17	42,18	44,29	46,50
3	Tina 2	-	29,33	30,79	32,33	33,95	35,65	37,43	39,30	41,27	43,33	45,50
4	Mezcladora	-	29,58	31,06	32,61	34,24	35,95	37,75	39,64	41,62	43,70	45,89
5	Banco de Agua	-	185	194	20	214,	225	236	248	261	274	287
6	Cinta Transportadora	-	30,56	32,09	33,70	35,38	37,15	39,01	40,96	43,00	45,15	47,41
AHORRO TOTAL DE ENERGÍA		-	347,3	364,7	382,9	402,1	422,2	443,3	465,5	488,7	513,2	538,8

Tabla 7.3.1.2.2: Ahorro anual por máquina – Escenario 2 Petit Fours.

Luego, en Tabla 7.3.1.2.3 se muestra el flujo de caja correspondiente a este escenario.

AÑO	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
AHORRO DE ENERGÍA		347,3	364,7	382,9	402,1	422,2	443,3	465,5	488,7	513,2	538,8
INVERSIÓN INICIAL	1653										
AHORRO EN MANTENIMIENTO		77,1	81,0	85,1	89,3	93,8	98,5	103,4	108,5	114,0	119,7
FLUJO DE CAJA	1653	424,5	445,7	468,0	491,4	516,0	541,8	568,9	597,3	627,2	658,5

Tabla 7.3.1.2.3: Flujo de Caja – Escenario 2 Petit Fours.

A partir del flujo de caja obtenemos los valores del VAN y el TIR. Los cuales se muestran en la Tabla 7.3.1.2.4.

Tasa	2%
VAN	3104,84
TIR	26,78%

Tabla 7.3.1.2.4: VAN y TIR – Escenario 2 Petit Fours.

A partir del valor positivo del VAN, y un valor de TIR superior a la tasa de referencia podemos decir nuevamente que se trata de un escenario rentable.

En este caso, comparando con el escenario anterior, la inversión inicial es menor debido a la disminución de la potencia nominal de las máquinas y el ahorro energético no varía demasiado. Por lo tanto, la rentabilidad es mayor.

En la Tabla 7.3.1.2.5 se muestra el ahorro energético obtenido y la disminución de emisiones.

Energía Ahorrada	33,8 MWh
Disminución de emisiones	14,2 tCO ₂

Tabla 7.3.1.1.5: Impacto ambiental – Escenario 2 Petit Fours

Lo presentado en la tabla anterior equivalen a las emisiones que produce un auto al recorrer 51200 kilómetros

7.3.1.3 Tercer escenario

En este escenario se propone únicamente el reemplazo de los motores que poseen bajos factores de carga. Los cuales se presentan en la Tabla 7.3.1.3.1.

Motor IE3 propuesto										
IT	HP	RPM	U[V]	FP	I[A]	Eff IE3 [%]	Factor de carga	Rendimiento en carga [%]	Cambió de potencia?	Ahorro [kWh]
2	0,16	1425	380	0,71	0,4	64,8	0,71	58,73	Si	0,08
3	0,16	1425	380	0,71	0,4	64,8	0,85	61,98	Si	0,07
4	0,25	1380	380	0,72	0,543	69,9	0,93	69,20	Si	0,07
5	5,5	1450	380	0,78	8,78	88,8	0,85	88,66	Si	0,47

Tabla 7.3.1.3.1: Motores IE3 propuestos Petit Fours Escenario 3

A diferencia del escenario anterior, no se tienen en cuenta los IT 1 y 6, ya que estos tienen un factor de carga correcto. Luego, en la Tabla 7.3.1.3.2 y Tabla 7.3.1.3.3 se expresan el ahorro de energía por cada año y el cálculo del flujo de caja, respectivamente.

		Ahorro anual [USD]										
TAG	Carga	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
2	Tina 1	-	29,98	31,48	33,05	34,70	36,44	38,26	40,17	42,18	44,29	46,50
3	Tina 2	-	29,33	30,79	32,33	33,95	35,65	37,43	39,30	41,27	43,33	45,50
4	Mezcladora	-	29,58	31,06	32,61	34,24	35,95	37,75	39,64	41,62	43,70	45,89
5	Banco de Agua	-	185,5	194,8	204,5	214,8	225,5	236,8	248,6	261,1	274,1	287,8
AHORRO TOTAL DE ENERGÍA		-	274,4	288,2	302,6	317,7	333,6	350,3	367,8	386,2	405,5	425,8

Tabla 7.3.1.2.2: Ahorro anual por máquina – Escenario 3 Petit Fours.

AÑO	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
AHORRO DE ENERGÍA		274,4	288,2	302,6	317,7	333,6	350,3	367,8	386,2	405,5	425,8
INVERSIÓN INICIAL	1134										
AHORRO EN MANTENIMIENTO		42,9	45,0	47,3	49,6	52,1	54,7	57,4	60,3	63,3	66,5
FLUJO DE CAJA	1134	351,6	369,2	387,6	407,0	427,4	448,7	471,2	494,7	519,5	545,4

Tabla 7.3.1.2.3: Flujo de Caja – Escenario 3 Petit Fours.

A partir de las tablas anteriores obtenemos el VAN y el TIR los cuales se presentan en la Tabla 7.3.1.3.4.

Tasa	2%
VAN	2422,45
TIR	29,56%

Tabla 7.3.1.3.4: VAN y TIR – Escenario 3 Petit Fours.

Vemos que este escenario es más rentable aún que los anteriores, debido a los resultados del VAN y el TIR, ya que la inversión inicial disminuye debido a la menor cantidad de máquinas.

Por último, en la Tabla 7.3.1.3.5 se presenta la energía ahorrada y las toneladas del Dióxido de carbono que el parque generador no va a emitir.

Energía Ahorrada	26,71 MWh
Disminución de emisiones	11,2 tCO ₂

Tabla 7.3.1.3.5: Impacto ambiental – Escenario 3 Petit Fours

Dichas toneladas de Dióxido de Carbono equivalen a las emisiones que produce un auto al recorrer 40300 kilómetros.

7.3.2 Conclusión planta Petit Fours

En este caso se trata de una planta pequeña con poca cantidad de motores de inducción de baja potencia, de los cuales el 66% de los mismos están sobredimensionados. De acuerdo al proceso productivo estas máquinas están en funcionamiento durante 16 horas al día, lo cual es un valor considerablemente alto que va a favorecer a la cantidad de energía ahorrada. Además, se observa que los valores de inversión inicial son bajos al tratarse de pocas máquinas y de baja potencia.

Estos factores anteriormente nombrados, son determinantes para que los tres escenarios planteados resulten rentables.

Por último, podemos observar que en los dos primeros escenarios la energía ahorrada es similar a pesar de que los factores del segundo caso mejoran con respecto al primero. Si bien esto en un principio sugiere que el ahorro debería aumentar, no debemos olvidar que al disminuir la potencia nominal de los motores la eficiencia nominal también disminuye.

7.4 D'Ascanio SRL

El martes 20 de abril, nos presentamos en la empresa D'Ascanio SRL situada en Bv. 5, N° 470 en la ciudad de Las Parejas a 100 km de la ciudad de Rosario. Dicha empresa se especializa en la fabricación de plantas de almacenamiento de granos, equipos para el movimiento y limpieza de cereales.

Tiene una superficie cubierta de 2.500 m² en el parque destinado a industrias de Las Parejas. Poseen un personal de 40 personas. En los últimos años han incorporado equipamiento de avanzada para llevar a óptimo nivel todos los procesos de diseño, desarrollo y producción.



Figura 7.4.1: Vista aérea de D'Ascanio SRL.

Al ingresar a la planta, se nos brindó un lay out de la misma y un listado de sus cargas, de las cuales nos enfocamos en las rotantes. En este caso particular, por las características de la instalación eléctrica de la planta, se realizaron varias mediciones a través de las bornas de los motores, ya que se estaban conectados a través de tomacorrientes industriales y no eran accionadas a través de un tablero con contactor como es habitual. Solamente para el caso de las cargas de mayor potencia, se pudo realizar la medición en el tablero alimentador.

Para esta planta, ya que fue la primera que visitamos, no contábamos con la experiencia y con la disponibilidad de una pinza vatimétrica como en el resto de las visitadas posteriormente. Por lo cual, el método utilizado fue el Método de Corriente detallado en la Sección 4.1.2

Por lo tanto, todas las mediciones en campo fueron realizadas con una pinza amperimétrica de efecto hall como puede observarse en la Figura 7.4.2.



Figura 7.4.2: Ejemplo de medición en caja de conexiones.

En nuestra recorrida por la planta notamos que la mayoría de las máquinas son empleadas para carga de tipo taller metalúrgico, mecanizado de piezas, hojalatería. Las cuales en un 60% tienen una antigüedad mayor a 30 años. A continuación, se presenta la Tabla 7.4.1 de relevamiento con los datos y las mediciones relevadas.

Relevamiento										
D'Ascanio		Datos de chapa						Datos medidos		
TAG	Carga	HP	RPM	U	FP	I[A]	Eff	I[A]	Arr.	Horas
1	Turbina Aireación cabina pintura	15	975	380	0,78	25	85,7	18,7	Directo	9
2	Agujereadora de banco	0,5	2850	380	0,78	1,15	62,1	0,4	Directo	4
3	Compresor	20	2900	380	0,83	31	86,6	26,8	Directo	9
4	Amoladora de banco	4	2860	380	0,77	6,6	81,5	4,3	Directo	3
5	Agujereadora de banco	0,5	2850	380	0,75	1,15	64,6	0,4	Directo	4
6	Agujereadora de banco	0,5	2850	380	0,75	1,15	64,6	0,5	Directo	4
7	Amoladora de banco	2	2860	380	0,75	3,5	77,2	1,4	Directo	3
8	Guillotina	30	1455	380	0,85	42,8	88,3	15	Directo	6
9	Punzonadora	10	1440	380	0,78	15,5	84,2	12,2	Directo	9

Relevamiento										
D'Ascanio		Datos de chapa						Datos medidos		
10	Turbina Aireación plasma	4	1420	380	0,81	6,8	80,8	3,8	Directo	9
11	Serrucho	0,75	2860	380	0,75	1,4	76,5	0,8	Directo	5
12	Amoladora de banco	2	2850	380	0,75	3,5	69,1	1,5	Directo	3
13	Curvadora de chapas	20	2850	380	0,77	32,1	88,6	3,9	Directo	2
14	Roladora de chapas	2	1410	380	0,82	3,6	78,4	1,2	Directo	3
15	Conformadora de chapa	0,75	1390	380	0,75	1,58	70,5	0,5	Directo	3
16	Roladora de perfiles	4	1410	380	0,79	6,6	84,2	1,3	Directo	3
17	Serrucho chico	0,75	1390	380	0,76	1,53	71,9	0,9	Directo	9
18	Despuntadora	10	1465	380	0,8	16,5	84,4	9,3	Directo	9
19	Fresadora	5	1430	380	0,75	8,6	82,2	3,6	Directo	6
20	Agujereadora de banco	0,75	2850	380	0,75	1,6	69,6	0,6	Directo	4
21	Balancín	7,5	1430	380	0,78	13,4	79,9	7,2	Directo	3
22	Torno paralelo	3	1430	380	0,86	4,8	80,5	3,1	Directo	9
23	Torno paralelo	5,5	1430	380	0,82	9	82,4	4,9	Directo	9
24	Central remachadora	5,5	1470	380	0,81	8,8	81,1	5,3	Directo	9

Tabla 7.4.1: Motores relevados

En la planilla de relevamiento se pueden observar motores de variada potencia, muchos de ellos con potencias por debajo de los 5 HP, como puede verse en la Figura 7.4.2.

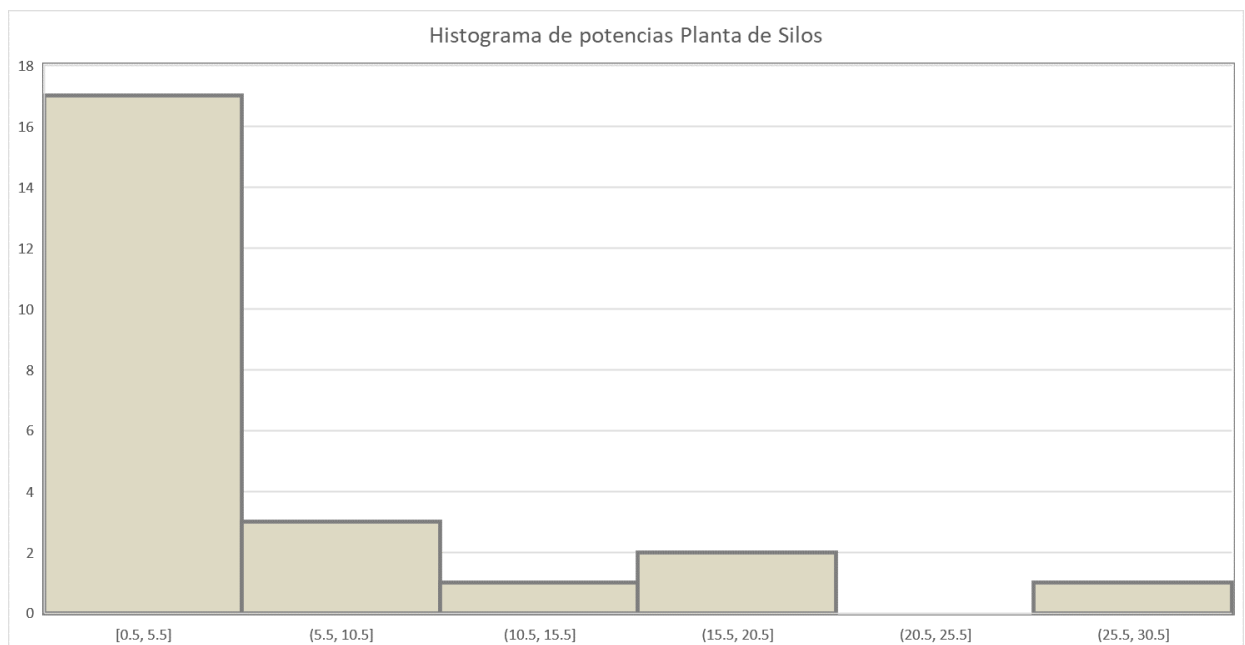


Tabla 7.4.2: Histograma de potencia D'Ascanio SRL.

En este caso en particular, antes de proceder a calcular el rendimiento vamos a presentar la Tabla 7.4.3, donde obtenemos el factor de carga de todas las máquinas. Aquí al utilizar el Método de Corriente, el factor de carga de la máquina será aceptable si este es mayor a 75%. Esto se debe a que la corriente deja de ser lineal con la carga cuando el motor está cargado por debajo del 75%, como destacamos en la Sección 4.1.2 “Método de Corriente”.

Lamentablemente se tienen 21 motores con un factor de carga inferior a 75%, los cuales serán descartados. Esto se debe a que el cálculo del factor de carga, como lo indica la ecuación 4.1.2.1, proporciona un error muy elevado que a nuestro criterio no es admisible. Este error se atribuye a que la corriente medida a bajos factores de carga está altamente influenciada por la corriente de magnetización.

Por lo tanto, solo trabajaremos sobre tres de las 24 máquinas relevadas. Las cuales se presentan en la Tabla 7.4.3.

Datos obtenidos en planta								
TAG	Carga	HP	RPM	FP	Eff [%]	Inominal[A]	Imedida[A]	Factor de Carga
1	Turbina Aireación cabina pintura	15	975	0,78	85,7	25	18,7	0,75
2	Agujereadora de banco	0,5	2850	0,78	62,1	1,15	0,4	0,35
3	Compresor	20	2900	0,83	86,6	31	26,8	0,86
4	Amoladora de banco	4	2860	0,77	81,5	6,6	4,3	0,65
5	Agujereadora de banco	0,5	2850	0,75	64,6	1,15	0,4	0,35
6	Agujereadora de banco	0,5	2850	0,75	64,6	1,15	0,5	0,43
7	Amoladora de banco	2	2860	0,75	77,2	3,5	1,4	0,40
8	Guillotina	30	1455	0,85	88,3	42,8	15	0,35
9	Punzonadora	10	1440	0,78	84,2	15,5	12,2	0,79
10	Turbina Aireación plasma	4	1420	0,81	80,8	6,8	3,8	0,56
11	Serrucho	0,75	2860	0,75	76,5	1,4	0,8	0,57
12	Amoladora de banco	2	2850	0,75	69,1	3,5	1,5	0,43
13	Curvadora de chapas	20	2850	0,77	88,6	32,1	3,9	0,12
14	Roladora de chapas	2	1410	0,82	78,4	3,6	1,2	0,33
15	Conformadora de chapa	0,75	1390	0,75	70,5	1,58	0,5	0,32

Datos obtenidos en planta								
TAG	Carga	HP	RPM	FP	Eff [%]	Inominal[A]	Imedida[A]	Factor de Carga
16	Roladora de perfiles	4	1410	0,79	84,2	6,6	1,3	0,20
17	Serrucho sin medir chico cerveny	0,75	1390	0,76	71,9	1,53	0,9	0,59
18	Depuntadora	10	1465	0,8	84,4	16,5	9,3	0,56
19	Fresadora	5	1430	0,75	82,2	8,6	3,6	0,42
20	Agujereadora de banco	0,75	2850	0,75	69,6	1,6	0,6	0,38
21	Balancin	7,5	1430	0,78	79,9	13,4	7,2	0,54
22	Torno paralelo	3	1430	0,86	80,5	4,8	3,1	0,65
23	Torno paralelo	5,5	1430	0,82	82,4	9	4,9	0,54
24	Central remachadora	5,5	1470	0,81	81,1	8,8	5,3	0,60

Tabla 7.4.3: Cálculo de Factor de Carga D'Ascanio SRL

Como ya hemos expresado anteriormente y se puede observar en la Tabla 7.4.3, los factores de carga de la mayoría de las máquinas son muy bajos.

7.4.1 Escenario propuesto

En este caso se plantea un único escenario, en el cual se propone el reemplazo de los únicos tres motores aptos para nuestro estudio. En la Tabla 7.4.1.1 se muestran los motores propuestos para el reemplazo.

Motor IE3 propuesto										
IT	HP	RPM	U[V]	FP	I[A]	Eff IE3 [%]	Factor de carga	Rendimiento en carga [%]	Cambió de potencia?	Ahorro [kWh]
1	15	978	380	0,77	24	90,5	0,75	89,64	No	0,67
3	20	2955	380	0,85	21,5	91,4	0,86	90,76	No	0,76
9	10	1560	380	0,84	14,9	90,6	0,79	85,43	No	0,18

Tabla 7.4.1.1: Motores IE3 propuestos D'Ascanio SRL.

Aquí también como en el resto de las plantas analizadas, se considera la inversión inicial por la compra de los equipos en conjunto con el costo de instalación de los mismos como único egreso. Los ingresos serán el ahorro económico como consecuencia de la disminución en el consumo energético, debido al aumento de la eficiencia, y disminución del mantenimiento de los motores.

Es por esto que debemos conocer el precio de cada kWh ahorrado, el cual obtendremos de la tarifa de la Empresa Provincial de Energía.

A partir de los datos brindados por la empresa D'Ascanio reconocemos que esta pertenece a la Categoría UPI4 de la EPESF, al igual que la empresa Petit Fours estudiada en la Sección 7.3, se calcula el valor del kWh promedio y se lo expresa en la Tabla 7.4.1.2.

	\$/kWh	US\$/kWh
Precio del kWh	11,2731	0,1074

Tabla 7.4.1.2: Tarifa promedio EPESF

Con estos valores procedemos a calcular el ahorro económico que el recambio va a producir en los 10 años que consideramos para nuestro estudio, y se expresa en la Tabla 7.4.1.3.

TAG	Carga	Ahorro anual [USD]										
		Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
1	Turbina Aireación cabina pintura	-	163	171	180	189	198	208	218	229	241	253
3	Compresor	-	185	194	203	214	224	236	247	260	273	286
9	Punzonadora	-	44	46	48	51	53	56	59	61	65	68
AHORRO TOTAL DE ENERGÍA [USD]		-	391	411	431	453	475	499	524	550	578	607

Tabla 7.4.1.3. Ahorro anual por máquina D'Ascanio SRL

Ahora se calcula el flujo de caja, mostrado en la Tabla 7.4.1.4, teniendo en cuenta los ingresos y egresos ya detallados anteriormente.

AÑO	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
AHORRO DE ENERGÍA [USD]		391	411	431	453	475	499	524	550	578	607
INVERSIÓN INICIAL [USD]	4351										
AHORRO EN MANTENIMIENTO [USD]		8,6	45,0	47,3	49,6	52,1	54,7	57,4	60,3	63,3	66,5
FLUJO DE CAJA [USD]	4351	400	456	479	502	528	554	582	611	641	673

Tabla 7.4.1.4: Flujo de Caja de planta D'Ascanio

Con los valores mostrados en la tabla anterior, se efectúa el cálculo del VAN y el TIR mostrados en la Tabla 7.4.1.5.

Tasa	2%
VAN	480,43
TIR	3,89%

Tabla 7.4.1.5: VAN y TIR D'Ascanio SRL

Debido al resultado positivo del VAN y al valor de TIR superior a la tasa de referencia, podemos concluir que el reemplazo de motores de eficiencia estándar por otros de eficiencia premium es rentable.

En cuanto al ahorro energético y disminución en las emisiones de dióxido de carbono, presentamos dichos valores en la Tabla 7.4.1.6.

Energía Ahorrada	36,44 MWh
Disminución de emisiones	15,3 tCO ₂

Tabla 7.4.1.6: Impacto ambiental planta D'Ascanio SRL

Para el cual, obtenemos que se disminuye la misma cantidad de toneladas dióxido de carbono que produce un vehículo promedio al recorrer 55124 kilómetros.

7.4.2 Conclusión Planta D'Ascanio

En esta planta se relevaron 24 motores, de los cuales el 21 se encontraban muy descargados. En general los motores no tenían mantenimiento alguno y ante cualquier avería se los envía a reparación o se los reemplaza directamente.

En esta planta en particular debido a los bajos factores de carga, sumado al empleo del método de corriente, solo tres del total de las máquinas estaban aptas para realizar los estudios correspondientes. Por lo cual, destacamos la importancia de emplear métodos de medición que introduzcan un error admisible para la mayor parte de los estados de carga del motor para poder cumplir con el grado de exactitud al cual se quiere lograr en el presente estudio, sin dejar de lado las limitaciones para adquirir instrumentos de mayor complejidad.

En cuanto a los resultados obtenidos a partir de los motores estudiados vemos que la rentabilidad se debe a que tenemos una inversión inicial relativamente baja, por la potencia de los motores, y al aumento propio de la eficiencia nominal por parte de los motores IE3 con respecto a los estándar IE1.

7.5 Ricchezza.

El día Lunes 20 de diciembre del año 2021 nos presentamos en las instalaciones de la empresa Ricchezza, ubicada en el parque industrial de la ciudad de Cañada de Gómez. Se muestra una imagen de la misma en la Figura 7.5.1.



Figura 7.5.1: Ricchezza.

Esta empresa inicia sus actividades en el año 1983 en un modesto galpón al sur de la ciudad de Cañada de Gómez, fabricando en forma casi artesanal, muebles que se comercializaban en una red de mueblerías propias ubicadas en distintas localidades.

Actualmente la planta posee una superficie cubierta total de 55000 m² sobre un predio de 100000 m², y busca consolidarse como la empresa más importante en la fabricación y comercialización de muebles a nivel nacional.

En este caso hemos realizado el relevamiento y medición de los motores de inducción utilizados en el sistema de aspiración central. Este sistema, se encarga de aspirar el aserrín generado en las distintas cadenas de producción de la planta. En la Figura 7.5.2, se pueden ver distintos tubos flexibles de mediana magnitud ubicados en cercanías de las máquinas, los cuales se unen al sistema central de aspiración conformados por tubos de mayor magnitud, los cuales se muestran en la Figura 7.5.3.



Figura 7.5.2: Sistema de aspiración.

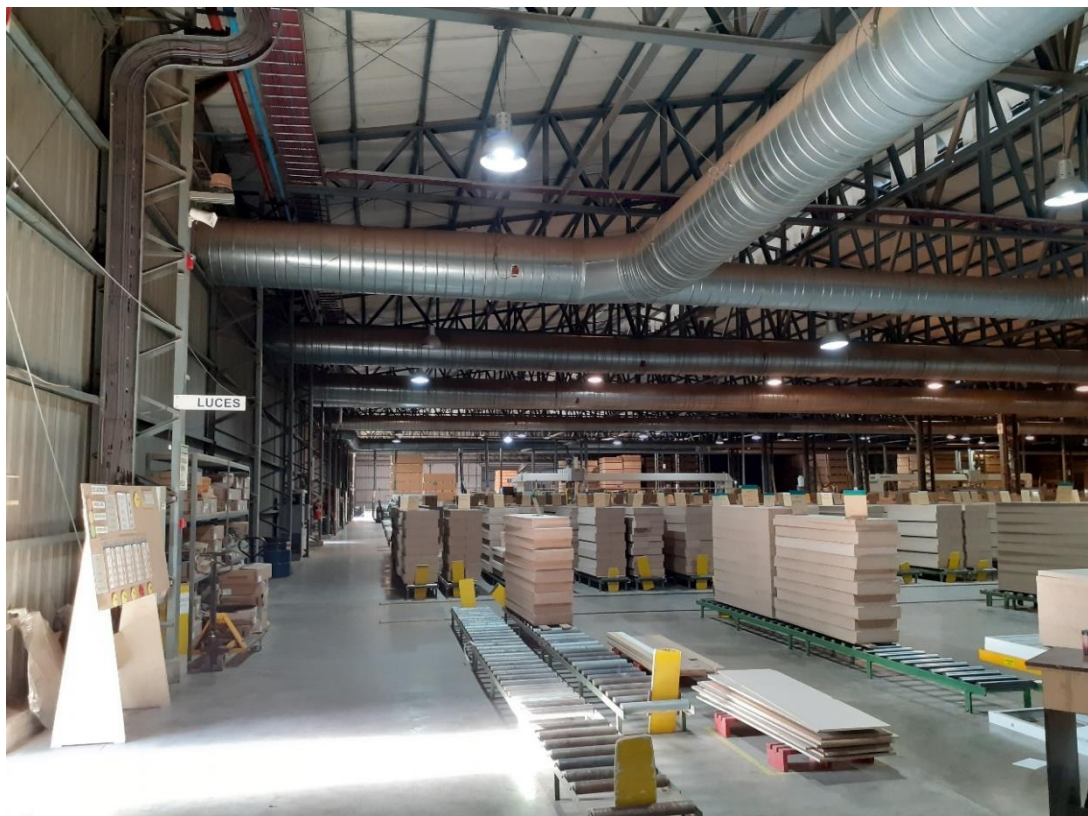


Figura 7.5.3: Sistema de aspiración central.

Los motores relevados, encargados de hacer funcionar el sistema de aspiración, se encuentran en la parte externa de la planta. Las disposiciones de algunos de ellos se muestran en la Figura 7.5.4 y Figura 7.5.5.



Figura 7.5.4: Elevador Silo 2.



Figura 7.5.5: Ventilador Silo 2.

Además, todo el residuo generado en la planta se almacena en silos como el que se muestra en la Figura 7.5.6.



Figura 7.5.5: Silos de aserrín.

A continuación, en la Tabla 7.5.1 se muestra con detalle el relevamiento de todas las máquinas. En ella se cargaron los datos de chapa de cada motor y los resultados obtenidos de las mediciones realizadas en campo.

Relevamiento											
Ricchezze		Datos de chapa						Datos medidos			
TAG	Carga	HP	RPM	U	FP	I[A]	Eff	I[A]	P[kW]	Arr.	Horas
1	Presilo 1	125	1470	400	0,9	155,2	93	132	77,1	Directo	12
2	Presilo 2	100	1480	400	0,87	131	93,5	129	75	Directo	12
3	Presilo 3	125	1470	400	0,9	155,2	93	110	64,5	Directo	12
4	Presilo 4	75	1480	400	0,88	96,48	93	81	47,28	Directo	12
5	Rascador Presilo 1	0,5	1400	380	0,81	1,17	66	1	0,24	Directo	12
6	Rascador Presilo 2	0,5	1400	380	0,81	1,17	66	1	0,21	Directo	12
7	Rascador Presilo 3	0,5	1400	380	0,81	1,17	66	1	0,27	Directo	12
8	Rascador Presilo 4	0,5	1400	380	0,81	1,17	66	1	0,21	Directo	12
9	Ventilador Seccionador 1	125	1470	400	0,9	155,2	93	108	63	Directo	12
10	Ventilador Seccionador 2	75	1480	400	0,88	96,48	93	55	28,8	Directo	12
11	Elevador Silo 1	25	2900	400	0,92	33	90,3	20	12	Directo	12
12	Elevador Silo 2	25	2900	400	0,92	33	90,3	20	11,85	Directo	12

Tabla 7.5.1: Relevamiento Planta Ricchezze

Podemos observar que el 50% de los motores relevados superan los 50HP. A continuación, se muestra un histograma de potencias en la Figura 7.5.6.

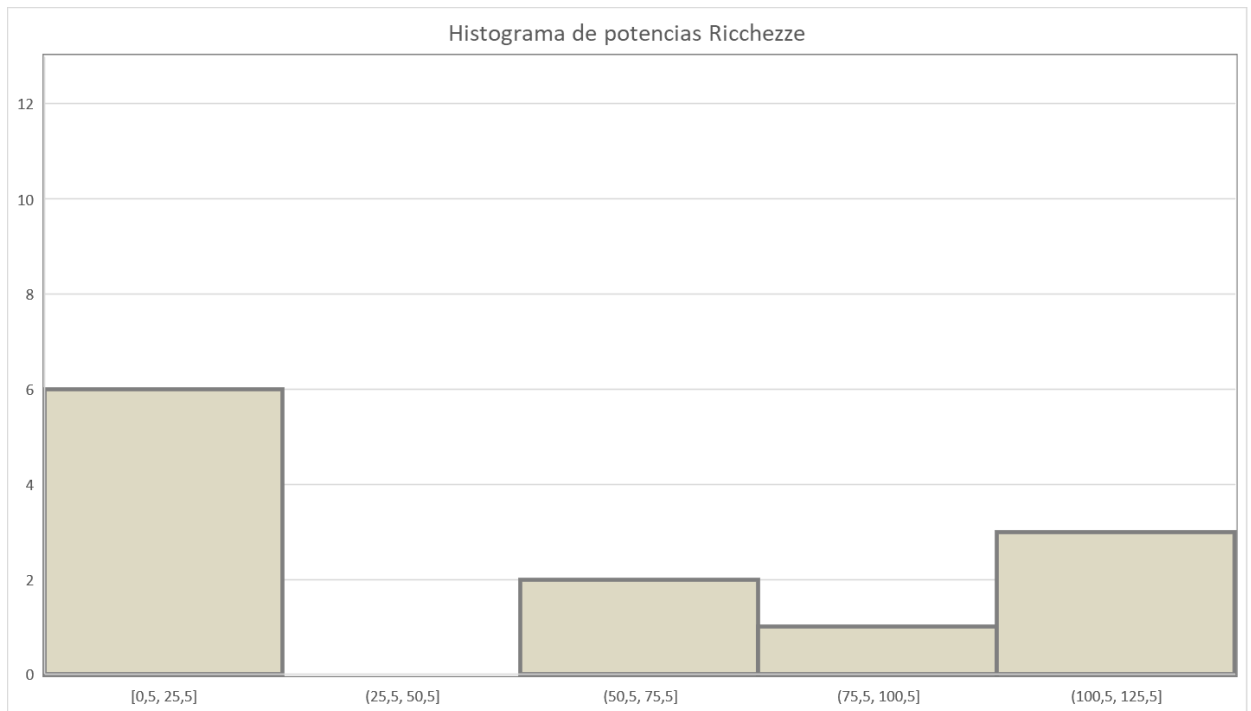


Figura 7.5.6: Histograma de potencias Ricchezza.

Luego, con los datos de chapa relevados y el cálculo del Factor de Carga de cada máquina mediante la Ecuación 4.1.1.2, se calcula el rendimiento a cargas parciales mediante la Ecuación 4.2.1.

En la Tabla 7.5.2 se muestran los resultados obtenidos.

Rendimiento de máquina al factor de carga medido													
Datos obtenidos en planta							Cálculos realizados						
TAG	Carga	HP	RPM	FP	Eff [%]	Pmedida[kW]	Factor de Carga	ΔP	Deslizamiento	Pcu2	Po	X	Rendimiento en carga[%]
1	Presilo 1	125	1470	0,9	93	77,1	0,77	7009,41	0,02	1903,06	3208,39	0,84	92,82
2	Presilo 2	100	1480	0,87	93,5	75	0,94	5179,14	0,01	1008,11	3165,63	1,57	93,31
3	Presilo 3	125	1470	0,9	93	64,5	0,64	7009,41	0,02	1903,06	3208,39	0,84	92,50
4	Presilo 4	75	1480	0,88	93	47,28	0,79	4205,65	0,01	756,08	2695,51	1,78	92,26
5	Rascador Presilo 1	0,5	1400	0,81	66	0,24	0,42	191,89	0,07	26,64	138,68	2,61	51,22
6	Rascador Presilo 2	0,5	1400	0,81	66	0,21	0,37	191,89	0,07	26,64	138,68	2,61	48,27
7	Rascador Presilo 3	0,5	1400	0,81	66	0,27	0,48	191,89	0,07	26,64	138,68	2,61	53,73
8	Rascador Presilo 4	0,5	1400	0,81	66	0,21	0,37	191,89	0,07	26,64	138,68	2,61	48,27
9	Ventilador Seccionador 1	125	1470	0,9	93	63	0,63	7009,41	0,02	1903,06	3208,39	0,84	92,44
10	Ventilador Seccionador 2	75	1480	0,88	93	28,8	0,48	4205,65	0,01	756,08	2695,51	1,78	89,64
11	Elevador Silo 1	25	2900	0,92	90,3	12	0,58	2000,69	0,03	643,10	716,21	0,56	90,26
12	Elevador Silo 2	25	2900	0,92	90,3	11,85	0,57	2000,69	0,03	643,10	716,21	0,56	90,23

Tabla 7.5.2: Rendimiento de máquinas al factor de carga medido.

A continuación, en la Figura 7.5.7, se muestran a través de un gráfico de barras los factores de carga obtenidos para las máquinas de potencia nominal menor a 1 HP.

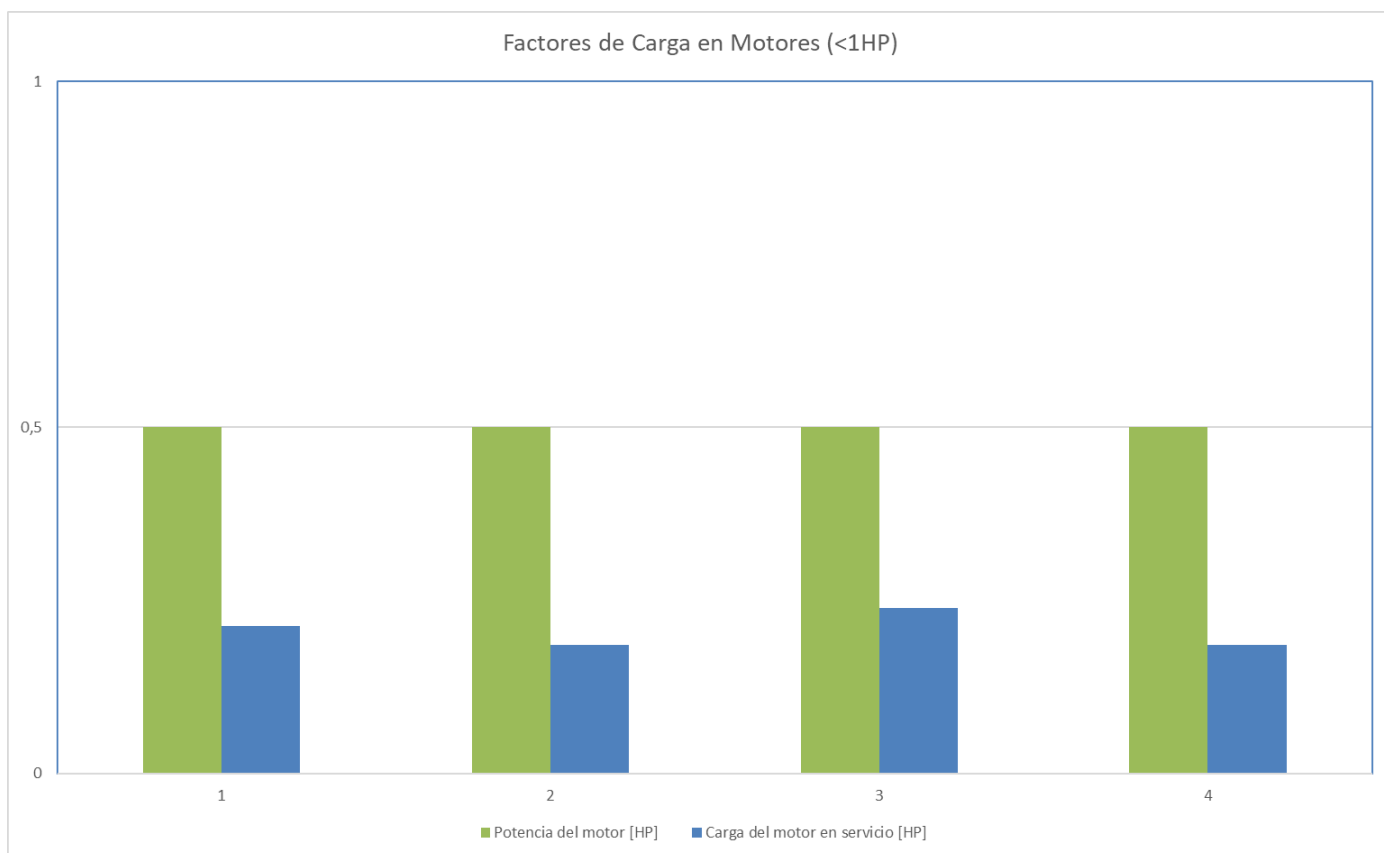


Figura 7.5.7: Factores de carga en motores menores a 1HP.

Lo mismo se realiza en la Figura 7.5.8, para las máquinas de potencia nominal mayor a 1 HP.

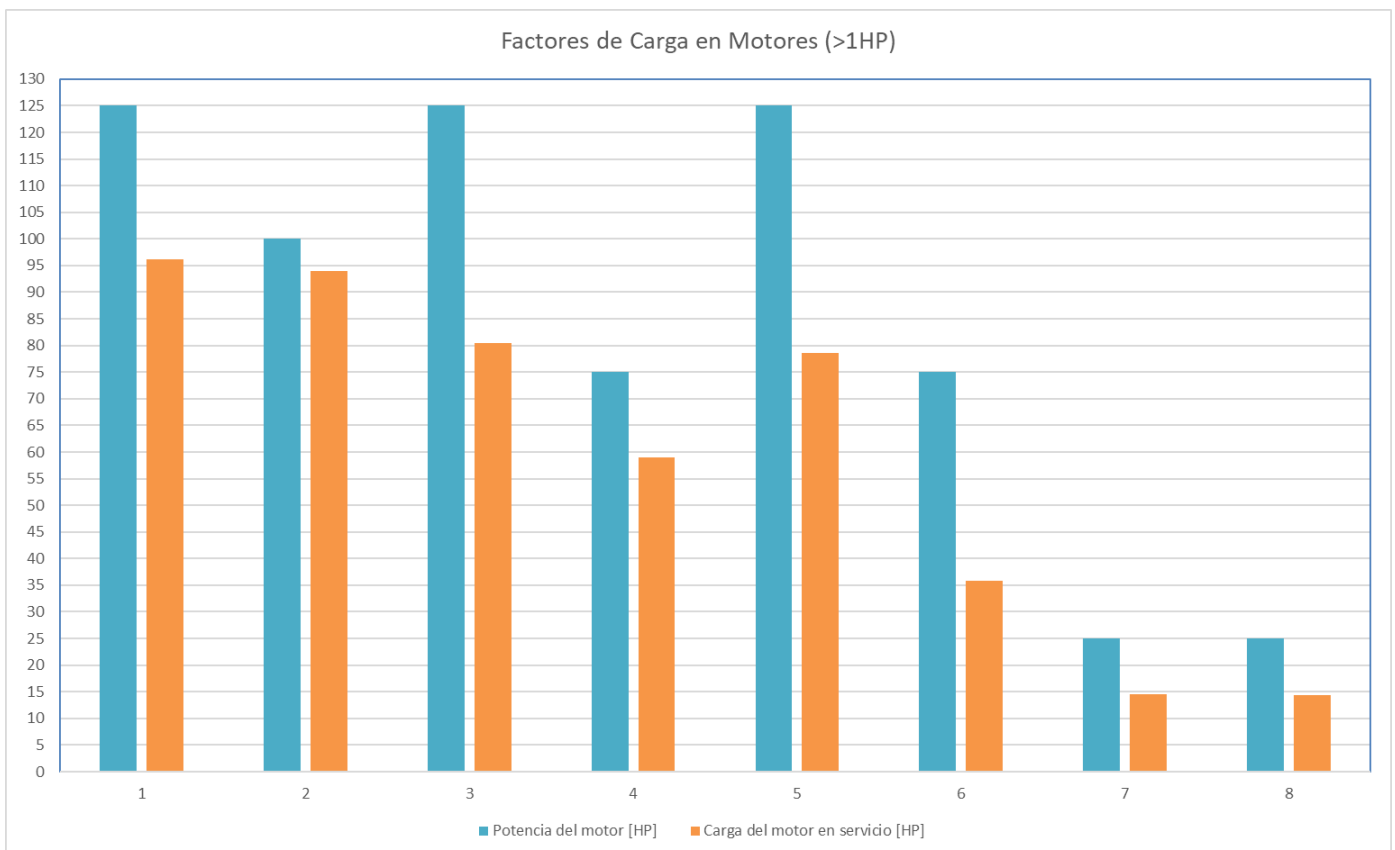


Figura 7.5.8: Factores de carga en motores mayores a 1HP.

Como podemos observar en la Tabla 7.5.2, en la Figura 7.5.7 y Figura 7.5.8, el 60% de los motores medidos tienen un factor de carga menor al 75%.

A continuación, se presentan los escenarios propuestos para la planta Ricchezza.

7.5.1 Escenarios propuestos

Escenario 1: Reemplazo de la totalidad de los motores de inducción de eficiencia estándar por otros de eficiencia premium y misma potencia.

Escenario 2: Proponemos también el recambio de la totalidad de los motores, pero en este caso, considerando su factor de carga. Por lo cual, vamos a seleccionar motores de potencia adecuada para aquellos que están sobredimensionados siguiendo el criterio mencionado en el apartado 6.1.

Escenario 3: En este caso vamos a reemplazar solo aquellos motores que están sobredimensionados, es decir, tienen un bajo factor de carga.

Escenario 4: Aquí se propone el remplazo y redimensionamiento de los motores de eficiencia estándar cuya potencia nominal sea menor a 20 HP.

Escenario 5: Como caso opuesto al escenario 4, en este escenario se plantea el reemplazo y redimensionamiento de los motores de eficiencia estándar cuya potencia nominal sea mayor a 20 HP.

7.5.1.1 Primer Escenario

Para este escenario, en el cual se propone el reemplazo de la totalidad de los motores de eficiencia estándar, se presenta la Tabla 7.5.1.1.1 que contiene los datos eléctricos y los valores de rendimiento calculados al factor de carga medido.

Motor IE3 propuesto										
IT	HP	RPM	U[V]	FP	I[A]	Eff IE3 [%]	Factor de carga	Rendimiento en carga [%]	Cambió de potencia?	Ahorro [kWh]
1	125	1485	380	0,85	168	95,4	0,77	94,98	No	1,76
2	100	1480	380	0,87	138	95	0,94	94,92	No	1,28
3	125	1485	380	0,85	168	95,4	0,64	94,57	No	1,42
4	75	1482	380	0,85	104	94,6	0,79	94,18	No	0,97
5	0,5	1385	380	0,7	1,04	77,3	0,42	72,63	No	0,14
6	0,5	1385	380	0,7	1,04	77,3	0,37	70,84	No	0,11
7	0,5	1385	380	0,7	1,04	77,3	0,48	73,97	No	0,16
8	0,5	1385	380	0,7	1,04	77,3	0,37	70,84	No	0,11
9	125	1485	380	0,85	168	95,4	0,63	94,50	No	1,38
10	75	1482	380	0,85	104	94,6	0,48	92,47	No	0,91
11	25	2955	380	0,85	35,8	92,6	0,58	90,54	No	0,04
12	25	2955	380	0,85	35,8	92,6	0,57	90,47	No	0,03

Tabla 7.5.1.1.1: Motores IE3 propuestos Ricchezza Escenario 1.

Como en la totalidad de las plantas analizadas y sus escenarios correspondientes, se ha considerado la inversión inicial por la compra de los equipos y la mano de obra necesaria para su instalación como único egreso.

En cuanto a los ingresos, será considerado el ahorro en el consumo energético, debido al aumento de la eficiencia, y disminución del mantenimiento de los motores.

Por lo tanto, es imprescindible conocer el precio de cada kWh ahorrado

La planta Ricchezza está emplazada dentro del parque industrial de la ciudad de Cañada de Gómez. Esta, debido a la potencia consumida y al nivel de tensión utilizado se encuentra dentro del cuadro tarifario de la EPESF como usuario PM32 (Media

Tensión 33 kV o Capacidad Contratada 1000 kW o más - Demandas mayores o iguales a 300 kW) de la Tarifa 2 para grandes demandas de parques industriales. En el **ANEXO X** ya citado anteriormente se puede observar dicho cuadro tarifario.

El precio del kWh promedio, calculado a partir de los datos brindados por la empresa, se muestra en la Tabla 7.5.1.1.2

	\$/kWh	US\$/kWh
Precio del kWh	15,2437	0,1451781

Tabla 7.5.1.1.2: Tarifa PM32 EPESF.

En la Tabla 7.5.1.1.3 se muestra el cálculo del dinero ahorrado a lo largo de los años.

		Ahorro anual [USD]										
TAG	Carga	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
1	Presilo 1	-	738	775	813	854	897	942	989	1038	1090	1144
2	Presilo 2	-	535	562	590	619	650	683	717	753	791	830
3	Presilo 3	-	593	622	654	686	721	757	794	834	876	920
4	Presilo 4	-	407	428	449	472	495	520	546	573	602	632
5	Rascador Presilo 1	-	56,8	59,6	62,6	65,7	69,0	72,4	76,1	79,9	83,8	88,0
6	Rascador Presilo 2	-	47,6	50,0	52,5	55,2	57,9	60,8	63,9	67,0	70,4	73,9
7	Rascador Presilo 3	-	65,7	69,0	72,4	76,1	79,9	83,9	88,0	92,5	97,1	101,9
8	Rascador Presilo 4	-	47,6	50,0	52,5	55,2	57,9	60,8	63,9	67,0	70,4	73,9
9	Ventilador Seccionador 1	-	577	606	636	668	702	737	774	812	853	896
10	Ventilador Seccionador 2	-	382	401	421	442	464	488	512	538	565	593
11	Elevador Silo 1	-	15,8	16,6	17,4	18,3	19,2	20,2	21,2	22,3	23,4	24,5
12	Elevador Silo 2	-	13,3	13,9	14,6	15,4	16,1	16,9	17,8	18,7	19,6	20,6
AHORRO TOTAL DE ENERGÍA [USD]		-	3479	3653	3836	4028	4229	4441	4663	4896	5141	5398

Tabla 7.5.1.1.3: Ahorro anual por máquina – Escenario 1 Ricchezza.

Con estos valores realizamos el Flujo de Caja que se muestra en la Tabla 7.5.1.1.4.

AÑO	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
AHORRO DE ENERGÍA [USD]		3479	3653	3836	4028	4229	4441	4663	4896	5141	5398
INVERSIÓN INICIAL [USD]	61505										
AHORRO EN MANTENIMIENTO [USD]		231,4	243,0	255,2	267,9	281,3	295,4	310,1	325,6	341,9	359,0
FLUJO DE CAJA [USD]	61505	3711	3896	4091	4296	4510	4736	4973	5221	5483	5757

Tabla 7.5.1.1.4: Flujo de Caja – Escenario 1 Ricchezza.

Luego, en la Tabla 7.5.1.1.5, se muestran los valores calculados del VAN y el TIR.

Tasa	2%
VAN	-19911,86
TIR	-4,43%

Tabla 7.5.1.1.5: VAN y TIR – Escenario 1 Ricchezza.

A partir del resultado negativo del VAN y un valor de TIR inferior a la Tasa de referencia, podemos decir que este escenario no es rentable.

Esto tiene que ver con elevado valor de inversión inicial debido a las elevadas potencias nominales de los motores en estudio.

En cuanto a la energía total ahorrada y la disminución de emisiones de CO₂ durante el periodo de 10 años utilizado para este estudio, se presenta la Tabla 7.5.1.1.6 con los valores correspondientes.

Energía Ahorrada	239,66 MWh
Disminución de emisiones	100,7 tCO ₂

Tabla 7.5.1.1.6: Impacto ambiental – Escenario 1 Ricchezza.

Dicha disminución de emisiones debido al ahorro energético, equivalen a las emisiones que produce un auto al recorrer 362800 kilómetros.

7.5.1.2 Segundo Escenario

A continuación, se presenta la Tabla 7.5.1.2.1 con los datos de las máquinas seleccionadas para su reemplazo teniendo en cuenta el criterio descrito anteriormente para este escenario.

Motor IE3 propuesto										
IT	HP	RPM	U[V]	FP	I[A]	Eff IE3 [%]	Factor de carga	Rendimiento en carga [%]	Cambió de potencia?	Ahorro [kWh]
1	125	1485	380	0,85	168	95,4	0,77	94,98	No	1,76
2	100	1480	380	0,87	138	95	0,94	94,92	No	1,28
3	100	1480	380	0,87	138	95	0,80	94,84	Si	1,60
4	75	1482	380	0,85	104	94,6	0,79	94,18	No	0,97
5	0,25	1380	380	0,72	0,54	69,9	0,85	68,63	Si	0,12
6	0,25	1380	380	0,72	0,54	69,9	0,74	67,47	Si	0,10
7	0,25	1380	380	0,72	0,54	69,9	0,96	69,36	Si	0,14
8	0,25	1380	380	0,72	0,54	69,9	0,74	67,47	Si	0,10
9	100	1480	380	0,87	138	95	0,79	94,81	Si	1,59
10	40	1480	380	0,81	60,1	93,6	0,90	93,33	Si	1,18
11	15	2930	380	0,88	20,8	91,2	0,97	91,07	Si	0,11
12	15	2930	380	0,88	20,8	91,2	0,96	91,06	Si	0,11

Tabla 7.5.1.2.1: Motores IE3 propuestos Ricchezza Escenario 2.

En la Tabla 7.5.1.2.1, podemos observar que los motores cuya potencia nominal ha sido modificada ahora muestran factores de carga más elevados.

A continuación, en la Tabla 7.5.1.2.2, se muestra el cálculo del ahorro económico a lo largo de 10 años.

		Ahorro anual [USD]										
TAG	Carga	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
1	Presilo 1	-	738	775	813	854	897	942	989	1038	1090	1144
2	Presilo 2	-	535	562	590	619	650	683	717	753	791	830
3	Presilo 3	-	669	702	737	774	813	853	896	941	988	1037
4	Presilo 4	-	407	428	449	472	495	520	546	573	602	632
5	Rascador Presilo 1	-	51,4	54,0	56,7	59,5	62,5	65,6	68,9	72,4	76,0	79,8
6	Rascador Presilo 2	-	43,6	45,7	48,0	50,4	52,9	55,6	58,4	61,3	64,3	67,6
7	Rascador Presilo 3	-	59,0	62,0	65,1	68,3	71,7	75,3	79,1	83,0	87,2	91,5
8	Rascador Presilo 4	-	43,6	45,7	48,0	50,4	52,9	55,6	58,4	61,3	64,3	67,6
9	Ventilador Seccionador 1	-	663	696	731	768	806	847	889	933	980	1029
10	Ventilador Seccionador 2	-	494	518	544	571	600	630	662	695	729	766
11	Elevador Silo 1	-	44,6	46,8	49,1	51,6	54,2	56,9	59,7	62,7	65,9	69,1
12	Elevador Silo 2	-	45,3	47,5	49,9	52,4	55,0	57,8	60,7	63,7	66,9	70,2
AHORRO TOTAL DE ENERGÍA [USD]		-	3793	3983	4182	4391	4611	4841	5083	5337	5604	5884

Tabla 7.5.1.2.2: Ahorro anual por máquina – Escenario 2 Ricchezza.

A partir de los egresos e ingresos ya mencionados en los anteriores escenarios, realizamos un flujo de caja. El cual se muestra en la Tabla 7.5.1.2.3.

AÑO	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
AHORRO DE ENERGÍA [USD]		3793	3983	4182	4391	4611	4841	5083	5337	5604	5884
INVERSIÓN INICIAL [USD]	57864										
AHORRO EN MANTENIMIENTO [USD]		231,4	243,0	255,2	267,9	281,3	295,4	310,1	325,6	341,9	359,0
FLUJO DE CAJA [USD]	57864	4025	4226	4437	4659	4892	5137	5393	5663	5946	6243

Tabla 7.5.1.2.3: Flujo de Caja – Escenario 2 Ricchezza.

Con los valores expresados en el Flujo de Caja, realizamos el cálculo del VAN y el TIR para determinar la factibilidad del escenario. Los resultados se muestran en la Tabla 7.5.1.2.4.

Tasa	2%
VAN	-12753,73
TIR	-2,21%

Tabla 7.5.1.2.4: VAN y TIR – Escenario 2 Ricchezza.

Como en el escenario anterior, a partir del resultado negativo del VAN y un valor de TIR inferior a la Tasa de referencia, podemos decir que este escenario no es rentable.

Al igual que en el escenario anterior, se han incluido motores de potencias superiores a 50 HP y esto eleva demasiado el valor de inversión inicial.

Del mismo modo, la energía total ahorrada y la disminución de emisiones de CO₂ durante el periodo de 10 años, se presentan en la Tabla 7.5.1.2.5.

Energía Ahorrada	261,28 MWh
Disminución de emisiones	109,7 tCO ₂

Tabla 7.5.1.2.5: Impacto Ambiental – Escenario 2 Ricchezza.

Dichas emisiones debido al ahorro energético, equivalen a las emisiones que produce un auto al recorrer 395240 kilómetros.

7.5.1.3 Tercer Escenario

En este escenario se propone el reemplazo de los motores que están sobredimensionados, es decir, tienen un bajo factor de carga de acuerdo a nuestro criterio y a las mediciones obtenidas en campo. En la Tabla 7.5.1.3.1, se presentan los datos de las máquinas en estudio.

Motor IE3 propuesto										
IT	HP	RPM	U[V]	FP	I[A]	Eff IE3 [%]	Factor de carga	Rendimiento en carga [%]	Cambió de potencia?	Ahorro [kWh]
3	100	1480	380	0,87	138	95	0,80	94,84	Si	1,60
5	0,25	1380	380	0,72	0,54	69,9	0,85	68,63	Si	0,12
6	0,25	1380	380	0,72	0,54	69,9	0,74	67,47	Si	0,10
7	0,25	1380	380	0,72	0,54	69,9	0,96	69,36	Si	0,14
8	0,25	1380	380	0,72	0,54	69,9	0,74	67,47	Si	0,10
9	100	1480	380	0,87	138	95	0,79	94,81	Si	1,59
10	40	1480	380	0,81	60,1	93,6	0,90	93,33	Si	1,18
11	15	2930	380	0,88	20,8	91,2	0,97	91,07	Si	0,11
12	15	2930	380	0,88	20,8	91,2	0,96	91,06	Si	0,11

Tabla 7.5.1.3.1: Motores IE3 propuestos Ricchezza Escenario 3.

Para todos los motores en estudio vemos que la potencia nominal de la máquina propuesta es menor a la potencia nominal de la máquina relevada en campo. Esto se debe al sobredimensionamiento mencionado. A continuación, en la Tabla 7.5.1.3.2, se muestra el cálculo del ahorro económico correspondiente a este escenario.

		Ahorro anual [USD]										
TAG	Carga	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
3	Presilo 3	-	669	702	737	774	813	853	896	941	988	1037
5	Rascador Presilo 1	-	51,4	54,0	56,7	59,5	62,5	65,6	68,9	72,4	76,0	79,8
6	Rascador Presilo 2	-	43,6	45,7	48,0	50,4	52,9	55,6	58,4	61,3	64,3	67,6
7	Rascador Presilo 3	-	59,0	62,0	65,1	68,3	71,7	75,3	79,1	83,0	87,2	91,5
8	Rascador Presilo 4	-	43,6	45,7	48,0	50,4	52,9	55,6	58,4	61,3	64,3	67,6
9	Ventilador Seccionador 1	-	663	696	731	768	806	847	889	933	980	1029
10	Ventilador Seccionador 2	-	494	518	544	571	600	630	662	695	729	766
11	Elevador Silo 1	-	44,6	46,8	49,1	51,6	54,2	56,9	59,7	62,7	65,9	69,1
12	Elevador Silo 2	-	45,3	47,5	49,9	52,4	55,0	57,8	60,7	63,7	66,9	70,2
AHORRO TOTAL DE ENERGÍA [USD]		-	2113	2219	2329	2446	2568	2697	2832	2973	3122	3278

Tabla 7.5.1.3.2: Ahorro anual por máquina – Escenario 3 Ricchezza.

En la Tabla 7.5.1.3.3 se muestra el Flujo de Caja realizado de acuerdo a los ingresos y egresos considerados para todos los escenarios.

AÑO	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
AHORRO DE ENERGÍA [USD]		2113	2219	2329	2446	2568	2697	2832	2973	3122	3278
INVERSIÓN INICIAL [USD]	29977										
AHORRO EN MANTENIMIENTO [USD]		115,7	121,5	127,6	134,0	140,7	147,7	155,1	162,8	171,0	179,5
FLUJO DE CAJA [USD]	29977	2229	2340	2457	2580	2709	2844	2987	3136	3293	3457

Tabla 7.5.1.3.3: Flujo de Caja – Escenario 3 Ricchezza.

Con los valores expresados en el Flujo de Caja, realizamos el cálculo del VAN y el TIR para determinar la factibilidad de la propuesta. Los resultados se muestran en la Tabla 7.5.1.3.4.

Tasa	2%
VAN	-4997,20
TIR	-1,12%

Tabla 7.5.1.3.4: VAN y TIR – Escenario 3 Ricchezza.

Como en los anteriores escenarios analizados, los valores del VAN y el TIR nos demuestran que se trata de un caso no rentable nuevamente.

A pesar de que la inversión inicial disminuyó prácticamente a la mitad con respecto a los escenarios anteriores, debido a que la cantidad de motores a reemplazar es menor, el ahorro económico como consecuencia del ahorro energético no es comparable con dicha inversión.

Del mismo modo, la energía total ahorrada y la disminución de emisiones de CO₂ durante el periodo de 10 años, se presentan en la Tabla 7.5.1.3.5.

Energía Ahorrada	145,54 MWh
Disminución de emisiones	61,1 tCO ₂

Tabla 7.5.1.3.5: Impacto Ambiental – Escenario 3 Ricchezza.

Dichas emisiones debido al ahorro energético, equivalen a las emisiones que produce un auto al recorrer 220137 kilómetros.

7.5.1.4 Cuarto Escenario

En este escenario se propone el remplazo de todos los motores de eficiencia estándar cuya potencia nominal sea menor a 20 HP. Además, se redimensionarán a aquellos que tengan un bajo factor de carga bajo de acuerdo a nuestro criterio y a las mediciones obtenidas en campo.

En la Tabla 7.5.1.4.1, se presentan los datos de las máquinas seleccionadas para el reemplazo.

Motor IE3 propuesto										
IT	HP	RPM	U[V]	FP	I[A]	Eff IE3 [%]	Factor de carga	Rendimiento en carga [%]	Cambió de potencia?	Ahorro [kWh]
5	0,25	1380	380	0,72	0,54	69,9	0,85	68,63	Si	0,12
6	0,25	1380	380	0,72	0,54	69,9	0,74	67,47	Si	0,10
7	0,25	1380	380	0,72	0,54	69,9	0,96	69,36	Si	0,14
8	0,25	1380	380	0,72	0,54	69,9	0,74	67,47	Si	0,10

Tabla 7.5.1.4.1: Motores IE3 propuestos Ricchezza Escenario 4.

En la Tabla 7.5.1.4.1 podemos observar que todos los motores dentro del rango seleccionado, tienen una potencia nominal menor a la relevada en la Tabla 7.2.1 debido al sobredimensionamiento de los mismos.

A continuación, en la Tabla 7.5.1.4.2, se muestra el cálculo del ahorro económico correspondiente a este escenario.

		Ahorro anual [USD]										
TAG	Carga	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
5	Rascador Presilo 1	-	51,44	54,01	56,71	59,54	62,52	65,65	68,93	72,38	76,00	79,80
6	Rascador Presilo 2	-	43,55	45,73	48,02	50,42	52,94	55,58	58,36	61,28	64,35	67,56
7	Rascador Presilo 3	-	59,01	61,96	65,06	68,31	71,73	75,31	79,08	83,03	87,19	91,55
8	Rascador Presilo 4	-	43,55	45,73	48,02	50,42	52,94	55,58	58,36	61,28	64,35	67,56
AHORRO TOTAL DE ENERGÍA [USD]		-	197,6	207,4	217,8	228,7	240,1	252,1	264,7	278,0	291,9	306,5

Tabla 7.5.1.4.2: Ahorro anual por máquina – Escenario 4 Ricchezza.

En la Tabla 7.5.1.4.3 se muestra el Flujo de Caja realizado de acuerdo a los ingresos y egresos considerados para todos los escenarios.

AÑO	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
AHORRO DE ENERGÍA [USD]		197,6	207,4	217,8	228,7	240,1	252,1	264,7	278,0	291,9	306,5
INVERSIÓN INICIAL [USD]	840										
AHORRO EN MANTENIMIENTO [USD]		57,9	60,8	63,8	67,0	70,3	73,8	77,5	81,4	85,5	89,8
FLUJO DE CAJA [USD]	840	255,4	268,2	281,6	295,7	310,5	326,0	342,3	359,4	377,4	396,2

Tabla 7.5.1.4.3: Flujo de Caja – Escenario 4 Monthelado.

A partir del Flujo de Caja, realizamos el cálculo del VAN y el TIR para determinar la factibilidad de la propuesta. Los resultados se muestran en la Tabla 7.5.1.4.4.

Tasa	2%
VAN	2022,41
TIR	32,40%

Tabla 7.5.1.4.4: VAN y TIR – Escenario 4 Ricchezza.

A diferencia de los escenarios anteriores, vemos que en este caso se obtiene como resultado un VAN positivo y un TIR muy superior a la tasa de referencia. Por lo tanto, se trata de una propuesta rentable.

Esto se debe en mayor parte al bajo valor de inversión inicial, el cual es comparable con el monto de dinero ahorrado durante un año. Como consecuencia de la disminución en el consumo eléctrico.

En la Tabla 7.5.1.4.5 se muestra el ahorro energético y la disminución de emisiones a lo largo de diez años.

Energía Ahorrada	13,61 MWh
Disminución de emisiones	5,7 tCO ₂

Tabla 7.5.1.4.5: Impacto Ambiental – Escenario 4 Ricchezza.

Dichas emisiones debido al ahorro energético, equivalen a las emisiones que produce un auto al recorrer 20537 kilómetros.

7.5.1.5 Quinto Escenario

En este último escenario para la planta Ricchezza se propone el remplazo de todos los motores de eficiencia estándar cuya potencia nominal es mayor a 20 HP.

Además, se redimensionarán a aquellos motores que estén dentro de dicho rango y su factor de carga sea bajo.

En la Tabla 7.5.1.5.1, se presentan los datos de las máquinas seleccionadas para el reemplazo

Motor IE3 propuesto										
IT	HP	RPM	U[V]	FP	I[A]	Eff IE3 [%]	Factor de carga	Rendimiento en carga [%]	Cambió de potencia?	Ahorro [kWh]
1	125	1485	380	0,85	168	95,4	0,77	94,98	No	1,76
2	100	1480	380	0,87	138	95	0,94	94,92	No	1,28
3	100	1480	380	0,87	138	95	0,80	94,84	Si	1,60
4	75	1482	380	0,85	104	94,6	0,79	94,18	No	0,97
9	100	1480	380	0,87	138	95	0,79	94,81	Si	1,59
10	40	1480	380	0,81	60,1	93,6	0,90	93,33	Si	1,18
11	15	2930	380	0,88	20,8	91,2	0,97	91,07	Si	0,11
12	15	2930	380	0,88	20,8	91,2	0,96	91,06	Si	0,11

Tabla 7.5.1.5.1: Motores IE3 propuestos Ricchezza Escenario 5.

A continuación, en la Tabla 7.2.1.5.2, se muestra el cálculo del ahorro económico correspondiente a este escenario.

		Ahorro anual [USD]										
TAG	Carga	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
1	Presilo 1	-	738	775	813	854	897	942	989	1038	1090	1144
2	Presilo 2	-	535	562	590	619	650	683	717	753	791	830
3	Presilo 3	-	669	702	737	774	813	853	896	941	988	1037
4	Presilo 4	-	407	428	449	472	495	520	546	573	602	632
9	Ventilador Seccionador 1	-	663	696	731	768	806	847	889	933	980	1029
10	Ventilador Seccionador 2	-	494	518	544	571	600	630	662	695	729	766
11	Elevador Silo 1	-	44,6	46,8	49,1	51,6	54,2	56,9	59,7	62,7	65,9	69,1
12	Elevador Silo 2	-	45,3	47,5	49,9	52,4	55,0	57,8	60,7	63,7	66,9	70,2
AHORRO TOTAL DE ENERGÍA [USD]		-	3596	3775	3964	4162	4370	4589	4818	5059	5312	5578

Tabla 7.5.1.5.2: Ahorro anual por máquina – Escenario 5 Ricchezza.

Luego, en la Tabla 7.5.1.5.3 se muestra el Flujo de Caja realizado de acuerdo a los ingresos y egresos considerados para todos los escenarios de nuestro estudio.

AÑO	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
AHORRO DE ENERGÍA [USD]		3596	3775	3964	4162	4370	4589	4818	5059	5312	5578
INVERSIÓN INICIAL [USD]	57024										
AHORRO EN MANTENIMIENTO [USD]		154,3	162,0	170,1	178,6	187,5	196,9	206,8	217,1	228,0	239,3
FLUJO DE CAJA [USD]	57024	3750	3937	4134	4341	4558	4786	5025	5276	5540	5817

Tabla 7.5.1.5.3: Flujo de Caja – Escenario 5 Ricchezza.

Una vez realizado el Flujo de Caja, se calcula el VAN y el TIR para determinar la factibilidad de este escenario. Los resultados se muestran en la Tabla 7.5.1.5.4.

Tasa	2%
VAN	-14992,30
TIR	-3,10%

Tabla 7.5.1.5.4: VAN y TIR – Escenario 5 Ricchezza.

Como en los escenarios 1, 2 y 3, los valores del VAN y el TIR nos demuestran que se trata de un caso no rentable nuevamente.

Esto se debe a que al tratarse de motores de elevada potencia el aumento de la eficiencia nominal no es significativo, y la inversión inicial es elevada.

A continuación, se muestra la energía total ahorrada y la disminución de emisiones de CO₂ durante el periodo de 10 años en la Tabla 7.5.1.3.5.

Energía Ahorrada	247,67 MWh
Disminución de emisiones	104, tCO ₂

Tabla 7.5.1.5.5: Impacto Ambiental – Escenario 5 Ricchezza.

Dichas emisiones debido al ahorro energético, equivalen a las emisiones que produce un auto al recorrer 377224 kilómetros.

7.5.2 Conclusión Ricchezza.

Para el caso de la planta Ricchezza se ha logrado relevar y medir un total de 12 motores de inducción de eficiencia estándar (IE1), con potencias nominales que van desde 0,5 HP hasta 125 HP.

De acuerdo a dichas mediciones realizadas en campo, el 75% de las máquinas se encuentran con factores de carga menores al 65%, es decir, están sobredimensionadas según nuestro criterio. Como ya se ha mencionado, este sobredimensionamiento afecta directamente a la eficiencia de la máquina y, por lo tanto, al consumo eléctrico.

En cuanto a las horas de funcionamiento, el proceso productivo de la planta es continuo durante todo el año en jornadas laborales de 12 horas, divididas en dos turnos.

En todos los escenarios planteados para Ricchezza, a excepción del escenario 4, se destaca la preponderancia de la inversión inicial por sobre el ahorro económico. Esto se debe principalmente a la presencia de máquinas de elevada potencia, las cuales tienen un costo elevado y un leve aumento de eficiencia nominal.

De manera opuesta, podemos observar que en el cuarto escenario la propuesta es rentable ya que se trata de motores de pequeña potencia. Y como ya hemos mencionado, en estos casos el traspaso de eficiencia IE1 a eficiencia IE3 representa un gran impacto en el ahorro.

Además del aumento de eficiencia como consecuencia del cambio de tecnología, se obtiene un ahorro adicional provocado por el aumento del factor de carga. El cual se debe al redimensionamiento de las mismas.

8. CONCLUSIONES

Para llevar a cabo nuestro proyecto hemos necesitado del apoyo por parte de los representantes de cada una de las plantas visitadas, lo cual fue determinante en cuanto a la cantidad de relevamientos realizados. Ya que nuestro estudio requirió realizar mediciones de máquinas energizadas y en producción.

Además, fue necesario disponer de un instrumento adecuado que nos permitió realizar las mediciones aplicando un método con errores admisibles, dentro del marco de un proyecto académico. El cual fue suministrado por la Escuela de Ingeniería Eléctrica.

A partir de las visitas realizadas en las distintas plantas de la región nos encontramos con problemáticas similares, entre las cuales se encuentran: Desconocimiento de los distintos tipos de eficiencia en motores de inducción. Falta de mantenimiento de las máquinas y sus circuitos de alimentación. Recurrentes casos de sobredimensionamientos de los motores de inducción; se han relevado un total de 131 motores de los cuales 67 de ellos se encontraban con factores de carga bajos, es decir, un 51% de las máquinas instaladas sin previo análisis de la carga a accionar.

Para este tipo de estudio, es notorio que la rentabilidad depende directamente de las horas de funcionamiento. Pero a este parámetro lo dejaremos fuera de nuestro análisis debido a que en la mayoría de las industrias se superan las 2000 horas (Hemos analizado un caso en el cual esto no se cumple).

Otro punto a tener en cuenta es que para los casos en los que se han “redimensionado” los motores con bajos factores de carga, vemos que el ahorro es menor y no siempre son rentables, ya que la disminución de potencia nominal conlleva un menor aumento de eficiencia al cambiar de tecnología IE1 a IE3. Mas allá del ahorro menor, consideramos que es necesario este redimensionamiento ya que el mismo aumenta los factores de carga y como consecuencia mejora el factor de potencia de la planta, evitando penalizaciones y gastos extra en sistemas de compensación.

Ahora bien, a partir de los casos de estudio y a las conclusiones obtenidas en cada caso particular, podemos afirmar que los factores más determinantes a la hora de definir la rentabilidad son la inversión inicial por la compra de las máquinas y el aumento de eficiencia nominal entre los distintos tipos de tecnología (IE1 e IE3).

Ambos factores dependen de la potencia nominal de la máquina, lo que nos permite concluir que: *A mayor potencia, mayor costo y menor aumento de eficiencia; A menor potencia, menor costo y mayor aumento de eficiencia.* Es por esto, que los escenarios más rentables se dan para máquinas de menor potencia nominal.