

Procedimiento para evaluar la eficiencia de los sistemas de control automático utilizados en los centrales azucareros

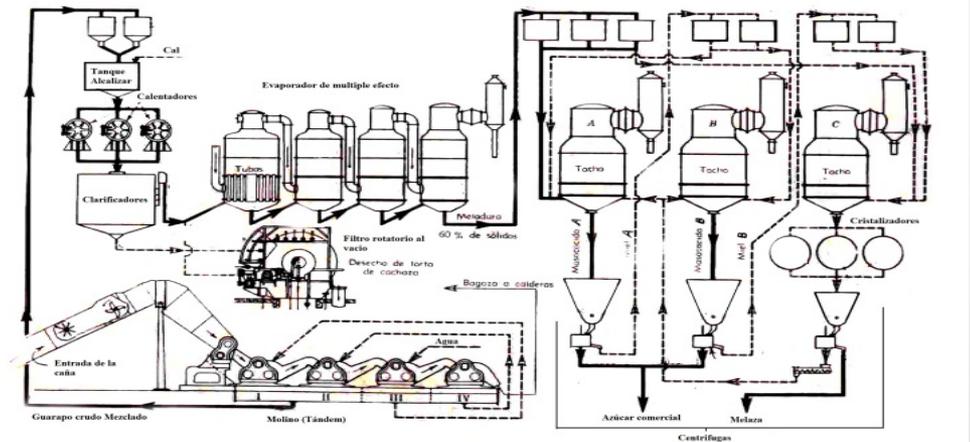
Dra. C Milagros Diez Rodríguez,.

Ing. Julian Idilio Libera Hechavarría.

M.sc. Enrique Santana López

La Investigación se realiza en los centrales azucareros de la región Camagüey – Ciego de Ávila.

La principal misión, de los mismos, consiste en la producción de azúcar para las entidades nacionales y la exportación y la generación de energía eléctrica.



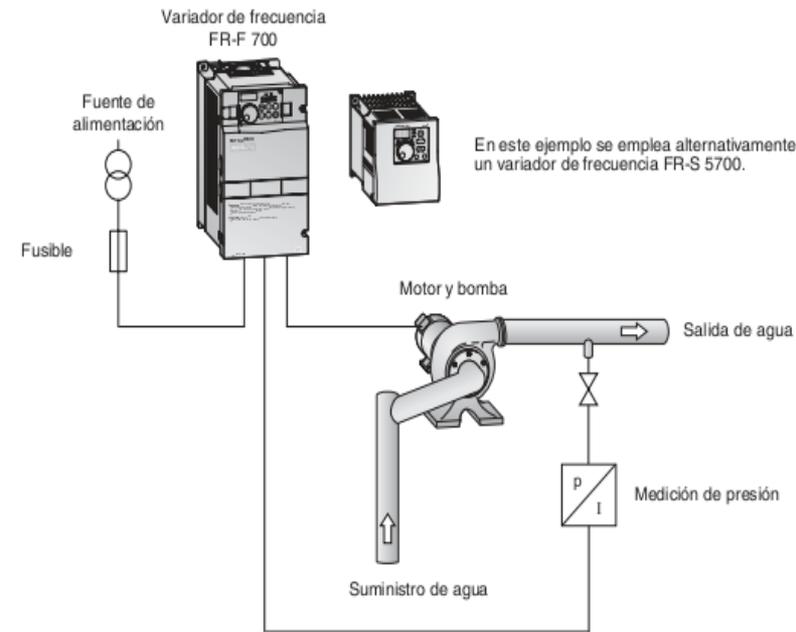
Se crean **empresas de automática** para perfeccionar los procesos de la industria azucarera en aras de **augmentar la eficiencia energética**.

En el año 2008 el MINAZ decide invertir en la automatización de dichos ingenios y lograr un ahorro energético sustancial a través de variadores de frecuencia.

Al estar en funcionamiento estos sistemas por mas de tres años, nos hacemos entonces las siguientes preguntas:

¿Los sistemas de control automático con diseño cubano, permiten aumentar la producción y el ahorro energético en los centrales azucareros?

¿El empleo de variadores garantiza el ahorro energético planificado en su inversión?



Problema: Necesidad de determinar con suficiente exactitud la eficiencia de los sistemas automatizados con variadores de frecuencia lo que actualmente no brinda confiabilidad de la inversión.

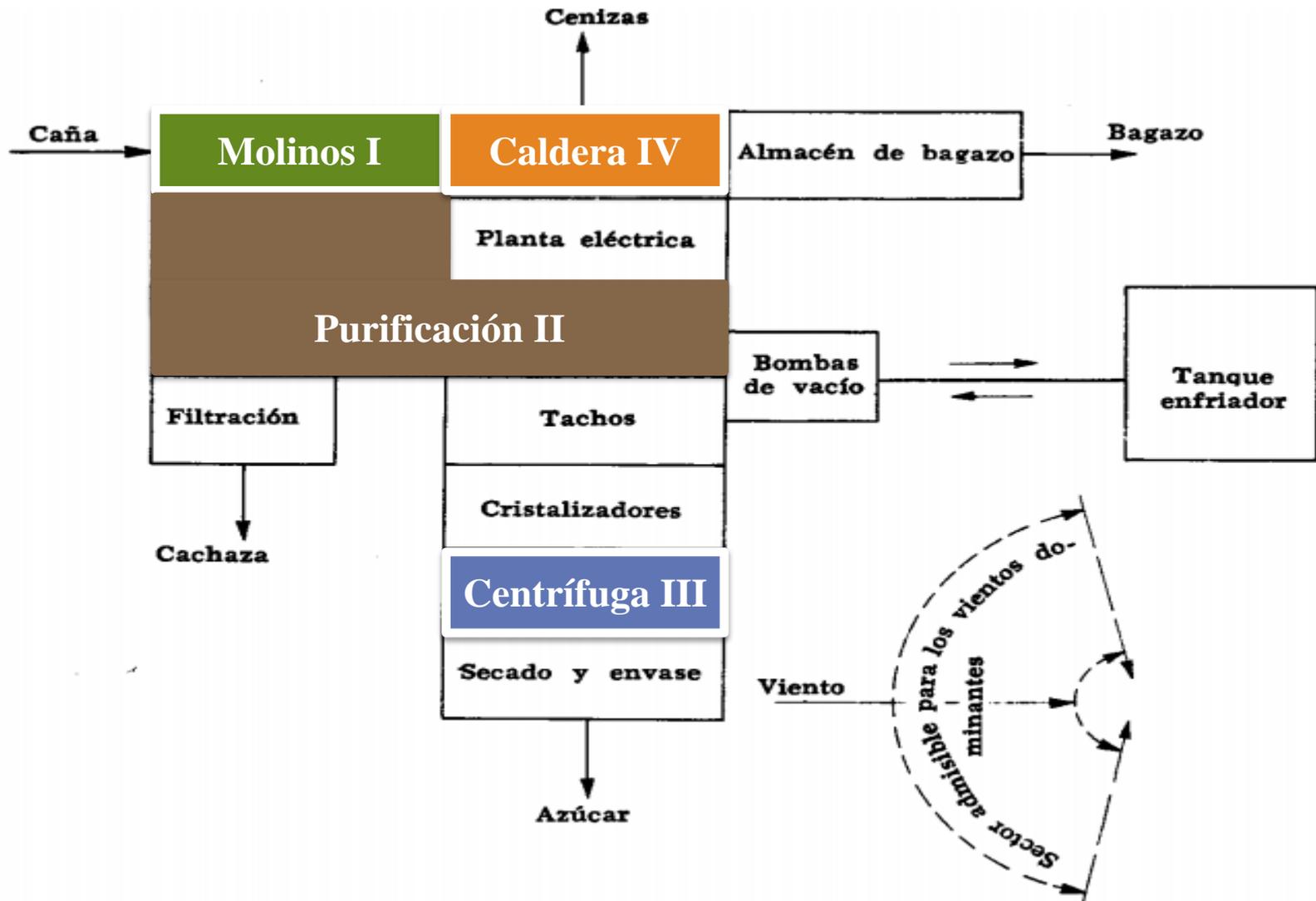
Objetivo general: Diseñar un procedimiento para evaluar la eficiencia de los sistemas de accionamiento eléctrico implementados en los ingenios azucareros teniendo en cuenta su nivel de automatización y el uso de variadores de frecuencia.



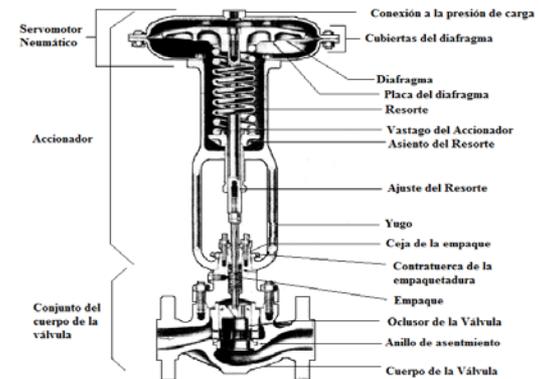
Tareas:

- Determinar las áreas que emplean variadores.
- Revisar cuales son los sistemas más usados en los ingenios azucareros en Cuba.
- Establecer los parámetros que inciden en los indicadores energéticos.
- Recolectar la información que permite la evaluación energética.
- Elaborar el procedimiento.
- Validación del resultado.

Áreas productivas de un central azucarero

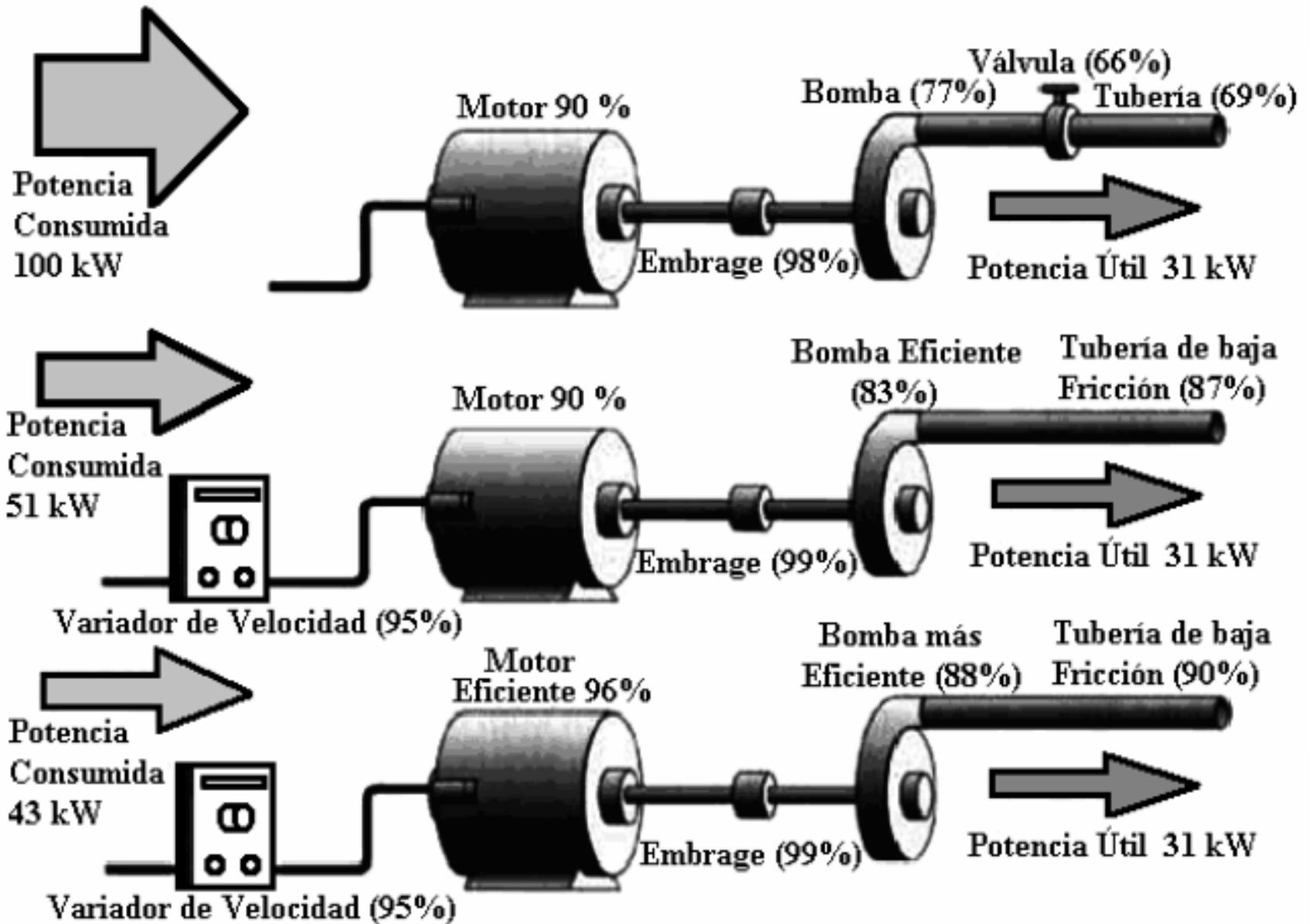


- Los sistemas automáticos de control SAE con variadores de velocidad que trabajan en lazo cerrado.
- Utilizan sensores de temperatura, nivel, presión, etc.
- Instrumentos de medición y control, PLC , HMI y SCADAS.

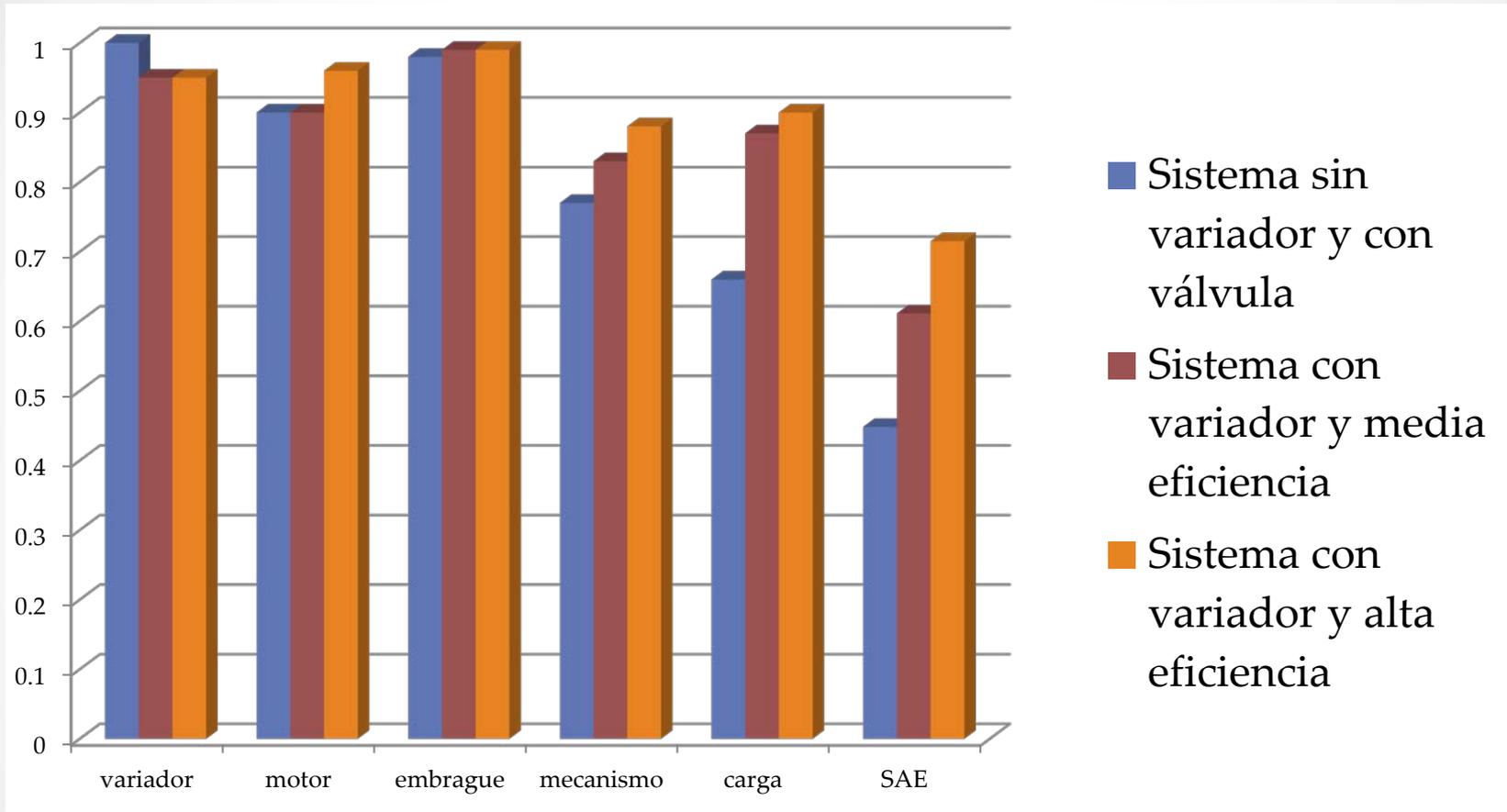


● Normas ANSI/ISA S 5.1- 1984 (R1992) para la instrumentación y control. ●

Relación entre la energía de entrada y la útil.



Tomando como ejemplo el sistema variador, motor asincrónico bomba de las figuras mostradas, obtenemos:



$$\eta_{SAE} = \eta_{inv} \times \eta_{mot} \times \eta_{emb} \times \eta_{bom} \times \eta_{mec}$$

Se obtuvo la información que permite la evaluación energética en las áreas del central.

Cintas transportadoras



Bombas



Ventiladores



Características de ahorro en dependencia de la carga.



Posibilidades de ahorro de energía en instalaciones con variadores de velocidad

1

La sustitución del motor eléctrico.

2

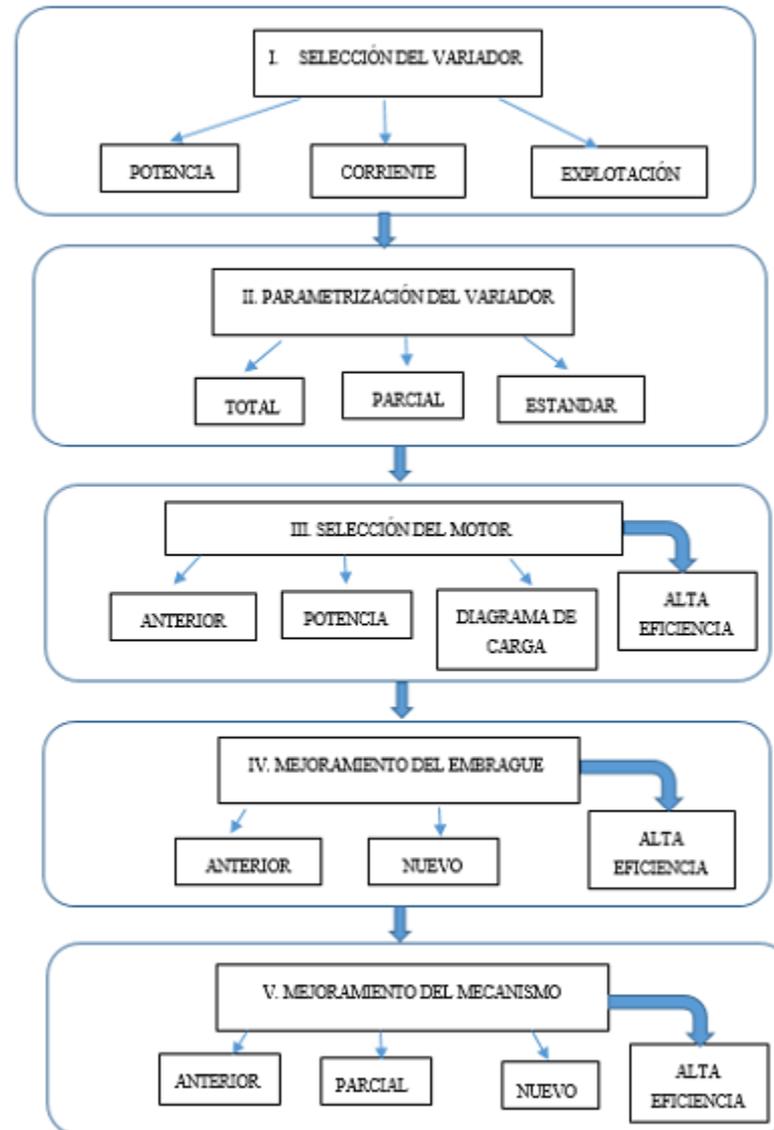
Elección del punto de trabajo y evaluación energética.

3

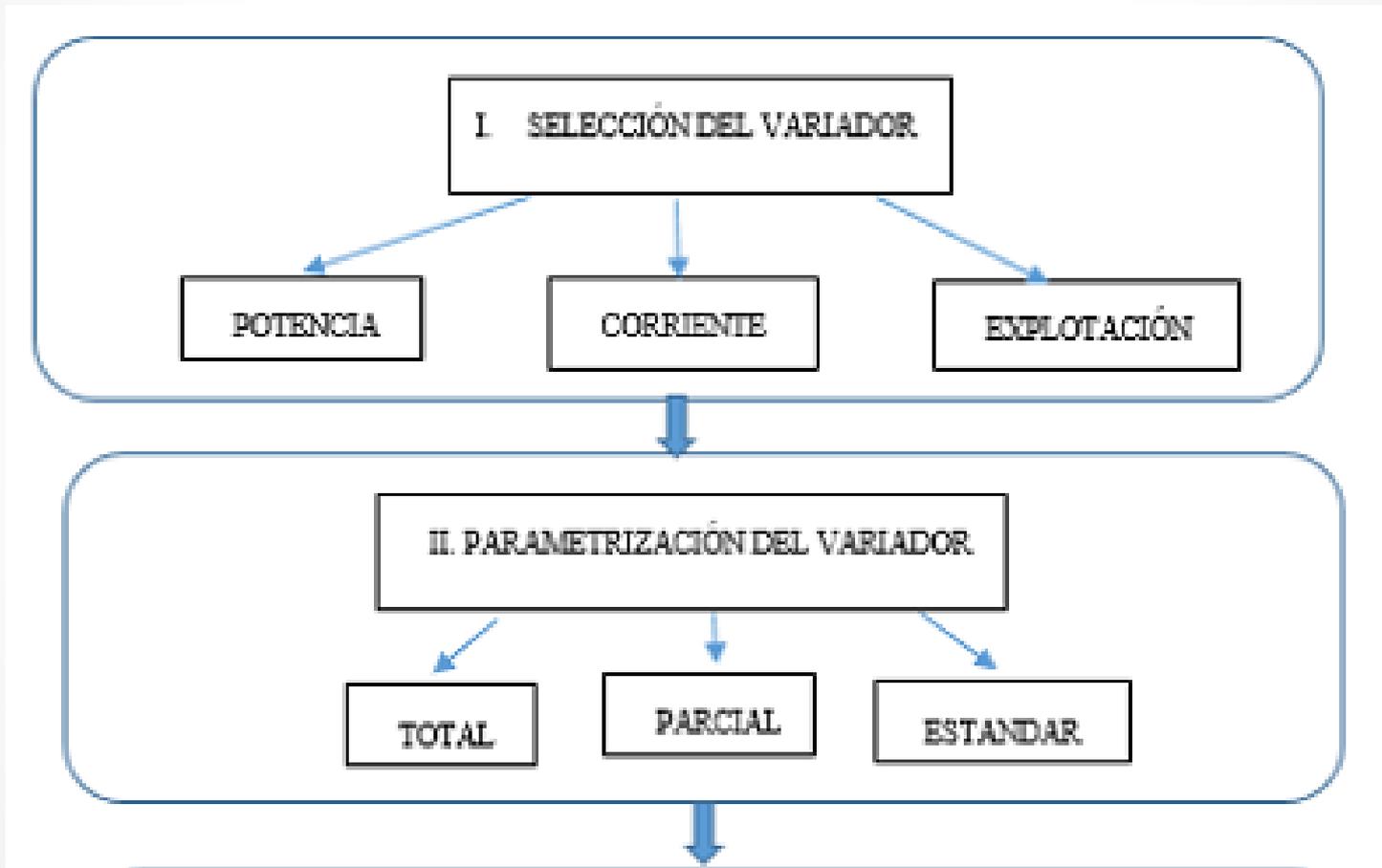
Aspectos que inciden en la explotación de los variadores de velocidad.

Se diseñó el Procedimiento de Ponderados de Eficiencia (PdE) que se describe a continuación:

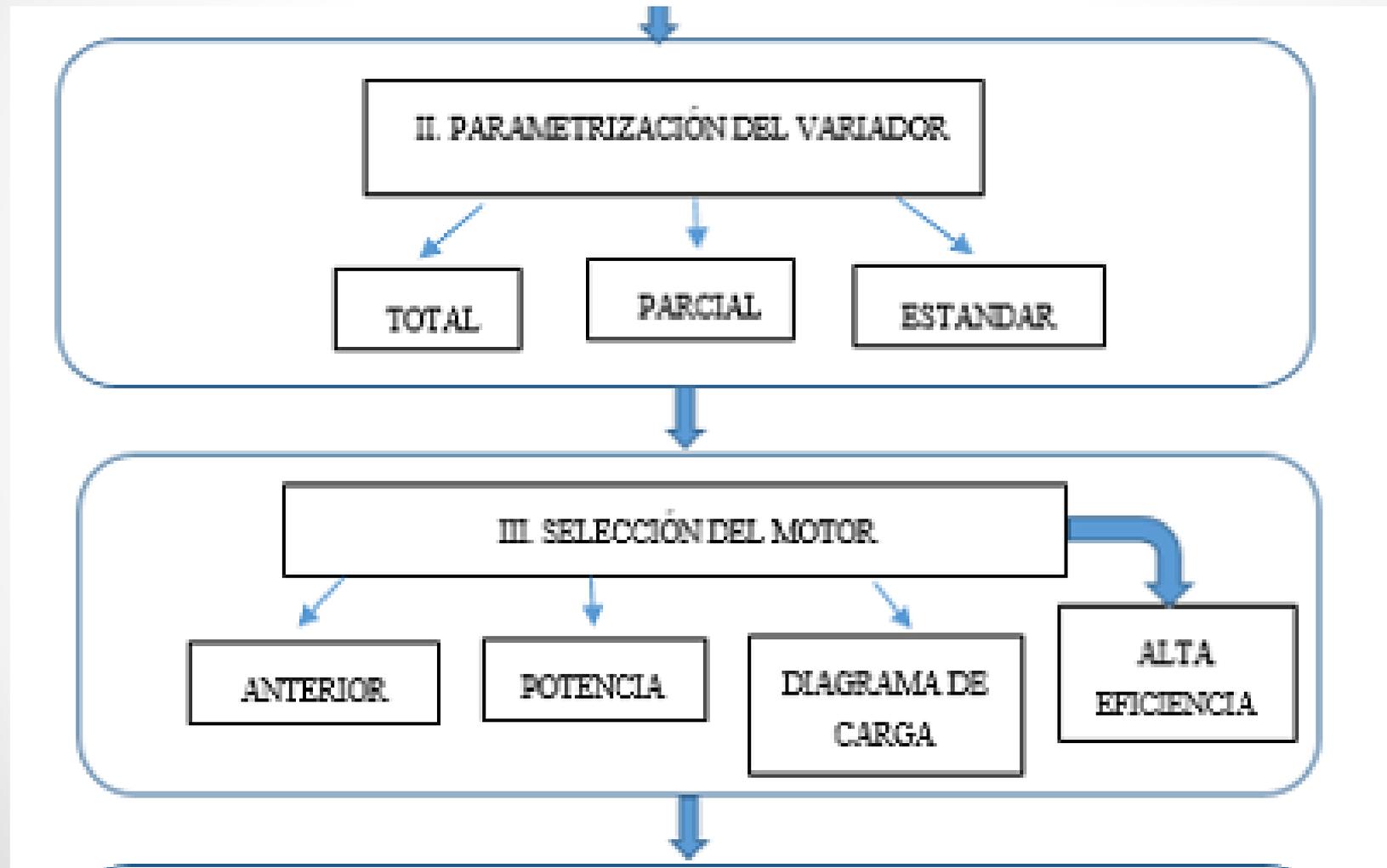
Ponderados de Eficiencia (PdE)



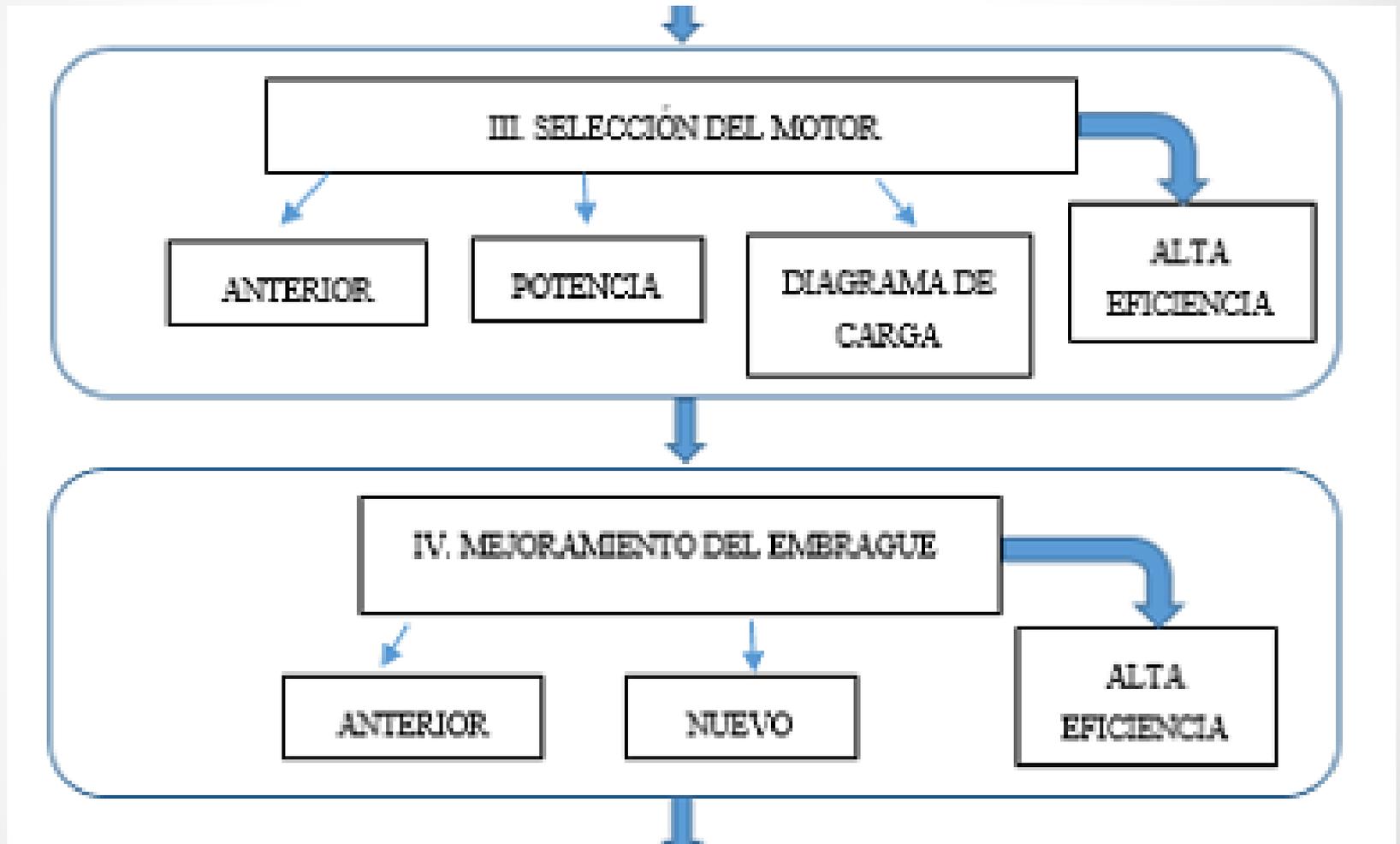
Ponderados de Eficiencia (PdE) _1.



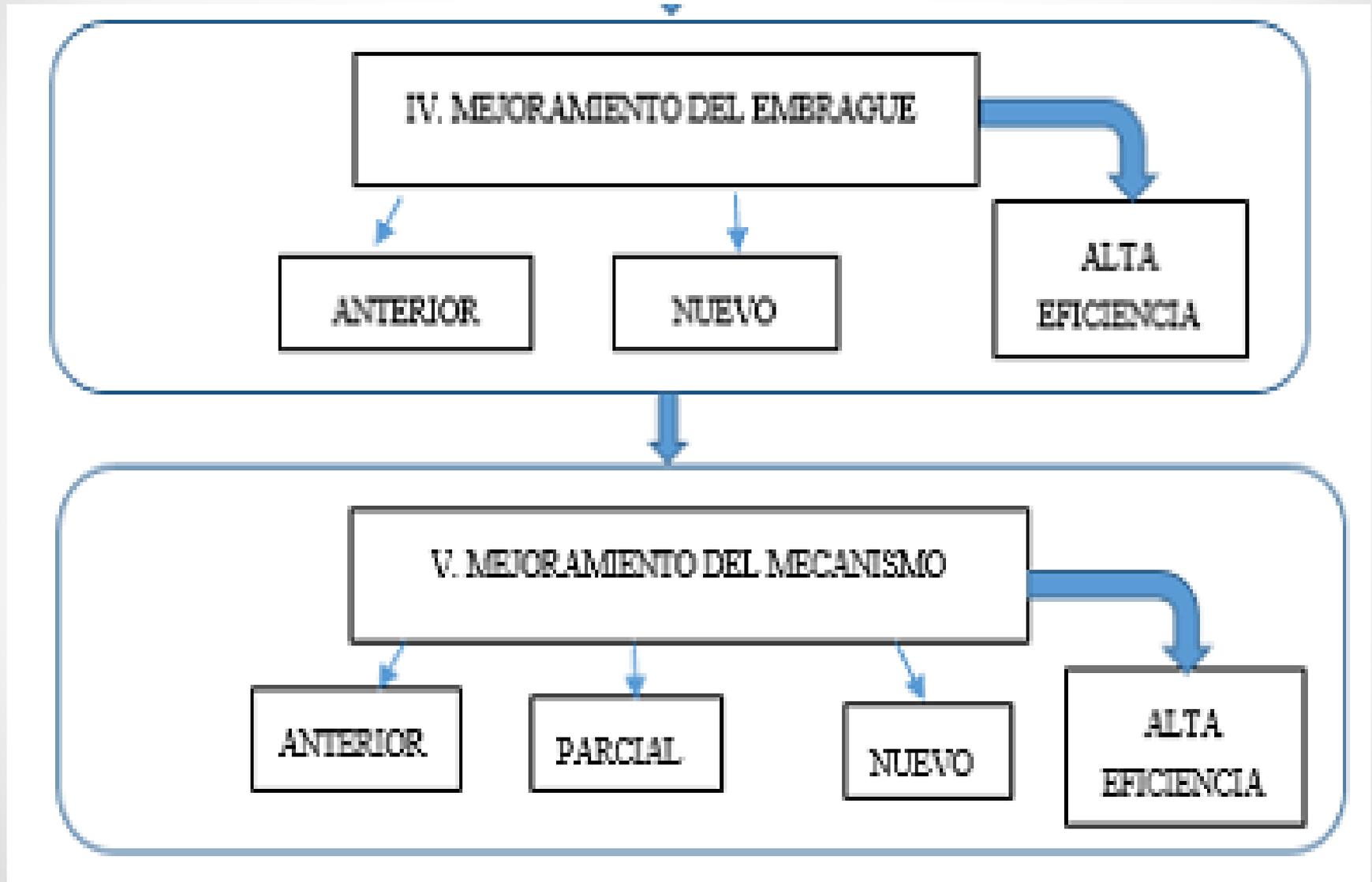
Ponderados de Eficiencia (PdE)_2.



Ponderados de Eficiencia (PdE)_3.



Ponderados de Eficiencia (PdE)_4.



Ponderados de Eficiencia (PdE)

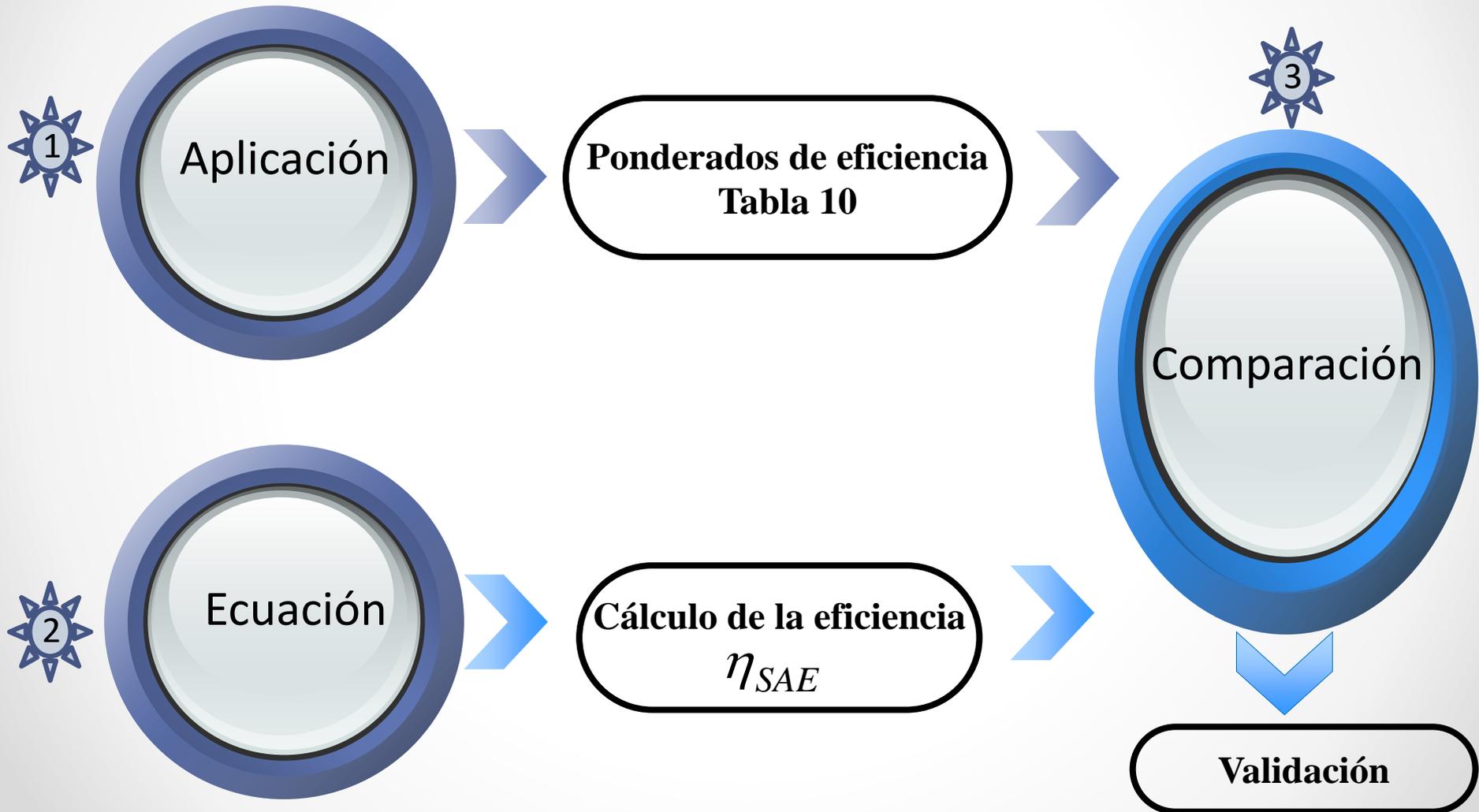


Para validar el procedimiento de ponderados de eficiencia realizaremos las siguientes asignaciones de valores ponderados

Pesos Ponderados

Tabla 10. % del total					
Paso 1	Pn 10%	In 5%	Explotación 5%	20	
Paso 2	Carga 15%	Parcial 7%	Estándar 5%	15	
Paso 3	Potencia 5% Diagrama 5%	η_{media} Nuevo 5%	η_{alta} 10%	20	
Paso 4	Anterior 3%	Nuevo 5%	η_{alta} 7%	10	
Paso 5	Anterior 5% Parcial 5%	Total 10%	η_{alta} 5%	15	
Paso 6	Anterior 5%	Parcial 5%	Total 20%	20	

Procedimiento: Ponderados de eficiencia.





Aplicación del PdE para las áreas del central

Tabla 17

Área	Paso 1	Paso 2	Paso 3	Paso 4	Paso 5	Automática	Total
I	10	7	10	3	5	20	55
II	10	7	10	3	10	20	60
III	20	15	15	5	10	20	85
IV	10	7	10	3	5	20	55



Procedimiento a para evaluar la eficiencia SAE.

Resultados de los valores de eficiencia por áreas al aplicar la expresión 2.3.

$$\eta_{SAE} = \eta_{inv} \times \eta_{mot} \times \eta_{emb} \times \eta_{acc} \times \eta_{mec}.$$

Tabla 16

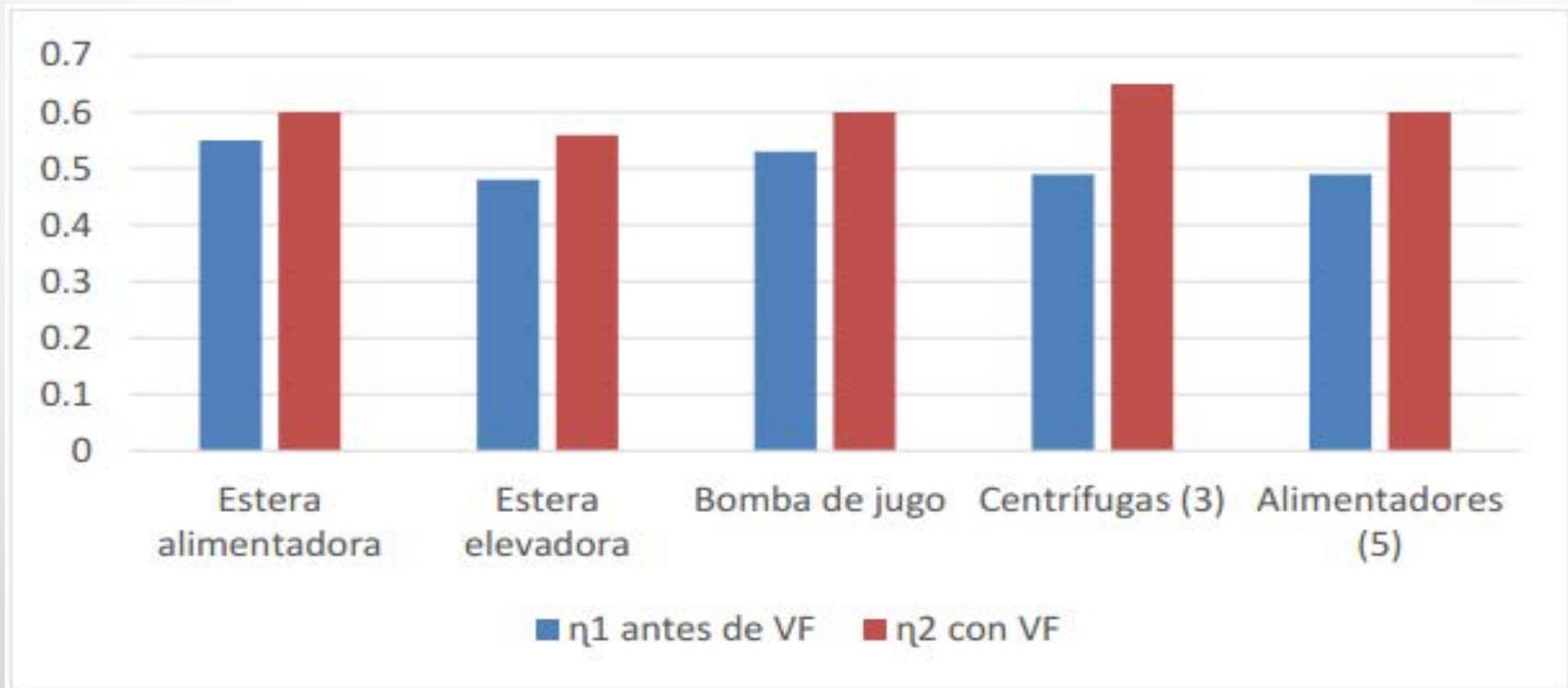
Área	Accionamiento	η_1	η_2	Diferencia
I	Estera alimentadora	0,55	0,6	0,05
	Estera elevadora	0,48	0,56	0,08
II	Bomba de jugo a calentadores	0,53	0,6	0,07
III	Centrifugas (3)	0,49	0,65	0,16
IV	Alimentadores (5)	0,49	0,6	0,11



Procedimiento a para evaluar la eficiencia SAE.

Resultados de los valores de eficiencia por áreas al aplicar la expresión:

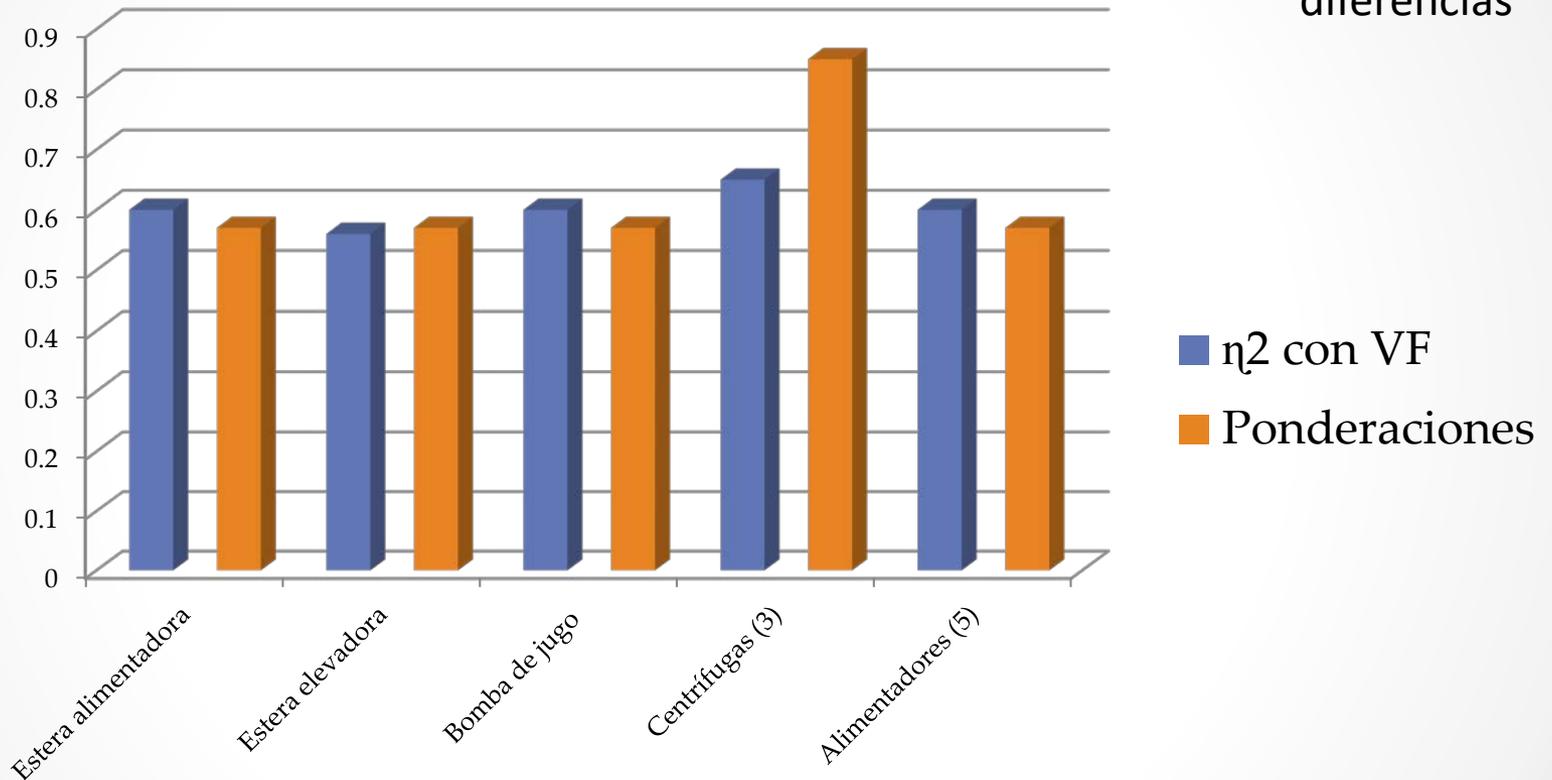
$$\eta_{SAE} = \eta_{inv} \times \eta_{mot} \times \eta_{emb} \times \eta_{acc} \times \eta_{mec}$$





Comparación entre la eficiencia calculada y las ponderaciones estimadas

Explicar las diferencias



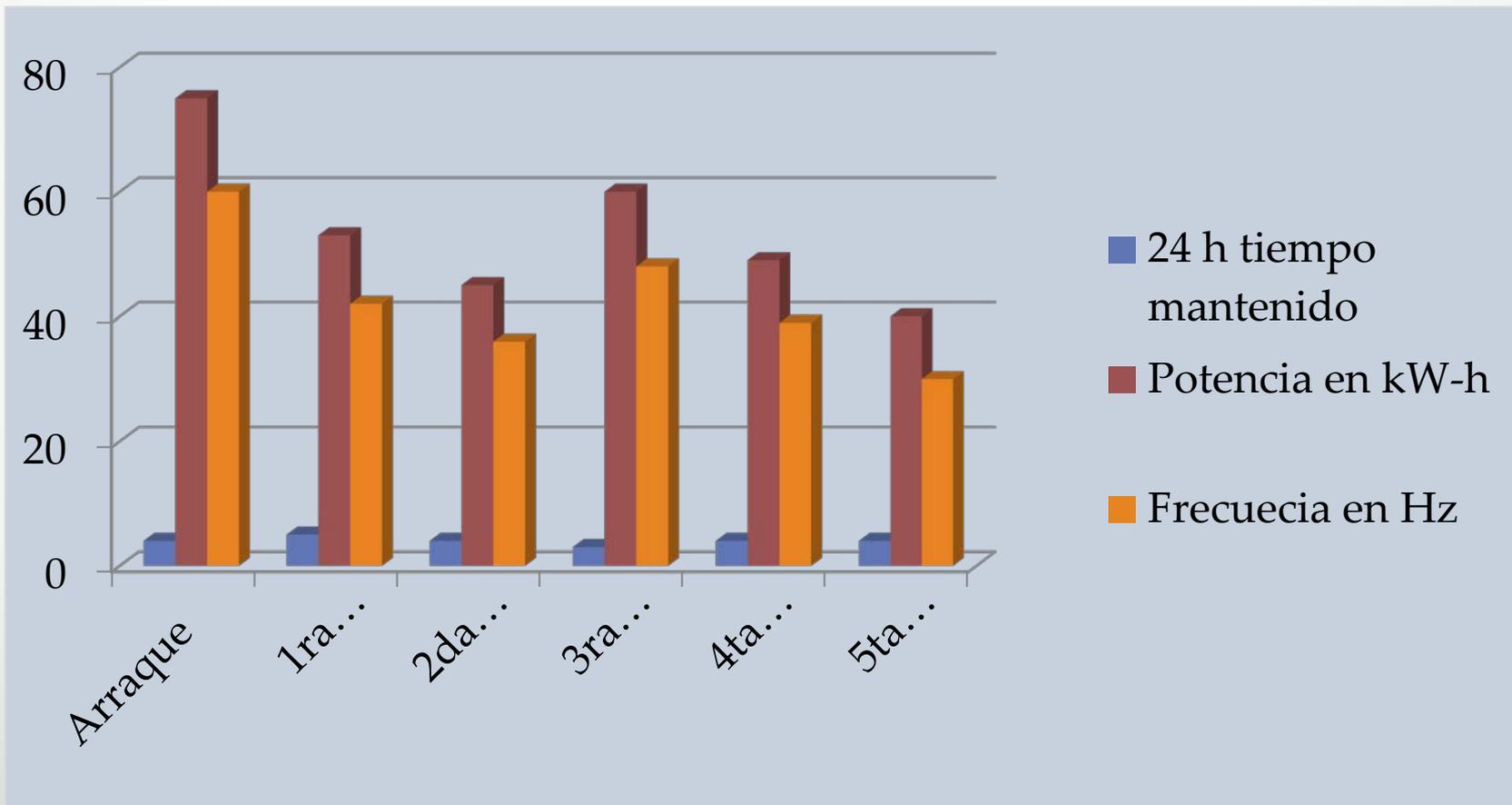
Esto permite la validación del procedimiento PdE.

Una vez validado el procedimiento pasaremos a ver cómo repercutieron los SAE automatizados al consumo de la industria

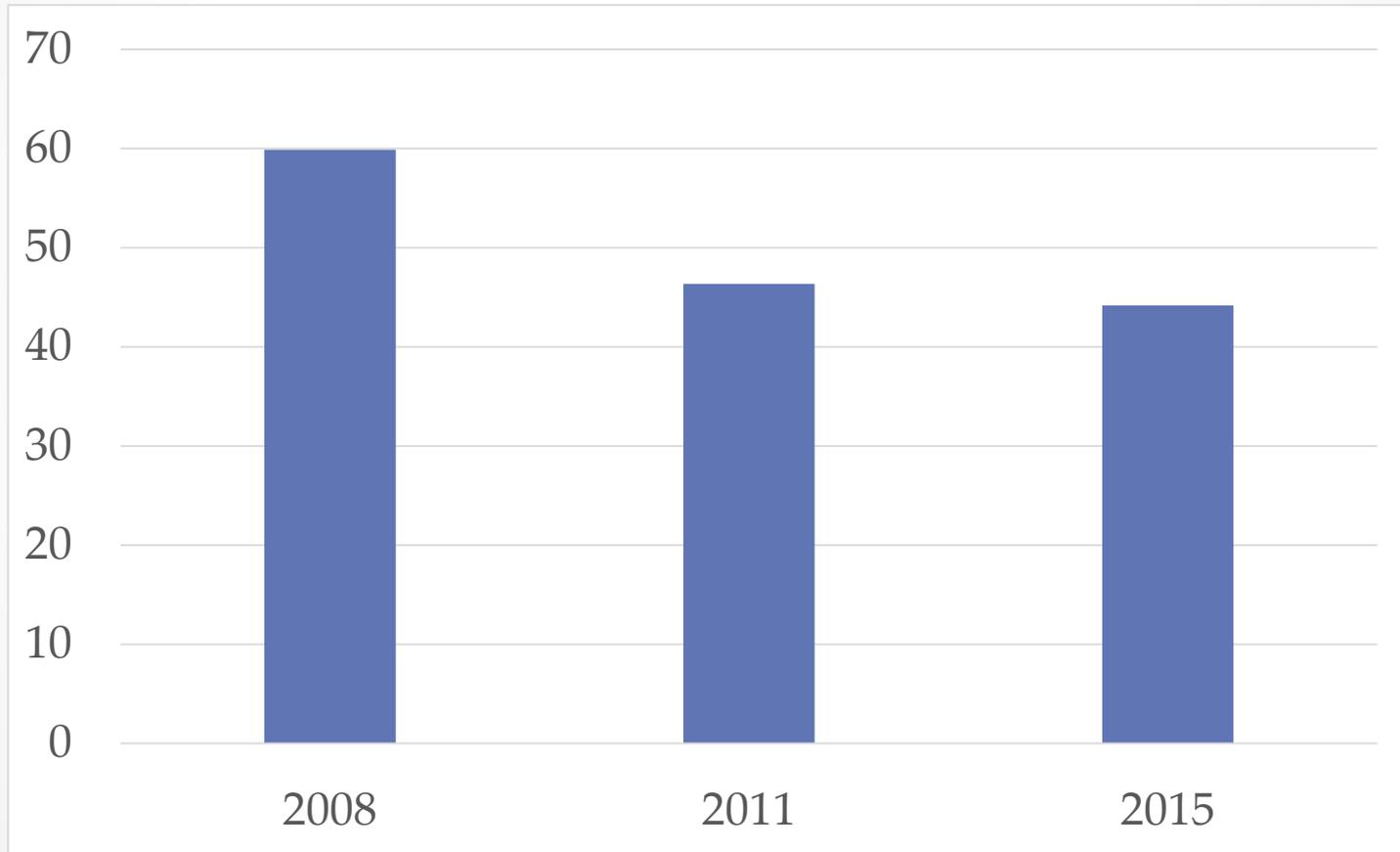
Ahorro energético asociado al empleo de la automática y variadores de frecuencia en los centrales azucareros

Ejemplo área I: Motor de 75 kW.

Consume en 24 h – 1800 kWh, mientras que usando el método automatizado con variador puede consumir hasta 1200 kWh ahorrando un promedio de 600 kWh por día lo que equivaldría a 18000 kWh al mes de molida.



Ahorro energético asociado al empleo de la automática y variadores de frecuencia



Conclusiones

En el estudio realizado a las distintas áreas del central azucarero pudo definirse:

- El procedimiento propuesto para evaluar la eficiencia de los sistemas de accionamiento eléctrico en los ingenios azucareros teniendo en cuenta su nivel de automatización y el uso de variadores de frecuencia, permite estimar las potencialidades de ahorro energético con suficiente precisión.
- La automatización instalada en los centrales azucareros cubanos que incluyen variador de frecuencia y control automático mejoran la eficiencia hasta un 11%, logrando que el consumo de portadores energéticos disminuya aproximadamente un 25%.

Recomendaciones

- Realizar estudios sobre mejores formas de control en la utilización de los variadores de frecuencia para dar continuidad y perfeccionar el procedimiento.
- Valorar el empleo de herramientas de valoración y comparación de los sistemas SAE para lograr un óptimo aprovechamiento de la inversión.
- Realizar el estudio sobre las normas de eficiencia energética en los sistemas de accionamiento eléctrico y valorar su aplicación en el territorio nacional.