



CONCURSO ENERGY MANAGEMENT

“Potencia tus conocimientos en Eficiencia Energética”

Proyecto:

Plan de Mejora y Diagnóstico Energético
Empresa: “Alimentos Santa Rosa S.A”

INSTITUCIÓN:

Facultad de Ingeniería – Universidad Nacional de Río Cuarto

INTEGRANTES:

Abini, Pablo
Alvarez, Martín
Calderón, Jessica
Farioli, Ana Sofía

TUTOR:

Donolo, Pablo

COLABORADORES:

De Angelo, Cristian
Pezzani, Martín

Noviembre de 2018

RESUMEN

En este informe se presentan los resultados de la investigación realizada en una planta productora de expeller y aceite de soja crudo desgomado situada en la ciudad de Río Cuarto, Córdoba. Se proponen modificaciones a la caldera de vapor y el reemplazo de los motores eléctricos de una extrusora y una prensa con el fin de incrementar la eficiencia del proceso productivo, reduciendo costos operativos y mejorando la sustentabilidad.

Se plantea a partir de este análisis la viabilidad técnica, económica, financiera y medioambiental para el reemplazo de la caldera existente por una nueva, y el reemplazo de los motores correspondientes a la Prensa 5 y la Extrusora 1 según las especificaciones técnicas requeridas de par de arranque, nominal y las mediciones realizadas en planta en condiciones operativas. Las propuestas realizadas tienen una inversión de \$3.602.080,00 y conducirán a beneficios económicos de VAN de \$9.177.308,96 con una tasa TIR de 76,66% en un periodo de tiempo de 10 años. Además, representan una reducción de las emisiones de 58248 kg CO₂ y una mejora en el índice de eficiencia de 53,61%.

OBJETIVOS

Objetivos generales:

Como objetivos generales se plantea realizar un relevamiento de procesos, equipos y servicios de la empresa a fin de encontrar puntos potenciales para la mejora de la eficiencia en el consumo de energía y proponer acciones concretas que lleven a un mejor uso de los recursos energéticos necesarios para el proceso productivo, disminuyendo el impacto ambiental y considerando aspectos socio-económicos de estos cambios.

Objetivos particulares:

- Analizar la aislación de cañerías de distribución de vapor
- Determinar la eficiencia teórica de la caldera de vapor
- Evaluar la posibilidad de reemplazo de combustible sólido utilizado actualmente en la caldera
- Evaluar la posibilidad de reemplazo de la caldera por una de mayor eficiencia
- Determinar el posible reemplazo de motores eléctricos para aumentar la eficiencia energética del proceso
- Realizar el análisis económico, social y medioambiental de las propuestas mencionadas anteriormente.

DATOS E INFORMACIÓN DE LA EMPRESA

Alimentos Santa Rosa (ASR) es una empresa de extrusado y prensado de soja. Comenzó sus actividades en el año 2004, cuenta con 25 empleados directos que se desempeñan en un predio de 16.000 m².

El proceso de producción cuenta con tecnología de recepción, molienda, desactivación y prensado de doble etapa; que asegura la eficiente extracción de 18 Tn de aceite al día y 113 Tn de expeller de alta calidad, siendo estos sus productos principales.

Tiene una participación activa en el sector agroindustrial, produciendo harinas proteicas y aceites vegetales para la elaboración de alimentos de consumo animal y humano.

Está ubicada en el Parque Industrial de la Ciudad de Río Cuarto, en el sur de la Provincia de Córdoba, un punto de encuentro de importantes rutas nacionales y provinciales, sumado a que

los principales centros de consumo y zonas de producción de granos y ganado se encuentran localizadas en un radio no más de 400 km de distancia.

DESCRIPCIÓN PROCESO PRODUCTIVO

El proceso de producción consta de dos líneas diferentes, la línea de extrusado y línea de laminado. En el “Anexo 1: Diagrama de bloques el proceso” se muestra el diagrama de bloques del proceso productivo.

La materia prima llega a la empresa mediante camiones y es almacenada en silos, que alimentan a las dos líneas existentes.

El grano de soja es acondicionado mediante cocinadores a vapor para que ingrese a las líneas en las condiciones requeridas por el proceso.

La línea 2 es denominada de “extrusado” en la cual entra el grano acondicionado a una zaranda; de allí es transportado hacia las extrusoras donde se disminuye la humedad del grano por medio de una diferencia de presión, generando evaporación. Las altas temperaturas que se alcanzan en la extrusora producen el desactivado de ciertas enzimas del grano de soja, lo que permite obtener un expeller apto para consumo animal. Luego el material pasa por un cocinador donde se termina de acondicionar con vapor y de allí pasa a la Prensa 2. A la salida de la prensa tenemos dos productos diferentes, por un lado, sale expeller y por otro, aceite junto con borras (sólidos).

La línea 1, es la línea de laminado en la cual entra la materia prima que proviene de los silos y es acondicionada en el cocinador, pasa por una zaranda y luego por un quebrador de rodillos estriados donde se corta el grano en 4 y 8 partes, para luego pasar a un desactivador de soja y dirigirse a un laminador de rodillos lisos. Una vez obtenido el laminado, entra a la prensa 1 donde se obtiene también, expeller y aceite más borras.

El aceite que sale de ambas prensas se bombea hasta un borrero que posee filtros y allí se separa la borra sobrenadante que queda con el aceite. El aceite libre de borras pasa por un decantador y luego se dirige hacia una centrífuga ya que el aceite contiene gomas insolubles que deben separarse. Así se obtiene el aceite crudo desgomado que sale del centrifugado y se almacena en tanques pulmón, para luego ser comercializado. Las borras que salen del borrero se dirigen, al igual que el expeller que se obtiene de las prensas 1 y 2, a la prensa 5 y son repressados para aumentar el rendimiento en la extracción de aceite, y la calidad del expeller. El aceite obtenido pasa por el borrero y sigue el ciclo anteriormente descrito. El expeller se transporta por medio de sinfines hacia los galpones en donde se almacena para luego ser comercializado.

Cada uno de los cocinadores, tanto el que se emplea previo al proceso de extracción de aceite propiamente dicho como los que se encuentran en la línea 2, previos al prensado, emplean vapor generado por una caldera tipo acuatubular que trabaja a 8 kgf/cm² y con una capacidad de generación de vapor de entre 800-1000 kg/h.

De los puntos del proceso descritos con anterioridad se considera relevante el diagnóstico energético de la prensa 5, extrusora 1 y caldera debido a que: 1) La prensa 5 está al final de la línea de prensado por lo que toda la producción pasa por allí y opera con niveles de carga menores al nominal de forma ineficiente; 2) la extrusora 1 opera con niveles de carga inferiores al nominal ineficientemente; 3) la caldera es antigua, con pérdidas elevadas para los estándares actuales y con un combustible no sustentable en el tiempo. Además, el análisis del aislante permite ver que está sobredimensionado y se debe renovar periódicamente.

SISTEMA DE PRODUCCIÓN DE VAPOR

Cuantificación del consumo energético

Para cuantificar la eficiencia energética en la caldera se debe conocer el consumo de vapor de los distintos equipos involucrados en el proceso. El consumo de vapor actual es de 900 kg/h, para lo cual se queman 5,5 toneladas diarias de madera de eucalipto.

Para aumentar la eficiencia energética de la planta se analizan distintas alternativas:

- Reemplazo del combustible sólido de la caldera de vapor por alternativas más económica y sustentables.
- Reemplazo de la caldera de vapor por una de mayor eficiencia con combustibles económicos y sustentables.
- Análisis de la aislación en cañerías de distribución de vapor.

Reemplazo del combustible sólido de la caldera de vapor por alternativas más económica y sustentables.

A diferencia de los combustibles fósiles, cuando se quema biomasa, el dióxido de carbono originado en el proceso de combustión es devuelto a la atmósfera, desde donde fue tomado durante su generación. Por lo tanto, el uso de la biomasa como combustible no hace aumentar el contenido de dióxido de carbono de la atmósfera y, por lo tanto, no contribuye el efecto invernadero. Sin embargo, la realidad es que si el ritmo de uso de biomasa es superior al ritmo de producción, aumentará la cantidad de dióxido de carbono en el aire. La cantidad de eucalipto que se quema diariamente en la caldera es muy elevada, por lo que se considera viable el reemplazo de combustible sólido empleado.

Por lo planteado, es importante considerar el reemplazo del combustible actual para la generación de vapor por uno que pueda ser usado en la caldera disponible y que contribuya a un desarrollo sostenible y favorezca a la economía de la empresa.

Se obtiene el valor de eficiencia teórica de la caldera, y a partir de éste se calculan los requerimientos máxicos de los distintos combustibles alternativos que se proponen, resultando ser:

- Cáscara de maní: 6,53 Tn/día (\$537/Tn);
- Cáscara de girasol: 8,64 Tn/día (\$604/Tn);
- Sorgo forrajero: 5,44 Tn/día (\$355/Tn).

Costo de funcionamiento anual considerando un consumo constante del combustible:

- Eucalipto: \$1.957.312,50
- Cáscara de girasol: \$1.904.774,00 (Ahorro de \$82.539)
- Sorgo forrajero: \$704.888 (Ahorro de \$1.252.424,5)
- Cáscara de maní: \$1.279.913,00 (Ahorro de \$707.400)

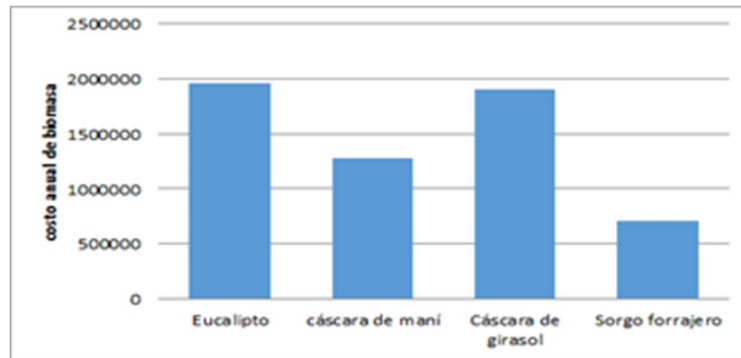


Figura 1 – Comparativa de costos para caldera actual

Cualquiera de los combustibles sólidos alternativos representa un ahorro económico respecto al eucalipto, lo cual da idea de la rentabilidad de reemplazo de la biomasa. El sorgo forrajero muestra el ahorro más importante.

Otros puntos que se analizan para considerar el reemplazo de la biomasa son:

- La combustión de la madera de eucalipto origina emisiones de una gran variedad de compuestos orgánicos potencialmente cancerígenos.
- La combustión incompleta de la madera de eucalipto produce la emisión de hidrocarburos que resultan contaminantes para el suelo y aguas subterráneas.

Si se analiza al sorgo como biomasa alternativa, considerando que éste es el más rentable desde el punto de vista económico, se entiende que el sorgo forrajero presenta importantes aptitudes para su empleo como combustible por su elevada capacidad de producción, alto contenido de fibra y elevado poder calorífico superior (PCS).

En Argentina, la producción de sorgo se concentra en la región pampeana, destacándose Córdoba, con grandes aptitudes para su siembra. Con respecto a ello se puede decir que existe una alta disponibilidad de biomasa para la caldera.

El sorgo realiza importantes aportes a la sustentabilidad de los sistemas de producción agrícola:

“La inclusión de cultivos de gramíneas en la rotación favorece el aporte de carbono y eso impacta positivamente en la estructura y porosidad de los suelos. El sorgo, como cultivo, aporta abundante rastrojo, el cual genera una buena cobertura de suelo de gran perdurabilidad. Esto mejora el balance de carbono y las propiedades químicas, físicas y biológicas asociadas a la materia orgánica y hace más eficiente el aprovechamiento del agua”. Ferrari (23/01/2017). Argentina Investiga. http://argentinainvestiga.edu.ar/noticia.php?titulo=las_oportunidades_del_sorgo_para_la_argentina&id=2844.

Otro aporte significativo que supone el uso del sorgo forrajero como biomasa es la generación de puestos de trabajo, es decir, como el mismo aún no tiene un mercado estable, la empresa deberá contar con plantaciones propias.

Una inconveniencia del uso de sorgo forrajero como biomasa para la caldera radica en el alto contenido de cenizas que posee respecto del eucalipto, el cual es de un valor del 6% aproximadamente. Estas cenizas poseen propiedades que les permiten ser utilizadas como abono para campos, tal como realizan otras empresas productoras de energía eléctrica con biomasa. Las cenizas en gran medida pueden ser retornadas a la tierra, renovando y reponiendo los nutrientes que la planta extrajo, fundamentalmente potasio y fósforo. Si la ceniza por alguna razón no puede ser reciclada a su lugar de origen o no pueda ser utilizada

como fertilizante hay otros usos potenciales que incluyen, por ejemplo, el uso de las mismas como aditivos en materiales de construcción. Particularmente, los altos valores de cenizas que se producirían por la combustión del sorgo forrajero podrían tener como destino los campos de la empresa, para su fertilización.

Reemplazo de caldera de vapor por una de mayor eficiencia con combustibles económicos y sustentables

En caso que se considere viable la compra de una nueva caldera, se tiene que considerar la demanda de vapor de los equipos, pensando en las ampliaciones que se están llevando hoy en día en la planta y a ello afectarlo por un factor de seguridad, con lo que se asegura que el servicio va a ser óptimo. Además, se debe tener en cuenta el equipo con requerimiento de vapor a mayor presión.

A partir de todo ello se establecen como factores a considerar para la compra de una caldera:

- Capacidad de diseño: 1,17 Tn/h
- Presión de diseño: 8 bar absolutos.

La caldera que se plantea comprar sería suministrada por la firma TAMECO S.R.L. La inversión que debe hacer la empresa en caso de que considere el reemplazo de la caldera corresponde a un monto total de US\$ 101.573,4.

Consumo de combustibles con caldera nueva:

- Eucalipto: 3,53 Tn/día
- Sorgo Forrajero: 2,5 Tn/día

En el caso de que se decida realizar el reemplazo de la caldera de vapor se tendrá un ahorro anual en combustible. Siendo el costo de funcionamiento el siguiente:

- Eucalipto: \$1.256.238,75
- Sorgo forrajero: \$323.937,5

Análisis de aislación en cañerías de distribución de vapor

El sistema de distribución de vapor es independiente del tipo de biomasa que se emplee y de la eficiencia de la caldera, ya que sólo va a depender de la temperatura del vapor. Como no se afecta ningún parámetro del proceso, la temperatura a la que el vapor llega a los equipos va a ser la misma independiente de los cambios de biocombustible y sistema de calefacción.

Como parte del relevamiento realizado a la instalación de la planta se propone verificar que la eficiencia de la aislación utilizada se encuentre dentro del rango apropiado (92-98 %), con un espesor económicamente óptimo.

La eficiencia del aislante en todos los tramos está por encima del rango que establece un espesor óptimo. Esto indica un sobredimensionamiento en el espesor del aislante, que, si bien no afecta al funcionamiento de la instalación, se puede considerar para una menor inversión en un recambio futuro de éste.

Si se utiliza un espesor de aislante de 1 plg. (es decir, un espesor menor y el más chico disponible comercialmente), los valores de eficiencia siguen estando por encima del rango óptimo. (Ver tablas y diagrama de distribución de vapor en el anexo 4)

Utilizando valores aproximados de precio de aislante y la longitud de cada tramo puede calcularse el costo relacionado al cambio total del material luego de que éste cumpliera con su vida útil o se decidiera realizar un mantenimiento preventivo. De ésta manera puede determinarse que el monto en que podría reducirse tal cambio de aislante sería de aproximadamente \$15.000.

SISTEMA ELÉCTRICO DE LA PLANTA

Para comenzar el diagnóstico eléctrico se tienen en cuenta los consumos eléctricos de los últimos dos años, el cuadro tarifario de la empresa distribuidora, y analizando las mediciones relevadas en planta, se propone el reemplazo de los motores existentes por otros de eficiencia Premium (IE3) que cumplan los mismos requerimientos.

Cuantificación del consumo de energía eléctrica

De los consumos de los últimos dos años se pudo ver que la empresa tiene una curva de carga constante las 24 horas del día. Se observa también que los niveles de consumo lo ubican como un gran consumo dentro del sistema de distribución, esta característica lo hace ideal para realizar un análisis de retorno de la inversión.

Se realizaron mediciones puntuales en la Prensa 5 y en la Extrusora 1. Se eligen estos dos equipos porque son los motores más grandes que tiene la empresa, los que tienen mayor consumo y porque por la Prensa 5 pasa el producto de ambas líneas de producción. La Extrusora 1 consta de un motor con una potencia de 125 HP (90kW) y una velocidad de giro de 1480 RPM, mientras que la Prensa 5 consta de un motor con una potencia de 150 HP (110kW) y una velocidad de 980 RPM.

De acuerdo a las mediciones realizadas y la característica de chapa del motor de la Prensa 5, se determinó que se encuentra trabajando a un 64% de carga con un consumo máximo de 78 kW. De igual manera, las mediciones realizadas en la extrusora 1, indican que la misma se encuentra trabajando al 60%.

Las características operativas actuales, además de los históricos de consumo se encuentran en el "Anexo 5: Mediciones Eléctricas y de consumo".

Con todos estos datos se confeccionó una tabla de costo de funcionamiento para cada uno de los equipos. El mismo análisis se realizó tanto para la Prensa 5 como para la Extrusora 1, mostrando los resultados en la Tabla 1.

Tabla 1 - Resumen costos anuales de funcionamiento

MÁQUINA	COSTO DE FUNCIONAMIENTO ANUAL (AR\$)
Prensa 5	1.318.631,63
Extrusora 1	962.292,73

Reemplazo de motores

Se propone entonces el reemplazo de los motores actuales por unos de 75 kW, capaces de entregar la potencia requerida por el proceso y con los mismos requerimientos de par de arranque y nominal que los motores actuales.

El motor que se propone busca solucionar el problema de sobredimensionamiento con bajo rendimiento por uno de potencia más pequeña, trabajando a plena carga y con una mejor eficiencia (clase IE3).

Tabla 2 - Resumen de principales diferencias

MOTOR ACTUAL	MOTOR SELECCIONADO
Eficiencia IE1 (Norma JB/T 8680)	Eficiencia IE3 (IEC)
Rendimiento 86%* (estimado)	Rendimiento 95,5%
Energía consumida 74,2 (kWh)	Energía consumida 65,2 (kWh)
Costo anual \$AR 1.318.631,63	Costo anual \$AR 1.126.331,19

En el “Anexo 6: Reemplazo de motores” se muestran las características generales de los motores propuestos. Hay que tener en cuenta que uno de los motores gira a una velocidad diferente, por lo que debe considerarse el reemplazo de la reducción. Las principales diferencias entre los motores actuales y los reemplazos propuestos son los que se muestran en la Tabla 2.

Estudios de factibilidad ambiental de reemplazo de motores eléctricos

El presente análisis muestra que también se genera un beneficio medioambiental, además del técnico y económico, produciendo una disminución de las emisiones de CO₂, que es uno de los objetivos del presente trabajo.

Tabla 3 – Cálculo de emisiones de CO₂

	ENERGÍA (kWh)	FACTOR DE EMISIÓN (kgCO ₂ /kWh)	EMISIONES DE CO ₂ (kg.Año)
Motores actuales	127,40	0,535	597072,84
Motores propuestos	114,97		538824,03

De la Tabla 3 se puede concluir que el reemplazo por motores de eficiencia Premium IE3, generará una reducción en las emisiones de CO₂ de 58248,8 kg al año.

INDICADORES DE EFICIENCIA

Para observar las mejoras en eficiencia que se generan a partir de las distintas propuestas, lo que se hace es cuantificar en pesos, el costo por tonelada producida antes y después de todos los cambios. En este caso, la propuesta incluye el cambio de caldera y de combustible, y de los dos motores, por lo que se consideran los ahorros en las mismas.

Las toneladas producidas son 113 de expeller y 18 de aceite por día, por lo que anual será una producción de 47815 (tn) de producto final.

Tabla 4 – Indicadores de eficiencia

EQUIPO	COSTO FUNC. ANTES (\$AR)	ÍNDICE (\$/TN)	COSTO FUNC. DESPUÉS (\$AR)	ÍNDICE (\$/TN)
Caldera	1.957.312,50	40,94	323.937,50	6,77
Extrusora 1	962.292,73	20,13	821.958,38	17,19
Prensa 5	1.318.631,64	27,58	1.126.331,19	23,56
TOTAL	4.238.236,87	88,64	2.272.227,07	47,52

Según se puede ver, los indicadores muestran que los costos totales pasan de \$88,64 por tonelada a \$47,52 por tonelada. Esto nos indica que el proyecto propuesto, que incluye los reemplazos propuestos generará una reducción de los costos de funcionamiento del 53,61% para los equipos en cuestión. Si bien podrían considerarse otros índices (kWh/Tn_producida o Tn_combustible/Tn_producida), se toma el índice basado en costos para poder considerar la diversidad de los cambios propuestos.

ESTUDIOS DE VIABILIDAD ECONÓMICA

El estudio de viabilidad económica de los tres proyectos de reemplazo propuestos se realizó a través de la conformación del flujo de fondo y sus correspondientes análisis incrementales utilizando indicadores como el tiempo de retorno de la inversión, la Tasa Interna de Retorno (TIR) y el Valor Actual Neto (VAN) que, comparado con otras propuestas de productos financieros de bancos de riesgo similar, muestran la factibilidad económica de la propuesta. Además, se analizará un apalancamiento financiero con ofertas crediticias externas.

Cálculo de indicadores económicos

En el “Anexo 8: Análisis económico” se muestran gráficamente índices tales como el VAN y el TIR, en donde la tasa de retorno será (gráficamente) el cruce por cero del eje X.

Como otro punto de comparación, se exhibe el tiempo de retorno de la inversión para cada uno de los reemplazos, considerando que es la propia empresa la que realiza el desembolso inicial. Los indicadores económicos se muestran en la Tabla 5.

Tabla 5 - Resumen indicadores económicos

PROPUESTA	VAN (AR\$)	TIR (%)	TIR DEFLACTADA (%)	TIEMPO DE RETORNO DE LA INVERSIÓN
Caldera	-\$ 251.747,78	41,00	-6,90	5 años
Prensa 5	85103,26	61,93	22,77	4 años
Extrusora 1	601,20	45,12	10,02	5 años

Simulación de alternativas de financiamiento

Buscando apalancar el proyecto e intentando mejorar los indicadores se propone utilizar alguna de las dos líneas de créditos disponibles para proyectos de eficiencia energética, que harán que el rendimiento de nuestro proyecto aumente y obtener mayores ganancias al final del ejercicio. Las propuestas encontradas son:

- Línea de créditos para eficiencia BICE
- Línea de créditos Banco Credicoop.

Las especificaciones de las líneas de crédito se encuentran en el “Anexo 8: Análisis económico”.

Haciendo una simulación en donde se analiza la propuesta de reemplazar los dos motores y la caldera, se comparan las tres posibles opciones y se muestran los resultados en la Tabla 6:

Tabla 6 - Simulación de Apalancamiento financiero

Propuesta	VAN (\$)	TIR (%)	TIR deflactada (%)
Financiamiento Propio	\$ 12.107.115,28	42,73	8,21
Crédito BICE	\$ 9.177.308,96	76,66	33,94
Banco Credicoop	\$ 8.328.852,20	59,48	20,91

Según el análisis, vemos que cada reemplazo de motor da un buen valor de tasa, se le gana a la inflación y se le gana a una opción del mismo riesgo como el plazo fijo. En el caso de la caldera vemos que frente a la misma opción de riesgo similar de un banco no es conveniente. Lo

mismo ocurre con los tres cambios en conjunto, en donde se obtiene un VAN negativo. Si a nuestro proyecto lo acompañamos con un apalancamiento financiero que nos ayude a crecer en rendimiento, lograremos revertir el VAN a un valor positivo, obtener una tasa por encima de los productos financieros de riesgo similar como un Plazo Fijo y además ganarle a la inflación. Así, económicamente las simulaciones muestran que la mejor opción a la hora de los recambios es la de realizar los tres cambios a la vez accediendo al crédito BICE ofrecido por la Presidencia de la Nación, o en caso contrario acceder al cambio de solamente los motores eléctricos.

Como conclusión, podemos decir que, según el escenario económico actual, y dado los precios conseguidos, si se propone realizar el cambio en conjunto de la caldera y los dos motores, la opción más viable es la de acceder al crédito BICE, que nos generará una tasa del 76,66% y ganancias en un plazo a 10 años de \$AR 9.177.308,96.

CONCLUSIONES

A la hora del análisis y diagnóstico de la empresa, se pudo observar que hay un gran abanico de posibilidades para mejorar la eficiencia de la empresa.

En este estudio nos centramos en aspectos que considerábamos como los más importantes para el desarrollo de las actividades. Habiendo hecho este análisis y obteniendo resultados positivos pensamos que una segunda instancia sería extrapolar el mismo al resto de la planta, no solo a la gran cantidad de pequeños motores que existen sino también a otros aspectos como la iluminación. Este último punto también es importante para que los empleados puedan desarrollar su trabajo más cómodos y con mayor seguridad, amén de la eficiencia en sí, consideramos que es más que importante.

También se buscó comenzar el estudio con grandes máquinas ya que para una empresa de este tipo es muy importante reducir sus costos de producción debido a que es la única variable de ajuste que tienen para aumentar sus ganancias al elaborar un producto que está atado a un precio definido por el mercado.

Como punto anexo podemos mencionar que además de traer beneficios económicos, generamos beneficios medioambientales debido a que esta reducción de energía para obtener la misma producción nos generará una disminución de las emisiones de CO₂ al ambiente.

Se plantea a partir de este análisis una viabilidad técnica, económica, financiera y medioambiental para el reemplazo de la caldera existente por una nueva y el reemplazo de los motores correspondientes a la Prensa 5 y la Extrusora 1 según las especificaciones técnicas antes mencionadas.

Todos estos trabajos, ya sea de mano de obra, de transacciones comerciales, logística, etc. se pensaron teniendo en cuenta disponibilidad en la zona, con lo que se genera un incremento de trabajo local relacionado al proyecto en cuestión.

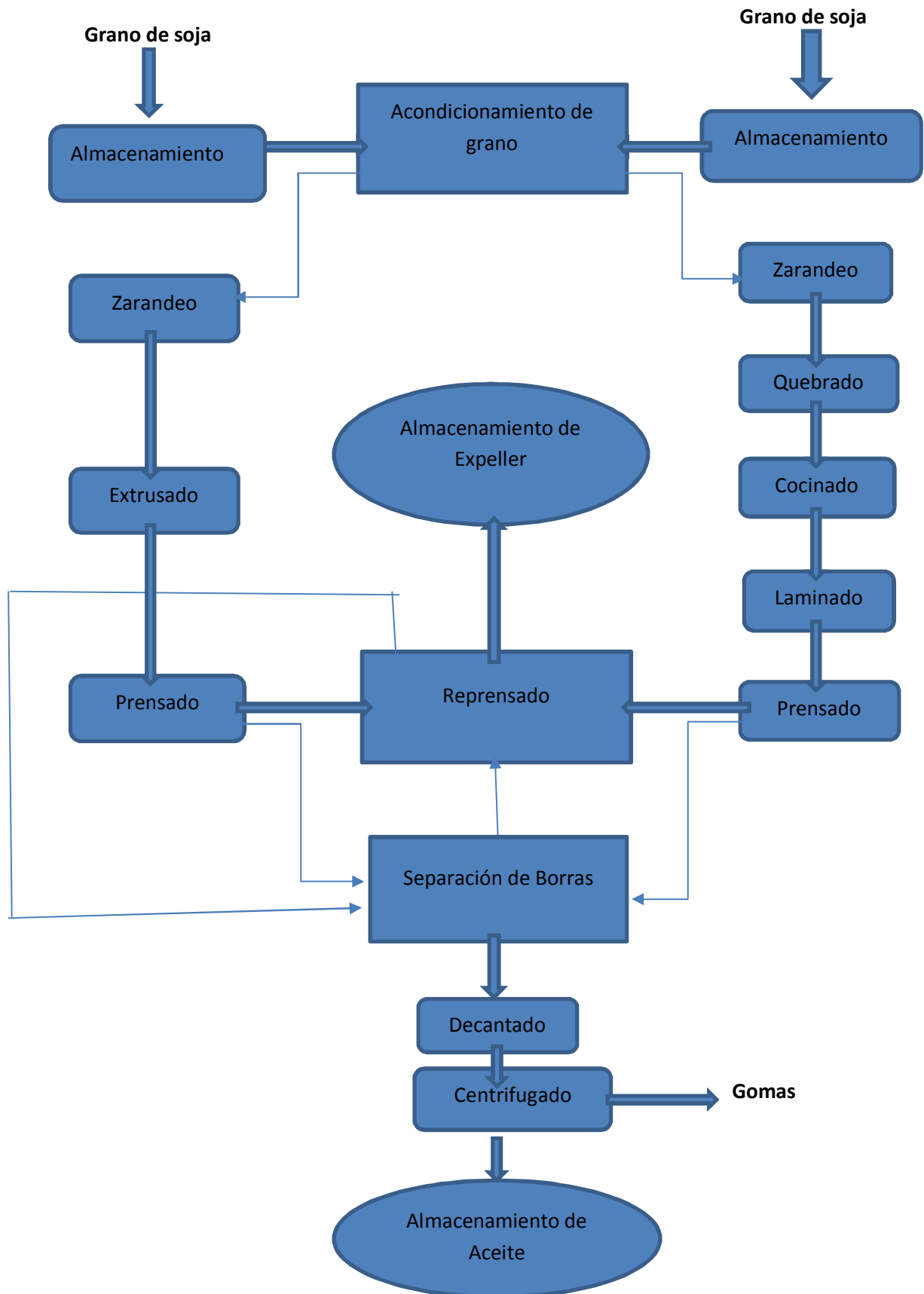
Además, se deja planteado una serie de trabajos a futuro, como puede ser extrapolar el análisis a todos los motores de la plana, pudiendo encontrar casos como los analizados, realizar una optimización de la iluminación, instalar un filtro activo para corregir armónicos en la planta, y realizar un control de temperatura automático para poder cerrar un lazo de control.

AGRADECIMIENTOS

El equipo agradece la colaboración de los compañeros Facundo Bravo y Jessica Calderón, además de los docentes de la cátedra Uso Eficiente de la Energía Eléctrica de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Río Cuarto. Como así también del grupo GEA por los equipos prestados.

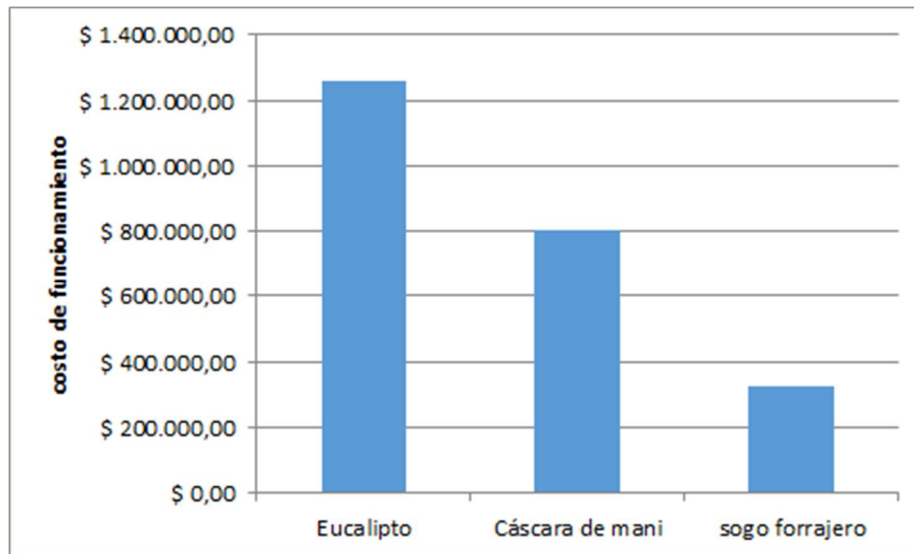
ANEXOS

Anexo 1: Diagrama de bloques del proceso



Anexo 2: Costos de combustibles

Gráfica de costo de combustible para caldera de mayor eficiencia



Anexo 3: Datos de sistema de producción de vapor

Cuantificación del consumo de energía de la caldera actual:

Equipo	Cantidad	Consumo de leña (kg/h)	Horas funcionando/año	Consumo total (Tn/año)
Caldera	1	230	8760	2007

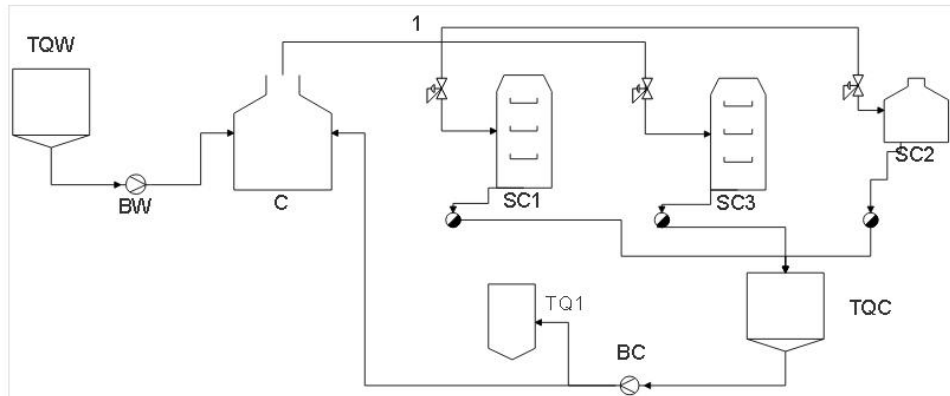
Cálculo de rendimiento de la caldera actual:

$$eficiencia = \frac{m_{vapor} * \lambda_{vaporización}}{m_{combustible} * PCI} = 54,54\%$$

- m_{vapor} = masa de vapor
- $\lambda_{vaporización}$ = calor latente de vaporización
- $m_{combustible}$ = masa de combustible
- PCI = poder calorífico inferior

Anexo 4: Datos reemplazo de aislación de ramales de distribución de vapor

Diagrama de flujo del sistema de aislación



Código	Equipo
TQW	Tanque de almacenamiento de agua
BW	Bomba centrífuga de agua
C	Caldera
SC1	Calentador 1
SC2	Calentador 2
SC3	Calentador 3
TQC	Centrífuga
BC	Bomba centrífuga de producto
TQ1	Tanque de almacenamiento de producto 1

Característica de la aislación actual:

Condiciones generales de la instalación	
Tipo de aislante	Lana de roca
Conductividad térmica media del aislante [W/mK]	0,034
Espesor del aislante [plg.]	2
Tipo de caños	Acero al carbono
Recubrimiento del aislante	Chapa galvanizada

Tramos de aislación para los servicios de vapor en la planta:

Tramo	Longitud (m)	Diámetro nominal (plg)	Presión de trabajo (kg/cm ²)	Tú de trabajo (° C)
Caldera - 1	6	3	8	170,4
1 – SC1	27	2	2	120,2
1 – SC2	40	2	5	151,9
1 – SC3	25	2	6	158,9

Eficiencia del aislante propuesto:

Tramo	Eficiencia con espesor de 2plg.	Eficiencia con espesor de 1plg
C - 1	0,995	0,992
1 – SC1	0,996	0,994
1 – SC2	0,997	0,995
1 – SC3	0,996	0,994

Anexo 5: Mediciones Eléctricas y de consumo

Graficas de consumos eléctricos de los últimos dos años:

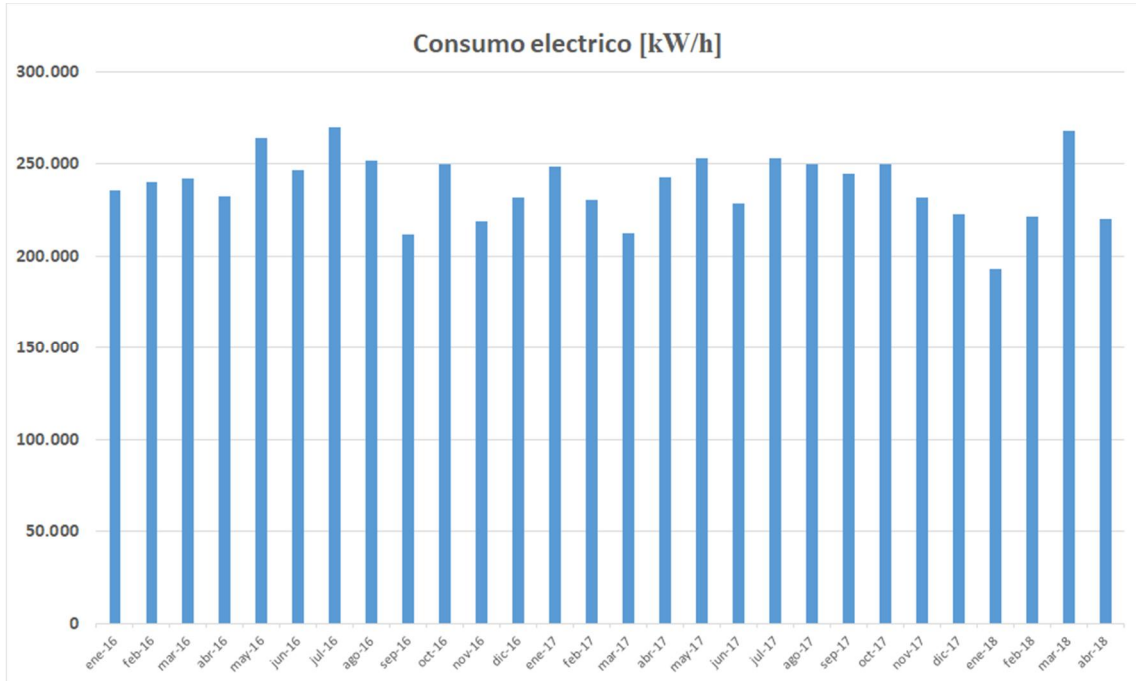


Figura 4 - Gráfica del consumo eléctrico desde 1/16 al 4/18

Cuantificación del consumo energético (Corriente trifásica) de la Prensa 5 y Extrusora 1:

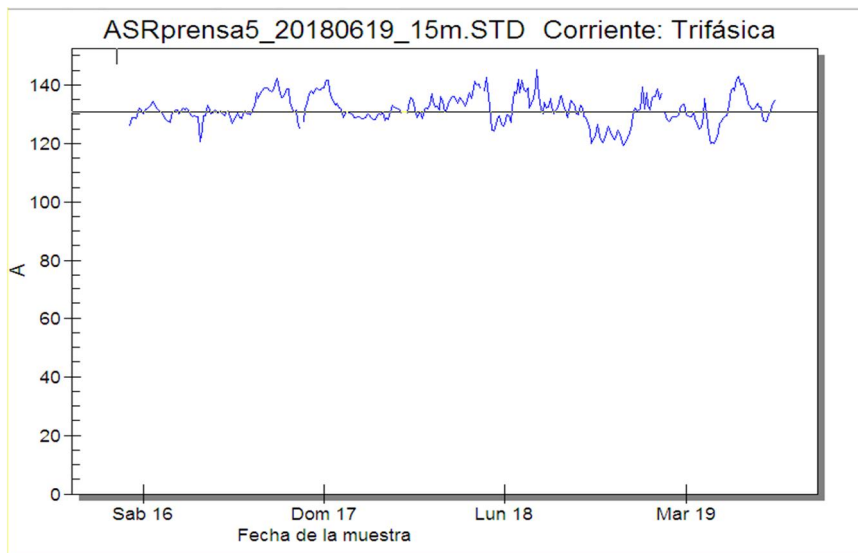


Figura 5 - Gráfica corriente Prensa 5

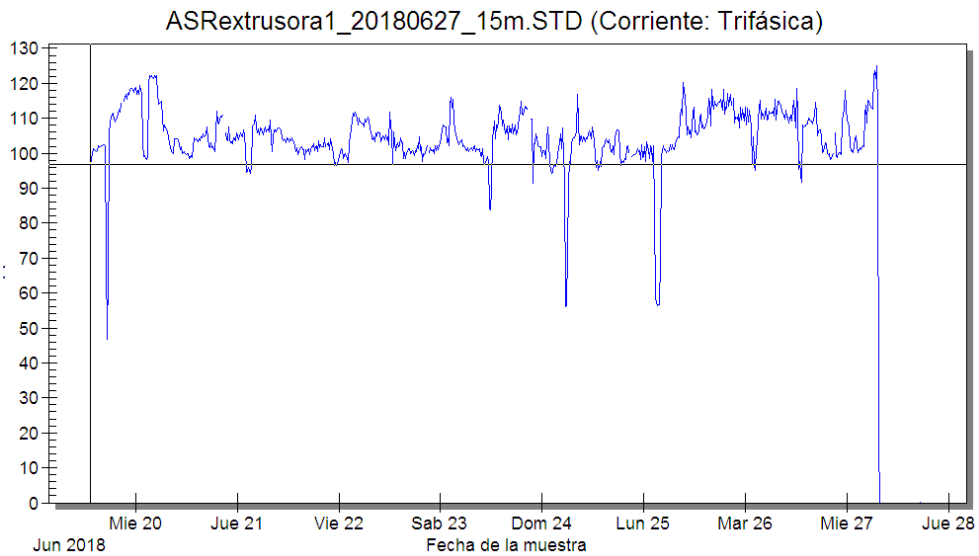


Figura 6 - Gráfica corriente Extrusora 1

Condiciones operativas de la Prensa 5:

Características	Valores registrados	Valores registrados Extrusora 1
Potencia	72,4 (kW)	55 (kW)
Tensión	400 (V)	400 (V)
Corriente	130 (A)	105 (A)
Factor de potencia	0,76	0,70
Rendimiento	0,86* Estimado	0,86 *Estimado
Porcentaje de carga	64 %	60%
Frecuencia	50 (Hz)	50 (Hz)

Tabla de Costo de Funcionamiento anual de Prensa 5:

	kWh	Precio por banda horaria [\\$]	Costo Funcionamiento horario [\$.kWh]	Costo de funcionamiento por bandas	Costo de funcionamiento anual [\\$]
23:00	70,35	2,41961	170,220	349155	
00:00	71,7	2,41961	173,486		
01:00	69,3	2,41961	167,679		
02:00	74,4	2,41961	180,019		
03:00	74,98	2,41961	181,422		
04:00	72,61	2,41961	175,688		
05:00	72,57	2,30276	167,111	664839	
06:00	71,5	2,30276	164,647		
07:00	70,1	2,30276	161,423		
08:00	70,96	2,30276	163,404		
09:00	69,41	2,30276	159,835		
10:00	67,64	2,30276	155,759		
11:00	65,77	2,30276	151,453		
12:00	61,38	2,30276	141,343		
13:00	61,62	2,30276	141,896		
14:00	64,62	2,30276	148,804		
15:00	64,02	2,30276	147,423		
16:00	61,98	2,30276	142,725		
17:00	65,44	2,30276	150,693		
18:00	70,25	2,53646	178,186	304636	
19:00	72,95	2,53646	185,035		
20:00	73,15	2,53646	185,542		
21:00	74,46		188,865		
22:00	69,86	2,53646	177,197		
					\$AR 1.318.631,63

Tiempo de funcionamiento de la planta:

Funcionamiento anual (días)	Funcionamiento anual (hs)		
	Pico	Valle	Resto
333			
	1665	4329	1998

Anexo 6: Reemplazo de motores

Motor de reemplazo propuesto:

Características generales requeridas	Prensa 5	Extrusora 1
Carcasa	280 S/M	280 S/M
Potencia	75 (kW)	75 (kW)
Velocidad	990 (rpm)	1480 (rpm)
Tension	380/660 (V)	380/660 (V)
Corriente nominal	149/86,1 (A)	137/78,8 (A)
Corriente arranque	1200/688 (A)	1150/662 (A)
Par nominal	538 (Lb.Ft)	49,4 (kgfm)
Par arranque	300%	280%
Par máximo	350%	330%

Diferencias mecánicas con el actual

Analizando la carcasa seleccionada, conforme a la mayoría de los motores de ese tipo, vemos que existe una diferencia entre la altura del eje del motor nuevo y el actual. Si bien esto es importante, los motores propuestos poseen un acoplamiento por poleas, por lo que se salvaría esa diferencia. En caso contrario se debería reacondicionar la bancada del mismo.

Anexo 7: Alternativa comercial de gestión de redes

En el marco de la actividad de relevamiento de datos se utilizaron equipos didácticos provistos por el grupo GEA de la Universidad Nacional de Río Cuarto, debiendo ir a levantar datos periódicamente y teniendo diversas precauciones a la hora de la instalación del mismo.

Una de las alternativas que se pudieron haber utilizado es el “Analizador de redes SENTRON PAC” trayéndonos beneficios tales como: Conocer cuál es el consumo real de energía de la planta, como es su circulación en el interior de la misma, obtener parámetros que podrían ser de utilidad como desequilibrio o THD, además de corrientes y tensiones, y lo más importante que posee puerto Ethernet integrado, pudiendo acceder remotamente a los datos y facilitando nuestro trabajo de campo.

Anexo 8: Análisis económico

Graficas de Tasa Interna de Retorno (TIR) y Valor Actual Neto (VAN) de reemplazo de motores y reemplazo de caldera para financiamiento interno:

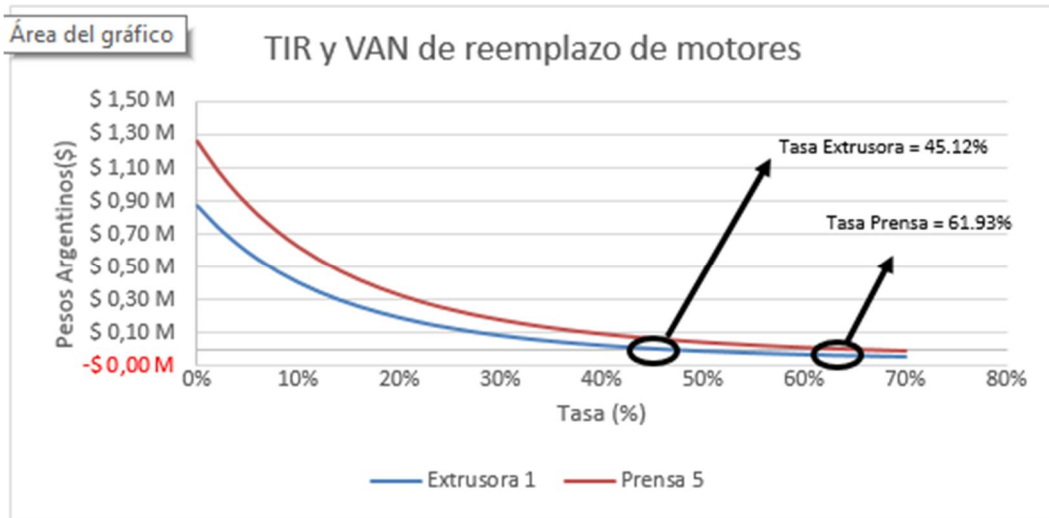


Figura 7 - VAN y TIR de reemplazo motores

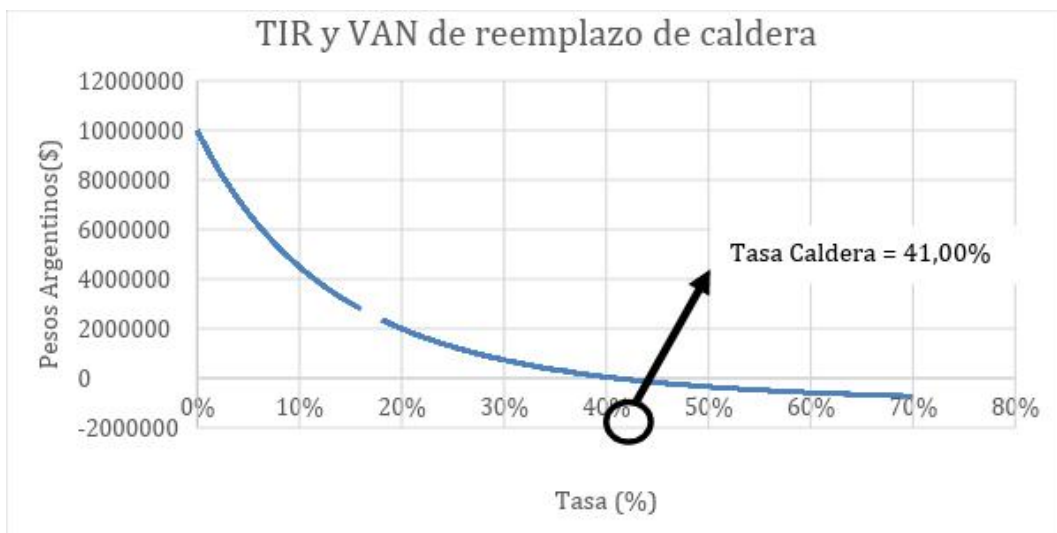


Figura 8 - VAN y TIR de reemplazo de Caldera

Grafica de tiempo de recupero de la inversión para motores y caldera:

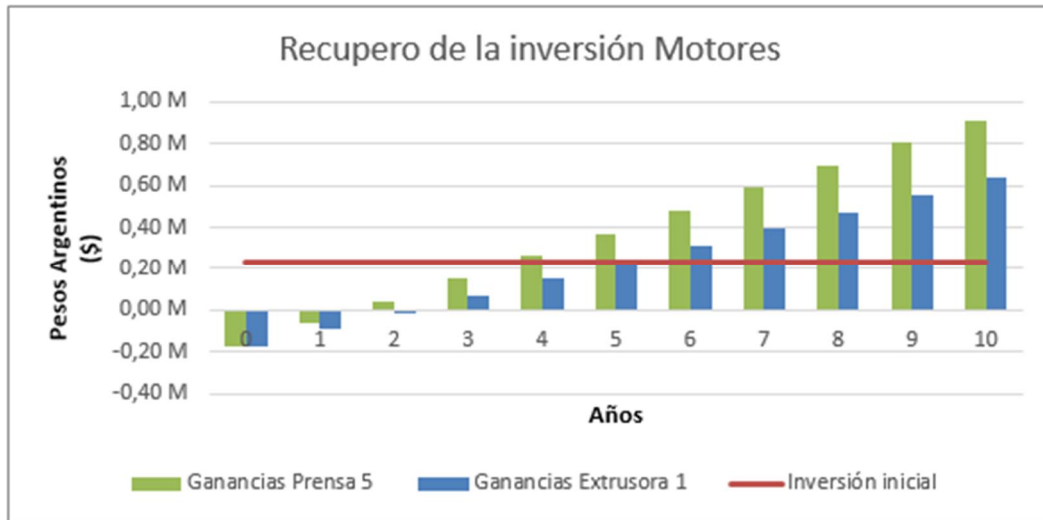


Figura 9 - Recupero de inversión de motores

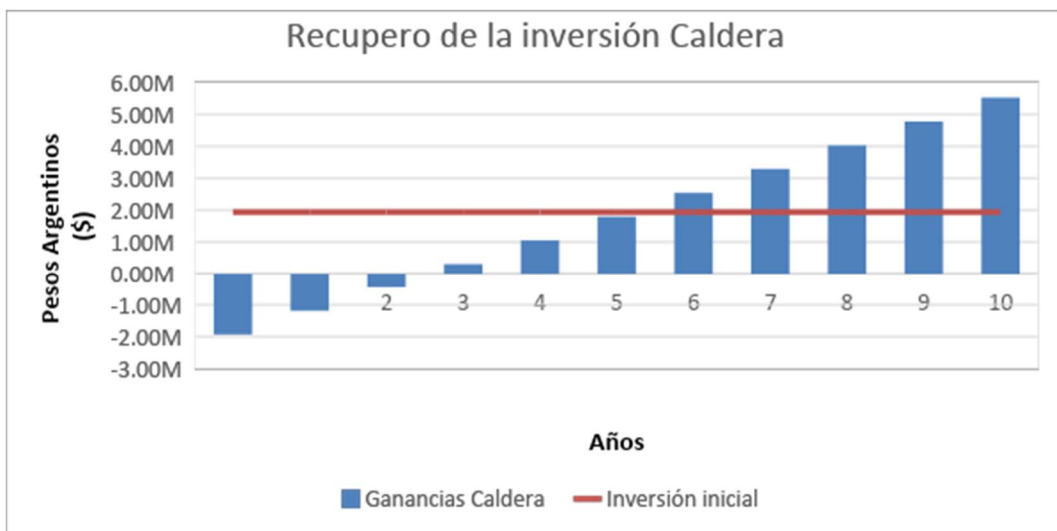


Figura 10 - Recupero de inversión de caldera

Consideraciones a la hora de conformación de los índices:

Algunas de las consideraciones a la hora de conformar el flujo de fondos fueron:

- Todo el análisis está realizado en Pesos Argentinos, convirtiendo el precio de insumos en Dólares a la cotización oficial del Banco Nación al día 13 de octubre de 2018.
- El proyecto está destinado a hacerse a mediano plazo, por lo que se tomó una tasa de impuestos a las ganancias de 25% según la normativa vigente.
- No se considera valor de desecho debido a que, al ser una tecnología nueva, y no poseer motores de alta eficiencia con antigüedad mayor a los 10 años, se desconoce su posible valor.
- La tasa de comparación para el VAN es la de un promedio de las tasas de los plazos fijos de bancos privados.

Líneas de créditos para apalancamiento financiero:

- **Línea de créditos para eficiencia BICE** propuesta por el estado nacional para proyectos de eficiencia energética, en donde se presta hasta \$80.000.000 de pesos argentinos, con hasta dos años de gracia a una tasa del 23%, ya que posee un subsidio del estado nacional del 4% y otro por parte del estado provincial del 4% por un plazo de hasta 5 años.
- **Línea de créditos Banco Credicoop.** Para proyectos de eficiencia energética en donde se presta de \$500.000 a \$15.000.000 para el 80% del proyecto a una tasa del 53,19% por un plazo de hasta 5 años.

Graficas de Tasa Interna de Retorno (TIR) y Valor Actual Neto (VAN) de los tres reemplazos para financiamiento externo:

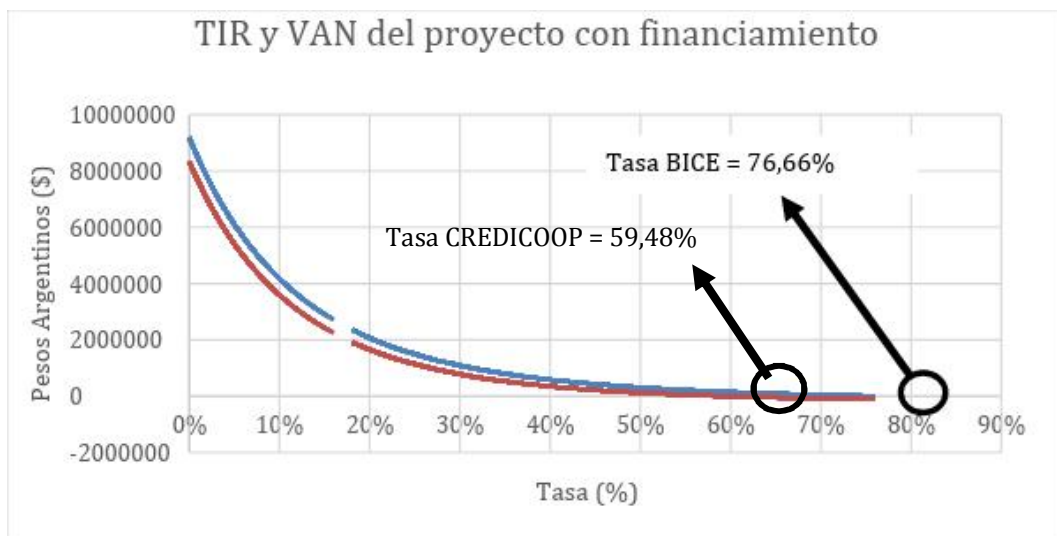


Figura 11 - TIR y VAN simulados para apalancamiento financiero