



**Construcción de un modelo financiero para el suministro de soluciones de aire comprimido
para la industria**

Julián Felipe Contreras Tavera
Ferney Alejandro Mesa Palacio

Monografía presentada para optar al título de Especialista en Evaluación Financiera de Proyectos

Asesor

Luis Fernando Mejía Robles, Especialista (Esp) en Finanzas, Preparación y Evaluación de
Proyectos

Universidad de Antioquia
Facultad de Ingeniería
Especialización en Finanzas
Medellín, Antioquia, Colombia
2023

Cita

(Contreras Tavera & Mesa Palacio, 2023)

Referencia

Estilo APA 7 (2020)

Contreras Tavera, J., & Mesa Palacio, F. A. (2023). *Construcción de un modelo financiero para el suministro de soluciones de aire comprimido para la industria* [Trabajo de grado especialización]. Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia.



Especialización en Evaluación Financiera de Proyectos, Cohorte I.



Biblioteca Carlos Gaviria Díaz

Repositorio Institucional: <http://bibliotecadigital.udea.edu.co>

Universidad de Antioquia - www.udea.edu.co

El contenido de esta obra corresponde al derecho de expresión de los autores y no compromete el pensamiento institucional de la Universidad de Antioquia ni desata su responsabilidad frente a terceros. Los autores asumen la responsabilidad por los derechos de autor y conexos.

Dedicatoria

Queremos dedicar este trabajo a nuestras familias que son quienes nos apoyan todos los días y nos animan a seguir aprendiendo.

Agradecimientos

Agradecemos a los profesores de la Especialización en Evaluación Financiera de proyectos, a la Universidad de Antioquia por permitirnos estar en la especialización, a nuestras compañeras y compañeros con quienes compartimos en las clases, y al profesor Luis Fernando Mejía Robles por su dedicación y consejo para sacar adelante esta monografía.

Tabla de contenido

Resumen	11
Abstract	12
Introducción	13
Formulación del problema	15
Justificación.....	15
Objetivos generales	16
Objetivos específicos.....	17
Estado del arte	18
Construcción de un modelo outsourcing de aire comprimido para el caso colombiano.....	18
Factores de compra del usuario del mercado de aire comprimido de Kaeser compresores de Colombia	18
Estudio de factibilidad de renovación de la planta de aire comprimido para el incremento de la productividad de una empresa textil.....	18
Diseño metodológico preliminar.....	19
Estudio de ingeniería.....	20
Cálculo de costos.....	20
Estudio financiero	21
Toma de decisión	21
Participantes	22
Características del servicio a vender	23
Recursos disponibles	25
Marco referencial	25
Compresores.....	25
Factores que influyen en el rendimiento volumétrico.....	26
Potencia teórica de un compresor.....	26

Eficiencia energética y su relación con los compresores	27
Eficiencia energética en compresores de aire	28
Fugas en el sistema de aire	28
Demanda innecesaria en sistema de aire comprimido.....	29
Uso inadecuado de aire	30
Controladores no adecuados para el compresor	30
Estudio de mercado	30
Análisis macroeconómico	30
Análisis del sector	33
Amenaza de entrada de nuevos competidores	34
Rivalidad entre competidores existentes.....	35
Amenaza de productos sustitutos.....	36
Poder de negociación del proveedor	36
Poder de negociación del cliente.....	37
Estudio técnico	37
Determinación de la demanda	37
Eficiencia de la estación actual	39
Estudio ambiental.....	40
Impactos actuales de la estación de aire comprimido	40
Licencias ambientales	41
Estudio legal y normativo	42
Norma EN 1012-1 requisitos de seguridad	42
Resolución 627 ministerio del medio ambiente	42
Evaluación financiera.....	44
Datos de entrada	44

Consideraciones	45
Inversiones y capital de trabajo.....	45
Servicio a la deuda	46
Estado de resultados	47
Fuentes y usos	49
Flujos de caja.....	49
Periodo de recuperación de la inversión	51
Indicadores financieros	52
Riesgos	53
Tasa de devaluación	53
Índice de precio al consumidor	53
Incremento del salario mínimo.....	54
Análisis Montecarlo	54
Análisis de sensibilidad.....	57
Bibliografía.....	59
Conclusiones	63
Recomendaciones.....	64

Lista de tablas

Tabla 1 Recursos disponibles	25
Tabla 2 Decibeles permitidos	43
Tabla 3 Indicadores financieros del proyecto puro	50
Tabla 4 Indicadores del proyecto con financiación.....	51

Lista de figuras

Figura 1 Metodología para la evaluación financiera del proyecto	22
Figura 2 Ciclo de trabajo del compresor	26
Figura 3 Costo por pérdidas de aire	29
Figura 4 Proyección de precios de la energía del mercado no regulado	32
Figura 5 Escenario macroeconómico	33
Figura 6 Perfil de demanda de aire	37
Figura 7 Distribución de frecuencias de la demanda de aire	38
Figura 8 Perfil de presión.....	38
Figura 9 Estación de aire propuesta	40
Figura 10 Volumen de aire consumido	44
Figura 11 Escenario macroeconómico usado para la evaluación financiera del proyecto.....	45
Figura 12 Inversiones en bienes de capital	46
Figura 13 Capital empleado operativo	46
Figura 14 Saldo de la deuda.....	47
Figura 15 Costo de la deuda.....	47
Figura 16 Ingresos vs Resultado del periodo	48
Figura 17 Márgenes de utilidades	48
Figura 18 Flujo de efectivo	49
Figura 19 Flujo de caja libre	49
Figura 20 Flujo de caja del accionista.....	50
Figura 21 Tiempo de recuperación del proyecto puro	51
Figura 22 Tiempo de recuperación del inversionista	52
Figura 23 Indicadores financieros	53

Figura 24 Distribución de probabilidad del IPC	54
Figura 25 Distribución de probabilidad del incremento del SMMLV	55
Figura 26 Distribución de probabilidad de la TRM	55
Figura 27 Distribución de probabilidad del VPN del proyecto puro	56
Figura 28 Distribución de probabilidad del VPN del accionista.....	56
Figura 29 Análisis de sensibilidad	57
Figura 30 Grafico de telaraña del análisis de sensibilidad.....	57

Siglas, acrónimos y abreviaturas

CAGI	Compressed Air and Gas Institute
CAPEX	Capital Expenditures
CAPM	Capital Asset Pricing Model
CCPP	Costo de Capital Promedio Ponderado
cfm	Cubic Feet per Minute
COP	Pesos Colombianos
DTF	Depósito a Término Fijo
EBITDA	Earnings Before Interest, Taxes, Depreciation and Amortization
Esp.	Especialista
FCAcc	Flujo de Caja del Accionista
FCL	Flujo de Caja Libre
ft³	Pie cúbico
IPC	Índice de Precios al Consumidor
Kp	Costo del Patrimonio
KW	Kilovatio
KWh	Kilovatio-hora
m³	Metro Cúbico
OPEX	Operational Expenditures
PIB	Producto Interno Bruto
ROA	Return on Assets
ROE	Return on Equity
SMMLV	Salario Mínimo Mensual Legal Vigente
TIR	Tasa Interna de Retorno
TRM	Tasa Representativa del Mercado
UdeA	Universidad de Antioquia
USD	United States Dollars
VPN	Valor Presente Neto
WACC	Weighted Average Cost of Capital

Resumen

En este trabajo se propone la evaluación financiera de un modelo de venta de aire comprimido para la industria en lugar de la venta de equipos de aire comprimido y tratamiento. Se propone un modelo en el que el proveedor del servicio es propietaria de los compresores y demás equipos necesarios y, además, presta servicio técnico a la estación. Se ofrece como propuesta de valor al cliente la mejora en la eficiencia energética de la estación y la reducción de costos de operación asociados a la producción de aire comprimido.

Palabras clave: Aire comprimido, tratamiento del aire comprimido, eficiencia energética en estaciones de aire, costos de operación del aire comprimido.

Abstract

This work proposes the financial evaluation of a compressed air sales model for the industry instead of the sale of compressed air and treatment equipment. A model is proposed in which the service provider is the owner of the compressors and other necessary equipment, and also provides technical service to the station. The improvement in the energy efficiency of the station and the reduction of operating costs associated with the production of compressed air are offered as a value proposition to the client.

Keywords: Compressed air, compressed air treatment, energy efficiency in compressed air stations, operation costs of compressed air.

Introducción

El aire comprimido es de uso extendido en diversos tipos de industria: construcción, minería, manufactura, farmacéutica, bebidas y alimentos, entre otras. Algunas de sus aplicaciones más frecuentes están relacionadas con: herramientas neumáticas, inflado de llantas, llenado y sellado en la industria alimenticia, fermentación, sandblasting, maquinado, recubrimiento de tabletas en la industria farmacéutica, aireación para procesos de oxidación, moldeo por inyección, instrumentación neumática, remoción de polvo, perforación en minería, oxigenación de tanques, por mencionar solamente algunas.

En muchas empresas el servicio de aire comprimido llega a ser tan importante como el servicio de energía eléctrica, el acueducto o el gas; puesto que sus herramientas o su maquinaria necesitan del suministro de aire comprimido para operar y, si ese suministro no es estable se pueden presentar fallos en los procesos productivos, paros de planta o defectos en los productos terminados. Sin embargo, en una gran cantidad de empresas no se hace una administración eficiente de este recurso. Es frecuente encontrar plantas con caídas de presión permanentes -presiones por debajo de las presiones críticas de operación de las máquinas-, fallas en el suministro por deficiencias en los compresores, fugas en las redes neumáticas o estaciones mal diseñadas y, por lo tanto, muy ineficientes en su consumo de energía.

Muchos usuarios piensan solamente en la variable presión, que es la variable crítica para la operación de sus máquinas, es decir, siempre y cuando tengan la presión necesaria en sus máquinas no se preguntan por la eficiencia energética de su estación de aire comprimido, ni por la cantidad de fugas que tienen en sus plantas o por la disponibilidad de aire comprimido ante la eventual falla de uno de sus compresores, ni por los costos asociados en la producción por la falla en el suministro de aire comprimido. Tampoco hay un conocimiento extendido entre las personas encargadas de administrar las estaciones de aire comprimido acerca de los conceptos básicos en la materia: eficiencia, presión, caudal, mantenimiento, buenos usos y aplicaciones, entre otros aspectos.

Es así que el conocimiento está en manos de personas expertas en la materia, pero no en los usuarios, y muchas veces no se aprovechan las oportunidades por la falta de una medición y

evaluación constante o, por lo menos, oportuna de las estaciones de aire comprimido; así, el uso de este recurso no se hace de manera eficiente en muchas plantas.

Es importante tener en cuenta que la mayor parte de la energía utilizada para la compresión del aire se convierte en calor, “es necesario invertir cerca de 8 hp de energía eléctrica para producir 1 hp de potencia de aire comprimido” (Compressed Air and Gas Institute, n.d.). Los costos asociados a un compresor durante diez años se dividen así (Compressed Air and Gas Institute, 2022):

- 75% asociado a consumo de energía eléctrica.
- 12% en la adquisición del compresor.
- 13% en mantenimiento.

De esta manera se puede concluir que la eficiencia energética de la estación y el uso eficiente del aire son vitales para reducir los costos operativos de una estación de aire comprimido. Un mal diseño de las estaciones de aire comprimido o un mal control de estas derivan en una baja eficiencia energética, aumentando ostensiblemente los costos de producción y restándole competitividad a las empresas.

En los escenarios de bajas eficiencias es posible pensar en el reemplazo de las estaciones de aire comprimido de cualquier cliente y lograr ahorros en la factura eléctrica que pueden en algunos casos llegar a pagar completamente el costo mensual de la venta de un servicio de aire comprimido. En ocasiones, las compañías por el desconocimiento en la materia sobre los costos asociados a la generación de aire comprimido solamente miran la variable de la inversión en los equipos y los costos de mantenimiento, pero como se mostró unos párrafos más atrás, la variable crítica a controlar es la energía consumida por la estación durante su operación, pues es la que más pesa en el proyecto. Debido a los costos en la inversión, algunas compañías optan por adquirir estaciones de aire comprimido insuficientes, ineficientes energéticamente o limitadas, porque solamente delegan presupuestos limitados para la adquisición de los equipos necesarios sin preguntarse por la eficiencia energética por desconocimiento, o porque no consideran el aire comprimido como una forma de energía importante para la operación.

Con el modelo de venta de aire se tratará de minimizar el impacto del costo de inversión de las compañías en la adquisición de equipos para la generación y tratamiento de aire comprimido para sus procesos, buscando que solamente paguen una factura por un servicio de manera continua y facturado periódicamente de acuerdo con volumen de aire comprimido consumido, tal como se cobra por el gas, el agua potable o la energía eléctrica.

Formulación del problema

Como se mencionó en la introducción, el problema que se encuentra con frecuencia en las estaciones de aire comprimido es la ineficiencia energética en la generación y el uso del recurso aire comprimido, restando competitividad a las empresas colombianas debido a los costos asociados al consumo de energía eléctrica excesiva en sus procesos productivos o reprocesos y daños en los productos producidos por fallas en el suministro del aire o en la calidad del mismo (más adelante en este trabajo se explicará a qué se hace referencia cuando se habla de la calidad del aire comprimido).

Mediante la venta de aire comprimido se pretende maximizar la eficiencia energética de las estaciones de aire, capacitar a las empresas en su uso y evitar que los clientes se ocupen de la administración y operación de las estaciones de aire y de la administración de esos activos generando una disminución en los costos en que incurren debido a la necesidad de usar aire comprimido en sus plantas.

Justificación

El conocimiento sobre la generación de aire comprimido y su uso eficiente está en manos de empresas expertas de comercialización de equipos de aire comprimido y tratamiento en Colombia. La preparación del personal de ingeniería y venta de este tipo de equipos resulta costosa y toma tiempos considerables para poder entender los conceptos propios de la materia y formar evaluadores críticos de las estaciones de aire comprimido que identifiquen fallas en las estaciones de los clientes y formulen proyectos pertinentes que resuelvan fallas en la producción de sus empresas clientes o daños en los propios equipos de la estación de aire.

No es frecuente encontrar personal calificado en las empresas que usan compresores que entienda los conceptos básicos de la operación de estaciones de aire comprimido de manera eficiente. Los departamentos de producción o mantenimiento solamente se concentran en mantener la presión de aire necesaria para la operación sin preguntarse cómo lo están haciendo ni a que costo. Por eso es necesario hacer un monitoreo continuo de las estaciones de aire comprimido por parte de personal experto que ayude a optimizar y reducir los costos asociados a la generación de aire en las empresas.

Adicionalmente, hay deficiencias en los servicios postventa de algunos representantes de marcas en Colombia, por esa razón los clientes se ven obligados a trabajar con compresores en estado crítico de mantenimiento arriesgando los activos a fallas graves y deterioro acelerado o a realizar el mantenimiento ellos mismos debido a los incumplimientos de sus proveedores.

Resulta atractivo para las empresas olvidarse del mantenimiento y administración de estos activos y concentrarse únicamente en lo que son expertos en hacer, es decir, si la empresa es experta en manufacturar bebidas y alimentos no deberían preocuparse mucho sobre cómo generar energía eléctrica, gas, agua potable o aire comprimido, simplemente podrían concentrarse en el objeto de su negocio y administrar contratos de suministro de los recursos necesarios para su operación sin la necesidad de contratar o entrenar personal experto en cada una de las materias que no tienen que ver directamente con su objeto social.

Objetivos generales

- Realizar el estudio de prefactibilidad que determine la viabilidad financiera del modelo de negocio de suministro de soluciones de aire comprimido, mediante la evaluación de diferentes alternativas que resulten en la maximización de la eficiencia energética y reducción de costos para los clientes.
- Presentar un proceso de diseño sólido que permita sustentar técnica y financieramente las propuestas de suministro de soluciones de aire comprimido en lugar de la compra directa de equipos por parte de los clientes.

Objetivos específicos

- Diseñar el proceso para el diagnóstico y la medición de la eficiencia energética de las estaciones de aire instaladas en diversas empresas donde se usa aire comprimido en los procesos productivos.
- Diseñar una serie de alternativas de solución que satisfagan los requerimientos del cliente y que traten de maximizar la eficiencia energética, reducir los costos de operación y garantizar los parámetros de calidad de aire necesaria en términos de disponibilidad, presión, humedad, contenido de aceite y partículas.
- Construir los flujos de caja de las alternativas de los clientes que permitan evaluar las alternativas de solución disponibles para el cliente: compra de equipos propios, compra del servicio de suministro, operación y mantenimiento de aire o permanecer con la estación tal como opera en el momento.
- Realizar la evaluación financiera de la solución propuesta al cliente.
- Identificar, evaluar y cuantificar los riesgos asociados al modelo de suministro de soluciones de aire comprimido.
- Desarrollar las competencias de los integrantes del equipo en la formulación y evaluación financiera de proyectos en la práctica.
- Desarrollar habilidades comunicacionales en la presentación de proyectos ante interesados.

Estado del arte

Construcción de un modelo outsourcing de aire comprimido para el caso colombiano

Este proyecto de grado estudia la viabilidad técnica y financiera para el modelo de externalidad del suministro de aire comprimido para las empresas colombianas, se realiza un análisis del modelo desde el punto de vista de la empresa prestadora del servicio, así como la empresa que requiere el servicio de aire comprimido.

El modelo de outsourcing de aire comprimido permite que las fábricas confíen en terceros el desarrollo del suministro de aire, con lo cual estas compañías pueden dedicarse a su razón de ser que es la producción en la cual son expertos; dejando de lado las inversiones en operación de estaciones de aire comprimido, así como el desgaste administrativo que incurren en controlar y mantener la operación de dichas estaciones (Acevedo Rocha, 2004).

Factores de compra del usuario del mercado de aire comprimido de Kaeser compresores de Colombia

Este trabajo de grado realiza la identificación de los factores de compra de los posibles clientes de Kaeser compresores, este estudio de mercado permite a la compañía la implementación de estrategias para el incremento de ventas y participación en el mercado.

El trabajo de grado en conclusión permite realizar el diagnóstico de los principales factores de compra, así como la importancia en el servicio postventa lo cual permite que el usuario de compresores logre realizar su producción de manera eficiente y reduzca los consumos de energía eléctrica (Sánchez Garavito, 2014).

Estudio de factibilidad de renovación de la planta de aire comprimido para el incremento de la productividad de una empresa textil

Este trabajo de grado se centra en un estudio de factibilidad para la renovación de la planta de aire comprimido en una empresa textil, en la primera etapa de este proyecto de grado se realiza el análisis de la condición actual de la planta de aire, desde la perspectiva operativa, técnica y

económica para de esta forma lograr obtener los costos generados para la producción de aire comprimido.

Se realiza un estudio sobre los costos del aire comprimido incluyendo evaluaciones económicas para diferentes tipos de plantas a considerar como opción de ampliación (Cofré Barrientos, 2018).

Diseño metodológico preliminar

Para la formulación de este tipo de proyectos se debe partir de la identificación de oportunidades en visitas comerciales a los clientes en las que se pretende identificar deficiencias en la prestación del servicio de aire comprimido, dificultades en cuanto al mantenimiento, identificación de equipos actuales en las estaciones y disposición de los clientes a evaluar distintas alternativas de inversión para reducir sus costos de operación y administración de las estaciones de aire.

A continuación, se solicita una auditoría energética de la estación actual de aire comprimido al departamento de ingeniería de la empresa comercializadora de los equipos para generación y tratamiento del aire -de ahora en adelante llamada el proveedor-. Con base en la auditoría energética se simulan distintas configuraciones de equipos que maximicen la eficiencia energética del cliente, garanticen la operatividad en caso de falla de algún equipo y cumplan con la calidad adecuada para el proceso. Después, se debe calcular el costo de instalación de las alternativas diseñadas, así como el costo de los equipos y los costos de mantenimiento asociados a la operación de los compresores en la planta de los clientes. Con los flujos de fondos de las distintas alternativas construidas por el proveedor se calcula el costo mensual fijo y/o variable del suministro de aire comprimido para la estación, las condiciones en las que se prestará el servicio y las garantías dadas al cliente en cuanto a eficiencia y disponibilidad del recurso técnico y de equipos en todo momento. Se construyen y se presentan los flujos de caja y se mira si el proyecto resulta viable frente a la alternativa que tiene el cliente de seguir como está o comprar, operar, mantener y administrar sus propios equipos. A continuación, se resumen los pasos necesarios de este proceso:

Identificación de la oportunidad

A través de visitas comerciales y seguimiento constante a las necesidades de los clientes se identifican deficiencias e inconformidades respecto a su proveedor de sistemas de aire comprimido. Una de las claves es identificar, además de los problemas técnicos de la estación, la inconformidad con los proveedores de compresores ya que de esa identificación se puede encontrar elementos que pueden darle valor agregado al servicio de venta de aire comprimido.

También se debe hacer un levantamiento de la información relevante de la estación, a saber: capacidad instalada, características de los compresores, equipos de tratamiento, distribución espacial de la estación, lugar de ubicación dentro de la planta, año de fabricación de los equipos, entre otra información relevante.

Estudio de ingeniería

Se instalan equipos de medición en la estación de aire durante mínimo dos semanas: vatímetros, flujómetros, loggers, sensores de presión, etc. Con la información recopilada en los equipos de medición se procede a construir el perfil de consumo de aire del cliente: caudal y presión, horas de trabajo, etc. Con el perfil de consumo construido se calcula la eficiencia energética actual de la estación y, a partir de simulaciones, se diseña una nueva estación de aire que resuelva las deficiencias actuales y genere ahorros de dinero que permitan la viabilidad financiera del proyecto. De este estudio resulta el CAPEX y el OPEX de la estación de aire propuesta, esta información debe ser comparada con los CAPEX y OPEX de las demás alternativas del cliente.

Cálculo de costos

Del proceso de ingeniería deben resultar varias configuraciones de equipos posibles que satisfagan las necesidades de los clientes. A varias de esas configuraciones se les debe calcular los costos de la inversión inicial en los equipos y los costos de operación y mantenimiento. Es muy importante limitar la cantidad de propuestas a analizar con base en la información recopilada en el proceso de identificación de la oportunidad: espacio disponible, condiciones ambientales, potencia eléctrica instalada, redes neumáticas actuales, etc. Generalmente, de este proceso resultan dos opciones para analizar, raramente resultan otras más; es muy importante acotar el proyecto de tal manera que al cliente no se le presenten más de dos opciones porque eso podría complicar la venta más de lo necesario.

Estudio financiero

Es necesario construir tres flujos de caja. El primero es el del cliente, en este flujo se deben identificar los costos actuales de mantenimiento de los equipos instalados, los costos energéticos, el lucro cesante por la no disponibilidad de aire y el valor en libros de los equipos actuales. El segundo flujo es el del prestador del servicio de venta de aire; en este se deben especificar los costos de compra de equipos, instalación y mantenimiento e ingresos esperados por la operación de la estación. El tercer flujo es la opción del cliente de adquirir equipos nuevos, mantenerlos y operarlos. Teniendo como base los flujos mencionados anteriormente se debe realizar la evaluación financiera del proyecto teniendo en cuenta distintos métodos de financiación.

Toma de decisión

Establecer un criterio financiero que permita tomar la mejor decisión respecto a la viabilidad del proyecto. No todos los proyectos son viables, la mayoría no avanza por temas legales, costumbres de pago de los clientes y disposición de cambiar de modelo.

En el caso de que se firme un contrato de venta de aire será necesario presentar toda la información sobre cómo se operará, administrará y garantizará el suministro de aire a los clientes. Definir personal a cargo del mantenimiento por parte del proveedor. Herramientas necesarias, presencia y periodicidad de los servicios prestados, responsabilidad y lucro cesante, entre otros aspectos.

Posteriormente se describirán en más detalle cada uno de los pasos enumerados anteriormente, los recursos necesarios para su concreción y también se describirá más ampliamente lo relativo a la operación de las estaciones.

En el caso de que se firme un contrato de venta de aire será necesario presentar toda la información sobre cómo se operará, administrará y garantizará el suministro de aire a los clientes. Definir personal a cargo del mantenimiento por parte del proveedor. Herramientas necesarias, presencia y periodicidad de los servicios prestados, responsabilidad, parámetros de Calidad del aire, y lucro cesante, entre otros aspectos.

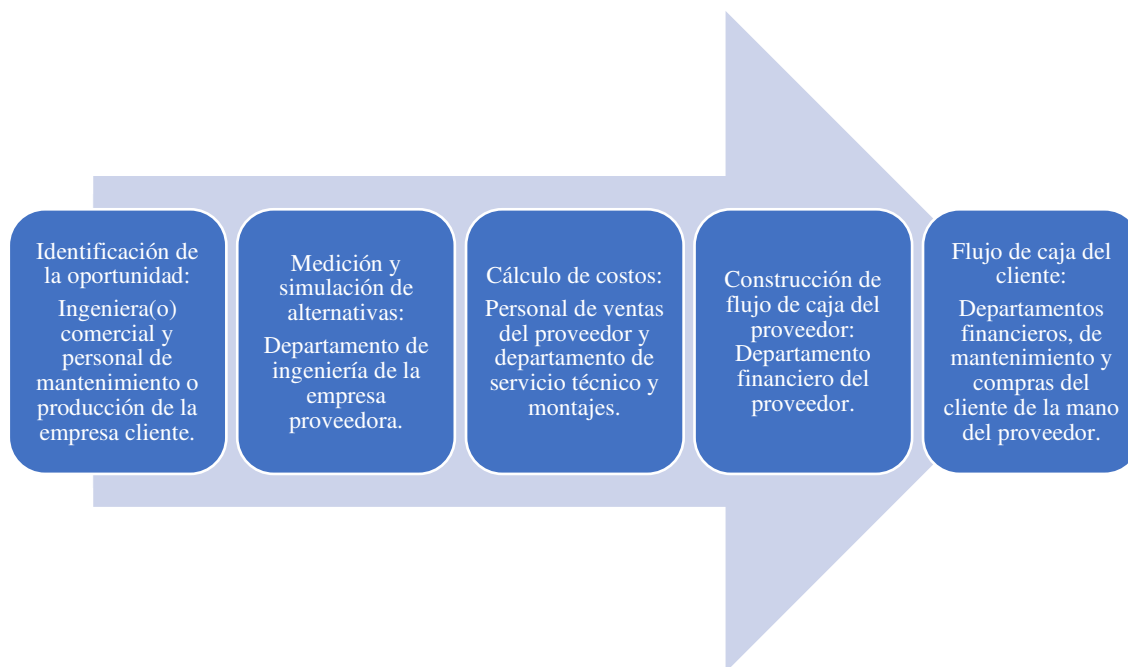
Posteriormente se describirán en más detalle cada uno de los pasos enumerados anteriormente, los recursos necesarios para su concreción y también se describirá más ampliamente lo relativo a la operación de las estaciones.

En el caso concreto de esta monografía se ha seleccionado un proyecto de un banco de proyectos disponible con mediciones reales y se procederá a realizar todos los diseños pertinentes y los flujos de caja asociados.

Participantes

Los encargados de la ejecución de este estudio de prefactibilidad son los ingenieros Julián Felipe Contreras, ingeniero electromecánico y Alejandro Mesa Palacio, ingeniero de control. Serán las dos personas encargadas de ejecutar todos los estudios necesarios para este proyecto con el objetivo de alcanzar el título de especialistas en evaluación financiera de proyectos. Para eso deberán ejecutar un proceso y en cada etapa intervendrán distintas personas. A continuación, se describen las personas participantes en función de la etapa de la formulación del proyecto:

Figura 1 Metodología para la evaluación financiera del proyecto



Más adelante se describirán los recursos y el personal involucrado en la operación del proyecto, se hace necesario puesto que es requisito para construir el flujo de caja del proveedor, y también el

del cliente en el caso de que se quiera evaluar la alternativa de la adquisición de equipos en lugar de la compra del servicio del suministro de aire.

Características del servicio a vender

El producto que se ofrecerá es el de venta de aire comprimido a la presión, calidad y cantidad que requiera el cliente, garantizando el suministro constante hacia sus procesos productivos durante todo el tiempo de operación. Es necesario aclarar que al cliente no se le venderá ninguno de los equipos de la estación de aire, ni se le hará cargo de su mantenimiento, ni tendrá que hacer inversión alguna en CAPEX. Los oferentes del servicio de venta de aire comprimido estarán encargados de las siguientes funciones:

- Adquisición e instalación de compresores de aire, filtros, secadores y redes neumáticas de los tamaños y cantidades necesarias para garantizar el suministro de aire que requieren sus clientes.
- Operación de la estación de aire comprimido y su monitoreo remoto.
- Cumplimiento contractual de la eficiencia energética de la estación de aire y pago de excesos de energía en caso de que la eficiencia no se cumpla.
- Atención de emergencias técnicas dentro de márgenes de tiempo acordados con cada cliente.
- Medición en tiempo real e histórica del consumo de aire, energía y presión de la estación.
- Garantía y reemplazo de cualquier pieza que pueda fallar en la estación de aire comprimido siempre y cuando no sea causado directamente por el cliente o por negligencia del mismo.
- **Ampliaciones de la capacidad instalada o reducciones de la misma de ser necesario en cualquier momento.**
- Trazabilidad y asegurabilidad de la calidad del aire requerida por los procesos del cliente.
- Desmonte de la estación al final del contrato.
- Capacitación al personal en temas de eficiencia energética, buenos usos del aire y operación de la estación de aire comprimido.
- Medición de fugas anualmente y estimación de sus costos para hacer un uso eficiente del aire comprimido y disminuir las tarifas de energía eléctrica.
- Facturación mensual del servicio de aire comprimido.

La medición del consumo de aire comprimido se realizará según el ingreso de aire al sistema, que puede ser determinado a partir de los estados operativos de los compresores de la estación. Todos los compresores estarán conectados a un computador industrial que almacenará los datos de los estados y los transformará en volúmenes de aire equivalentes que servirán para hacer el cobro del servicio de manera periódica. La potencia eléctrica y, por lo tanto, el cálculo de la eficiencia energética de la estación serán estimaciones precisas del consumo de los compresores según su estado y las presiones de operación del sistema. Esto quiere decir que no se instalarán flujómetros ni vatímetros para calcular potencias eléctricas y consumos de energía, lo que ahorra costos a los clientes. Adicionalmente, el computador industrial estimará el consumo del aire en caudal y controlará en tiempo real la estación de aire garantizando la mejor combinación de compresores en términos de eficiencia para cumplir con la eficiencia prometida.

Las cantidades de aire a vender se determinan en el proceso de medición, es decir, dependen del proceso del cliente. Es necesario estimar bajo un estudio técnico si el cliente tiene potencial de reducción de su consumo o, si por el contrario, tiene planes de crecimiento en su producción. Cabe recordar que una de las promesas del servicio es ayudar a los clientes a que reduzcan efectivamente su consumo de aire y esto tiene que ser muy bien analizado para un contrato que puede durar cinco o diez años.

Las posibilidades de cobro son varias: i) un cobro fijo, sin importar el consumo de aire o ii) un cobro variable y una parte fija, donde una parte de la factura se cobra de acuerdo al consumo y otra parte siempre es un cargo fijo. Del análisis de riesgo se debe determinar cuál de las dos es la mejor forma de cobro para cada cliente en específico.

Recursos disponibles

Tabla 1 *Recursos disponibles*

Recurso	Comentario
Notas de clase de la especialización en evaluación financiera de proyectos.	Recurso digital y en papel.
Libros especializados en evaluación financiera de proyectos.	Recurso digital y en papel.
Equipos de medición y loggers para el registro de datos de estaciones de aire comprimido.	Equipos de medición como sensores de presión y caudal.
Banco de proyectos analizados previamente.	Recurso digital.
Software especializado en simulación de estaciones de aire comprimido.	Recurso digital.
Listas de precios actualizadas para los equipos de aire comprimido.	Recurso digital y en papel.
Herramientas ofimáticas como Excel y Word.	Recurso digital.

Marco referencial

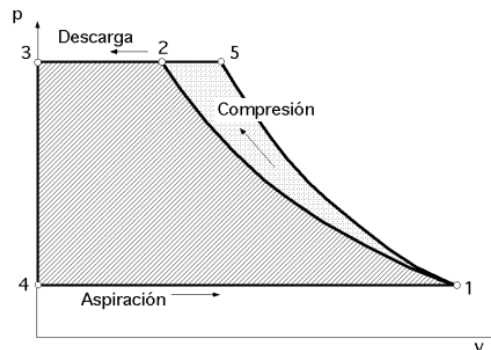
Compresores

Los compresores son máquinas que aportan energía a los fluidos compresibles, como los gases y vapores disminuyendo su volumen y al mismo tiempo aumentado su presión, posteriormente se hacen fluir estos gases para realizar un trabajo mecánico el cual puede consistir en mover una herramienta o realizar un proceso de secado rápido en un proceso industrial (Fernández Díez, n.d.) Para realizar el trabajo de compresión, es necesario tener una entrada de energía mecánica que usualmente proviene de un motor eléctrico, esto último hace que el proceso de aumentar presión disminuyendo volumen sea eficiente en costos en términos monetarios y en consumos energéticos, debido a que la energía debe ser convertida de eléctrica a mecánica (motor eléctrico) y posteriormente en trabajo de compresión cilíndrica.

Factores que influyen en el rendimiento volumétrico

El ciclo teórico de un compresor que opera en forma ideal se describe en la siguiente figura, donde un pistón monofásico está ajustado de forma precisa en el cilindro evitando así pérdidas de energía por fricción.

Figura 2 *Ciclo de trabajo del compresor*



Durante el estado 1-2 del ciclo termodinámico del compresor ocurre la compresión, la cual proviene del trabajo de desplazamiento del pistón realizado sobre el gas de trabajo durante esta etapa el gas que generalmente es aire se comprime y eleva su presión de forma considerable por lo cual se genera calor y se pierde energía en el proceso, posteriormente se realiza el proceso de 2 a 3 el cual comprende la descarga del gas a las tuberías que finalmente llevan el fluido a los lugares o maquinarias donde es requerido.

Durante el proceso de 3 a 4 no ocurre trabajo en el pistón debido a que el volumen dentro del cilindro permanece constante. Por último, en el proceso de 4 a 1 el pistón realiza un trabajo de expansión volumétrica a presión constante donde aspira el aire necesario para empezar de nuevo el ciclo de compresión de gas.

Potencia teórica de un compresor

En un compresor recíprocante ideal el volumen V que se obtiene del proceso de aspiración es comprimido y por último descargado lo cual genera una potencia teórica que se calcula con la siguiente ecuación:

$$N_t = V_D \frac{m^3}{h} \rho \frac{kg}{m^3} \Delta i \frac{Kcal}{Kg} = V_D \rho (i_2 - i_1) \frac{Kcal}{hora}$$

La potencia real de un compresor se calcula con la siguiente ecuación:

$$N_r = V_a \frac{m^3}{hora} \rho \frac{kg}{m^3} \Delta i \frac{Kcal}{kg}$$

La potencia real de un compresor siempre será menor que la ideal debido a que el volumen del aire aspirado hacia el pistón es menor que el desplazado por dicho pistón, esto se debe en parte a la densidad del vapor que llena el cilindro al final de la carrera es menor que la del aire succionado en la línea de admisión. Existen también fugas en válvulas y dispositivos que impiden que la potencia real sea muy cercana a la ideal.

Eficiencia energética y su relación con los compresores

Se entiende por eficiencia energética la razón entre la energía deseada sobre la energía requerida, esto nos indica que tanto porcentaje de la energía que suministran para un proceso se logra transformar en otro tipo de energía o en trabajo efectivo, la energía de forma natural es fácilmente desperdiciada, los sistemas de aire comprimido suelen desperdiciar el 90% de la energía eléctrica que consume el motor del compresor lo cual nos indica que solo el 10% de esta energía se convierte en trabajo útil de compresión.

Existen diversas formas de desperdiciar energía en un sistema de aire comprimido entre las cuales se encuentran las fugas de aire en la red de tuberías, estas fugas producen un gran coste energético y monetario lo cual hace necesario tener un sistema de detección de caídas de presión en el trayecto de la distribución de aire comprimido.

Adicional a las pérdidas por fugas si el compresor está mal calculado y en régimen de operación su capacidad entregada de trabajo está por debajo del 50%, esto afectará a largo plazo la eficiencia energética del compresor.

Por último, se puede recuperar y utilizar el calor perdido durante el proceso de compresión del aire, instalando recuperadores de calor los cuales pueden hacer mucho más eficiente el proceso industrial.

Eficiencia energética en compresores de aire

En forma general la eficiencia energética se define como la energía deseada para el proceso industrial, dividido entre la energía requerida para la obtención de esta última. En los sistemas de aire comprimido se puede analizar la eficiencia como la cantidad de energía en forma de trabajo que produce el compresor, sobre la energía eléctrica que consume el motor de la estación para producir dicho trabajo.

Todas las actividades que se realicen para mejorar la eficiencia energética de un sistema repercuten directamente sobre el ahorro económico, a continuación, se describen las principales fuentes de desperdicio de energía en un sistema de compresión de aire.

Fugas en el sistema de aire

Tener un sistema de aire comprimido con múltiples fugas genera una gran pérdida de eficiencia por mayor consumo de energía, debido a que los compresores deben comprimir más aire para continuar con la demanda de presión y caudal requeridos, así mismo los secadores aumentan su operación requiriendo más energía para secar un mayor volumen de aire.

La instalación deficiente de tuberías y su mala alineación producen fugas persistentes en el sistema, de igual forma el uso de sellantes inadecuados y la oxidación de las tuberías producen salidas de aire.

La cantidad de aire que se pierde en una fuga está directamente relacionado con el tamaño del orificio de la misma y la operación del sistema, por lo cual el costo asociado a una fuga de aire es muy alto, en la siguiente tabla se muestra la comparación de las pérdidas en función del tamaño del orificio y la presión del sistema (Narváez , 2018).

Figura 3 Costo por pérdidas de aire

	Diámetro del orificio			
Pulgadas	1/64"	1/16"	1/8"	1/2"
Milímetros	0,40	1,59	3,18	12,70

Presión PSI	Descarga CFM			
80	0,3	5,3	21,3	341,6
100	0,4	6,5	26,0	413,3
120	0,5	7,6	30,4	485,9

Presión PSI	Consumo de energía eléctrica KW			
80	0,07	1,07	4,26	68,32
100	0,08	1,29	5,19	82,67
120	0,10	1,52	6,08	97,19

Presión PSI	Costo al año (8760 Hr. \$500 / KWHr)			
80	\$ 295.738	\$ 4.676.351	\$ 18.668.436	\$ 299.249.484
100	\$ 351.188	\$ 5.655.982	\$ 22.734.828	\$ 362.093.724
120	\$ 425.123	\$ 6.654.096	\$ 26.616.384	\$ 425.677.308

Como se puede apreciar en la tabla anterior a mayor diámetro del hueco y mayor presión se generan más pérdidas energéticas y así mismos costos derivados de las mismas.

La forma más eficaz de detección de fugas es el uso de un detector ultrasónico que reconoce los silbidos emitidos por las fugas y los convierte en audibles para poder evidenciar su ubicación. Por otra parte, corregir una fuga puede resultar tan sencillo como el ajuste de una junta o válvula, pero también complejo como retirar un tramo de tubería desgastado y su posterior reemplazo.

Demanda innecesaria en sistema de aire comprimido

Aumentar el valor de la presión requerida en el controlador del compresor es una práctica muy común realizada por las industrias que utilizan aire comprimido, este ajuste de mayor presión No siempre se debe a que el nivel de producción aumentó si no ha que el sistema de conducción de aire está mal diseñado o tiene defectos que provocan caídas de presión por fugas considerables.

Algunos de los problemas de las redes de distribución de aire se mencionan a continuación.

- Tuberías mal diseñadas
- Tuberías oxidadas lo que produce mayor fricción y caídas de presión
- Válvulas mal calculadas

- Mantenimiento deficiente

Uso inadecuado de aire

Se entiende por un uso no adecuado, cuando se utiliza el aire comprimido como energía para aplicaciones que se pueden realizar con otro tipo de sistema que requiere menos consumo de energía. En general siempre se debería hacer la siguiente pregunta ¿el trabajo del aire comprimido está ligado a la producción de la industria?

Controladores no adecuados para el compresor

Cuando se inicia un motor eléctrico, el consumo de energía tiene un pico alto durante unos segundos lo cual se traduce en pérdidas de energía. Los motores usados en las estaciones de aire comprimido no permiten ser apagados y encendidos de forma muy continua, por tal motivo es necesario tener un controlador que regule el estado de encendido o apagado de los motores según sea la demanda de aire requerido.

Lo ideal es que los controladores sean tan inteligentes para que mantengan el compresor encendido el tiempo necesario y se apague justo cuando la demanda se ha frenado, así mismo cuando se tienen varios compresores suministrando a una única demanda el controlador debe estar en la capacidad de encender y apagar las unidades según la demanda lo requiera. Esto teniendo en cuenta que los motores siempre deben trabajar con un nivel mínimo de carga del 30% por debajo de este valor el motor empieza a tener fallas y muchas más pérdidas de energía en forma de calor.

Para mejorar la eficiencia energética de los sistemas de aire comprimido se debe necesariamente corregir y considerar las fuentes de pérdida de energía descritas anteriormente.

Estudio de mercado

Análisis macroeconómico

El Producto Interno Bruto (PIB) de la región tendrá crecimientos bajos en los próximos años, el Banco Mundial ha reducido las perspectivas de crecimiento en Colombia para el año 2023 hasta el 1.1%, 0.3% por debajo de las expectativas para la región y solamente hasta 2024 se prevé un crecimiento del 2.4%. “Estas tasas de crecimiento son demasiado bajas para lograr procesos significativos en la reducción de la pobreza” (Gutiérrez, 2023). Las bajas tasas de crecimiento impiden un aumento significativo en la demanda interna de bienes y servicios que no permitirían

un crecimiento industrial y productivo, limitando así la capacidad de generar nuevos negocios. Así, será necesario enfocar la estrategia de venta de servicio de aire comprimido en empresas consolidadas con el objetivo de mejorar su eficiencia productiva y buscar crecimientos sostenibles tanto para los clientes como para KAESER Compresores, se espera que haya dificultades o pocas oportunidades para la implementación de este modelo de negocio en empresas o proyectos nuevos por el bajo crecimiento económico proyectado.

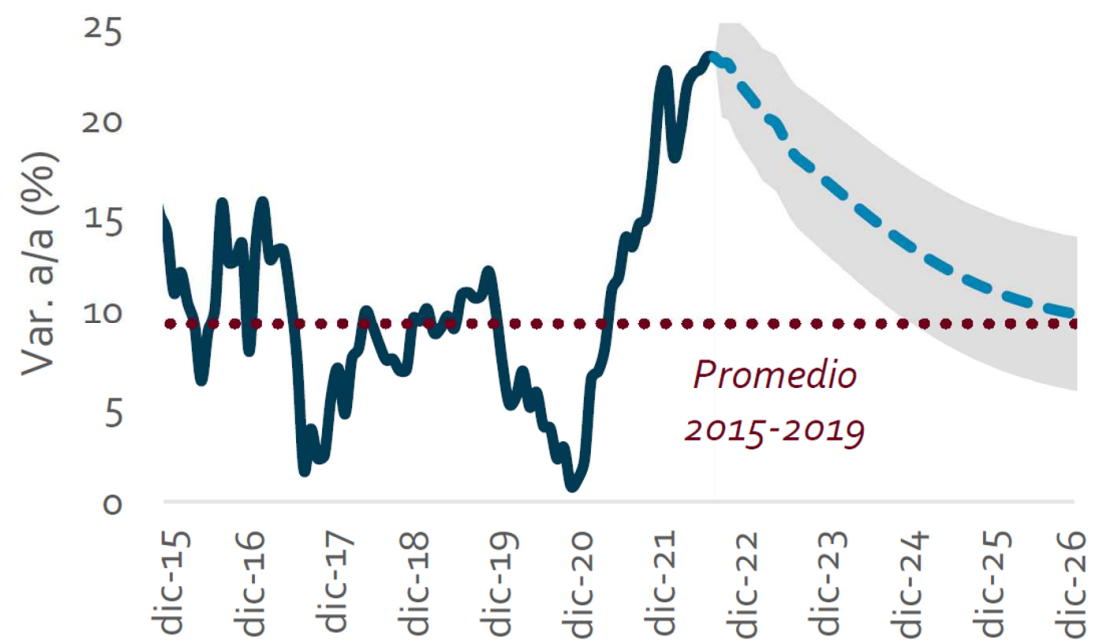
Respecto a la Tasa Representativa del Mercado (TRM) se espera que se ubique en \$4.335 COP/USD para el año 2024 y que no tenga variaciones atípicas en promedio por lo menos hasta el 2027 (Grupo Bancolombia, 2023). Esta variable tiene un impacto significativo en el proyecto porque las importaciones de repuestos para los mantenimientos se pagan en dólares, así que cualquier variación fuerte que eleve hacia arriba la TRM tendrá impactos negativos en la rentabilidad del proyecto.

El Índice de Precios al Consumidor (IPC) ha sido alto en los años 2022, 2023 y aún en 2024, se espera que regrese a niveles cercanos al 4% a partir del 2025 (Grupo Bancolombia, 2023). El servicio de aire comprimido irá aumentando su costo a razón del IPC, sin embargo, esta variable debe ser estudiada en detenimiento en el análisis de sensibilidad del proyecto puesto que puede que se espera que el aumento en el IPC no compense los costos en aumento del dólar y, como se dijo anteriormente, los costos aumenten más que los ingresos en los años sucesivos.

Las Depósitos a Término Fijo (DTF) permanecerán por encima del 10% hasta 2024, en el año 2025 llegarán a niveles del 7% y se espera que posteriormente rondan el 6% (Grupo Bancolombia, 2023). Se están calculando niveles de inversión cercanos a los 4200 millones de pesos y esta variable afecta significativamente los intereses y el flujo de caja del proyecto, por lo menos hasta el 2025 restará viabilidad a las iniciativas de venta de aire comprimido, pero al mismo tiempo, los clientes se enfrentarán al mismo problema para adquirir compresores de aire nuevos a partir de financiación, sin duda alguna estas tasas elevarán el costo unitario del aire y tendrá un efecto negativo cuando se compare el valor ofertado por KAESER con los costos actuales de las empresas para la generación de aire comprimido.

Los precios de la energía eléctrica del mercado no regulado subirán en los próximos años a tasas no menores al 10% (Corficolombiana, 2022). Esto impacta negativamente los costos de producción de los clientes, pero impacta positivamente la viabilidad de los proyectos de venta de aire comprimido. Los aumentos en los precios de energía se prevén por encima del IPC y será necesario que las empresas colombianas inviertan en proyectos de eficiencia energética para tratar de mejorar su competitividad en los mercados nacionales e internacionales.

Figura 4 *Proyección de precios de la energía del mercado no regulado*



Nota: Fuente (Corficolombiana, 2022)

En la imagen siguiente se resumen los indicadores macroeconómicos de interés para este proyecto:

Figura 5 *Escenario macroeconómico*

Año	2018	2019	2020	2021	2022	2023py	2024py	2025py	2026py	2027py
Crecimiento del PIB (var. % anual)	2.6%	3.2%	-7.3%	11.0%	7.3%	1.2%	0.9%	2.6%	2.8%	2.8%
Balance del Gobierno Nacional (% PIB)	-3.1%	-2.5%	-7.8%	-7.0%	-5.3%	-4.4%	-4.8%	-4.3%	-4.2%	-4.1%
Balance en cuenta corriente (% PIB)	-4.2%	-4.6%	-3.4%	-5.6%	-6.2%	-3.6%	-3.3%	-3.2%	-3.4%	-3.4%
Tasa de desempleo urbano (% PEA, promedio año)	11.1%	11.5%	19.1%	15.2%	11.4%	11.5%	12.4%	12.1%	11.7%	11.3%
Inflación al consumidor (var. % anual, fin de año)	3.2%	3.8%	1.6%	5.6%	13.1%	9.0%	5.3%	4.1%	3.9%	3.6%
Inflación al consumidor (var. % anual, promedio de año)	3.2%	3.5%	2.5%	3.5%	10.2%	11.7%	7.3%	4.1%	3.9%	3.7%
Tasa de referencia BanRep (% anual, fin de año)	4.25%	4.25%	1.75%	3.00%	12.00%	12.50%	8.50%	6.50%	6.00%	6.00%
DTF 90 Días (% anual, fin de año)	4.71%	4.50%	3.38%	2.07%	8.50%	13.12%	10.44%	7.02%	6.22%	6.13%
IBR Overnight (% E.A, fin de año)	4.24%	4.26%	1.74%	2.99%	11.95%	12.49%	8.50%	6.50%	6.00%	6.01%
Tasa de cambio USDCOP (promedio de año)	\$ 2,956	\$ 3,281	\$ 3,693	\$ 3,744	\$ 4,256	\$ 4,461	\$ 4,335	\$ 4,388	\$ 4,563	\$ 4,670
Tasa de cambio USDCOP (promedio 4T)	\$ 3,164	\$ 3,411	\$ 3,661	\$ 3,880	\$ 4,808	\$ 4,350	\$ 4,310	\$ 4,460	\$ 4,600	\$ 4,720
Devaluación nominal (% promedio año)	0.2%	11.0%	12.6%	1.4%	13.7%	4.8%	-2.8%	1.2%	4.0%	2.4%
Precio promedio del petróleo (Ref. Brent, USD por barril)	\$ 71.1	\$ 64.4	\$ 41.8	\$ 70.7	\$ 100.8	\$ 77	\$ 70	\$ 68	\$ 70	\$ 71

Fuente: Históricos de DANE, Ministerio de Hacienda, Banco de la República y Reserva Federal, pronósticos de Grupo Bancolombia.

Análisis del sector

Las aplicaciones del aire comprimido son numerosas, por lo tanto, es bastante frecuente encontrar compresores de aire en muchos sectores productivos de la economía. “Comúnmente el aire comprimido es conocido como el cuarto utility, es la forma de energía elegida para una gran variedad de aplicaciones y procesos. El aire comprimido es vital para la productividad de las industrias alrededor del mundo” (Compressed Air and Gas Institute, n.d.). Entre las principales industrias consumidoras de aire comprimido podemos encontrar la manufactura de fármacos, generación de energía eléctrica, instrumentación neumática, sandblasting, maquinado, moldeo de plástico, minería, construcción, llenado y sellado en la industria alimenticia, herramienta neumática, plantas de tratamiento de aguas residuales o potables, etc. En Colombia los más grandes proveedores de compresores y sistemas de aire comprimido son: Kaeser compresores, Atlas Copco, Ingersoll Rand e IMOCOM; existen más marcas en el mercado, sin embargo, al tratarse de un

activo vital para la producción de muchas empresas, es muy importante tener respaldo postventa, por lo tanto, las empresas que tienen dependencia del aire comprimido para sus procesos productivos optan por comprar compresores con respaldo de la marca y, es así, que las cuatro empresas mencionadas anteriormente tienen un dominio predominante del mercado colombiano. Las demás marcas venden sus productos en empresas donde el proceso productivo depende en un grado bajo de la disponibilidad de aire comprimido como lo son los talleres pequeños, por ejemplo.

Amenaza de entrada de nuevos competidores

En los últimos cinco años no han entrado nuevos competidores en el mercado colombiano, por lo menos en cuanto a fabricantes de compresores se refiere. Las marcas predominantes son: Kaeser, Atlas Copco, Ingersoll Rand, Sullair, Quincy y Gardner Denver. Marcas como Ingersoll Rand trabajan en Colombia a partir de una estructura de distribuidores que representan la marca, al igual que Sullair, Gardner Denver y Quincy; varios de esos representantes se han quebrado y otros han sido absorbidos por otros representantes, pero básicamente no han abierto nuevos canales de atención y ventas, todo lo contrario, han usado una estrategia de ahorro de costos en bodegas y personal de servicio técnico. Atlas Copco y Kaeser Compresores son las dos únicas empresas que mantienen una representación directa de las marcas en Colombia y que realizan la venta de compresores directamente en la mayoría de los casos y en un menor porcentaje a través de distribuidores. Atlas Copco también ha usado una estrategia de ahorro de costos a partir de la disminución de su personal de ventas y servicio técnico y la reducción de sus bodegas, centrando sus operaciones en Bogotá; esa estrategia le ha significado demoras en la atención a sus clientes y múltiples fallas en la postventa que les restan prestigio ante sus clientes.

En conclusión, al tratarse de una forma de energía importante en medianas y grandes empresas, la confianza de los clientes está puesta ya en las marcas que llevan varios años en el mercado que, a excepción de Kaeser compresores, tienen serias deficiencias ya en el servicio prestado. Es complejo que los clientes opten por marcas distintas y, en el pasado, las que han tratado de entrar al mercado no han sido exitosas y han desaparecido rápidamente dejando a sus clientes sin respaldo posterior a la venta.

Rivalidad entre competidores existentes

La calidad de las marcas de los compresores es similar, la rivalidad se presenta en el campo del servicio postventa y en la asesoría de ventas. La estrategia por la que ha optado Kaeser Compresores es la de ofrecer un servicio diferenciado en la preventa y en la postventa. Kaeser se caracteriza por destinar recursos altos a la ingeniería y a la medición energética de las estaciones de aire comprimido y al servicio postventa a través de la disponibilidad de técnicos de servicio en cinco ciudades estratégicas de Colombia y bodegas con un stock de repuestos suficiente para atender de manera óptima los requerimientos de sus clientes. Esto hace que Kaeser compresores tenga un precio de venta mayor a sus competidores, pero la propuesta de valor agregado consiste en la precisión de su oferta para suplir las necesidades de los clientes de manera eficiente y en el respaldo postventa para mantener las operaciones de las empresas en todo momento.

Las demás empresas han empleado una estrategia de precios, es decir, han recortado sus recursos de ingeniería o básicamente no los tienen y han disminuido sus stocks de repuestos y sus centros de operaciones, finalmente eso los lleva a ofertar precios de venta más bajos al tiempo que disminuyen su precisión y eficiencia en las ofertas y descuidan la calidad de los procesos de postventa: servicio técnico, atención de emergencias y tiempos de entrega. Esta estrategia ha llevado a Atlas Copco a presentar pérdidas consecutivas en los últimos años, al igual que IMOCOM y a reducir sus márgenes operativos; las ventas reportadas por Ingersoll Rand son de doce mil millones y venían presentando pérdidas hasta el año 2021 según sus estados de resultados (Superintendencia de Sociedades, n.d.).

La única empresa que ha presentado ganancias sostenidas en los últimos años es Kaeser Compresores de Colombia, además de un incremento sostenido de las ventas y un dominio del mercado bastante amplio sobre sus competidores. En el año 2021 sus ventas alcanzaron los ciento veintisiete mil millones de pesos, mientras que Atlas Copco alcanzó cincuenta y cuatro mil millones en ventas con un margen operativo muy inferior al de Kaeser, lo que demuestra la estrategia de competencia por precios de ésta última empresa. Esta conclusión sale de un conocimiento propio del mercado y de los estados financieros publicados por ambas empresas en la Superintendencia de Sociedades.

Amenaza de productos sustitutos

Las empresas tienen necesidades instaladas de aire comprimido, no se visualiza un producto sustituto para los compresores de aire. Los costos de maquinaria con actuadores que no sean neumáticos son muy altos y sus mantenimientos y operación son complejos, por lo tanto, la oferta de ese tipo de máquinas es baja y los clientes no están dispuestos a hacer inversiones tan altas que pongan en riesgo su producción ante una falla. Hay cuatro razones que da el Instituto del Gas y el Aire Comprimido (CAGI, por sus siglas en inglés) para trabajar con aire comprimido: disponibilidad, versatilidad, costo beneficio y seguridad (Compressed Air and Gas Institute, n.d.).

Poder de negociación del proveedor

Las empresas de compresores cuentan con proveedores de motores, de controladores electrónicos, de materias primas para la fabricación de unidades compresoras y elementos de maniobra eléctrica. Ante las últimas problemáticas logísticas a nivel mundial se ha generado desabastecimiento de materias primas y demoras en la fabricación de productos como motores, variadores de velocidad, controladores electrónicos, etc. Adicionalmente, no terminan de ordenarse las operaciones logísticas en el mundo, especialmente el transporte marítimo, solamente se espera que hasta el final del año 2023 se resuelvan muchos de los problemas actuales. Se ha generado un alza en los precios de exportación del 17% (Asmar, 2022) que ha afectado a todos los fabricantes de compresores a nivel mundial. Los elementos mencionados anteriormente han generado un incremento en los costos de fabricación para todos los compresores y retardos en las entregas, por lo tanto, los proveedores tienen una influencia considerable en el negocio y un poder de negociación ante las casas matrices. El incremento generalizado en los precios a nivel mundial ha generado un traslado del aumento de los costos de fabricación a los clientes finales vía precio de venta.

Los aumentos en los precios frenan la implementación de nuevos proyectos e impactan negativamente en el tiempo de recuperación de las inversiones de los nuevos proyectos de aire comprimido propuestos disminuyendo las ventas o reduciendo los márgenes de utilidad operativa de los oferentes de compresores. Kaeser tiene hoy una ventaja, es la única empresa que puede disminuir su utilidad operativa, las demás vienen recuperándose o generando pérdidas que no dan cabida a un sostenimiento de los precios como venían antes de las crisis mencionadas.

Poder de negociación del cliente

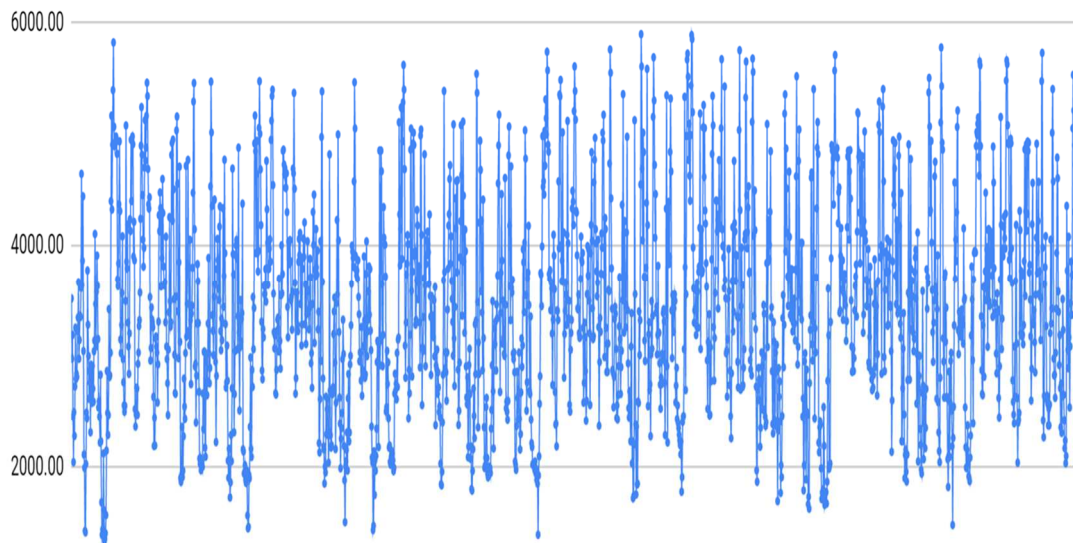
En vista de que hay varias marcas oferentes en el mercado de compresores y que la estrategia de los competidores es de precios bajos, el cliente puede llevar a Kaeser Compresores a hacer descuentos considerables en el precio de venta o a ofertar beneficios posteriores que le generan costos adicionales a la compañía. Sin embargo, el alto valor agregado de Kaeser a su servicio postventa le permite negociar dentro de márgenes que permiten el crecimiento sostenido de la empresa y además disminuye así el poder de negociación del cliente.

Estudio técnico

Determinación de la demanda

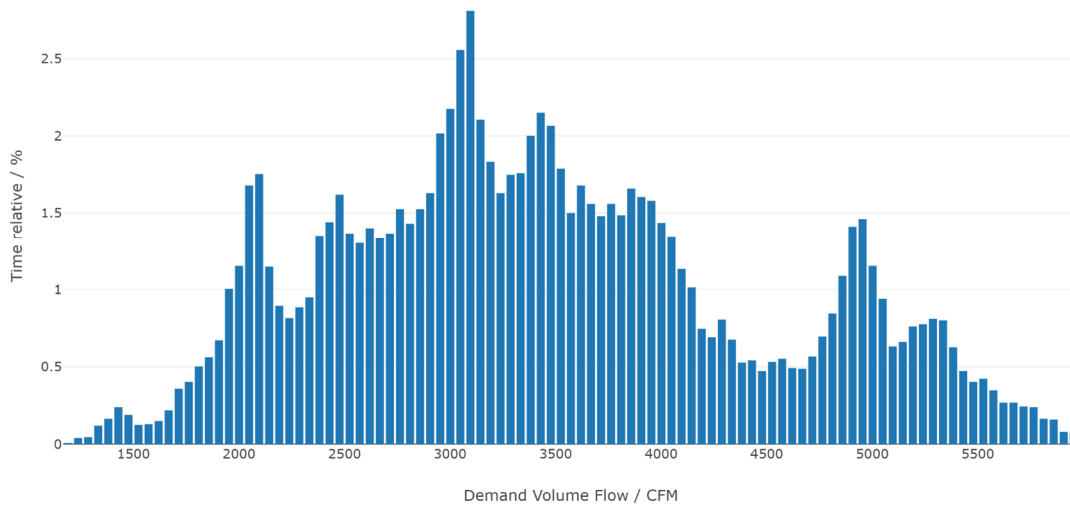
La naturaleza del proyecto propuesto implica que la demanda provenga del estudio técnico y no tanto del estudio de mercado, como se propone facturar de acuerdo a las unidades de volumen consumidas por el cliente en cada periodo, entonces es necesario determinar los consumos de aire actuales del cliente. Se midió durante dos semanas el consumo y se obtuvo un perfil de presión y caudal:

Figura 6 *Perfil de demanda de aire*



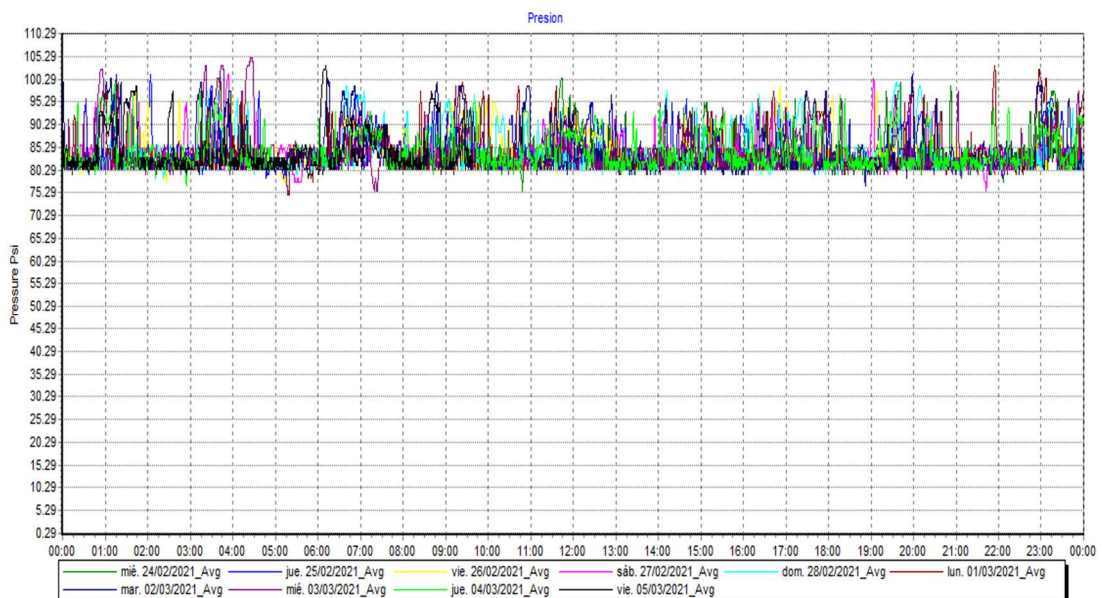
Se encontró que la planta demanda caudales hasta los 6151 cfm (ft^3/min) y que tiene un consumo promedio de 3402 cfm con la siguiente distribución de frecuencias:

Figura 7 Distribución de frecuencias de la demanda de aire



El perfil de presión encontrado fue el siguiente:

Figura 8 Perfil de presión



La presión crítica de operación del cliente es 80 psi, por lo tanto, las máquinas seleccionadas deben ser capaces de suministrar esa presión de manera estable.

De esta manera se determinó que el volumen consumido por la planta en un año es 1803 millones de ft³, lo que equivale a 51 millones de metros cúbicos por año, por lo tanto, se espera que se le pueda facturar al cliente ese consumo cada año.

Eficiencia de la estación actual

Para medir la eficiencia actual se determinó el consumo eléctrico de la estación por medio de mediciones directas de potencia y se encontró que el consumo eléctrico en un año de operación ascenderá a 5.9 millones de KWh. Para calcular la eficiencia energética de la estación (P_{spec}) se procede a dividir el consumo de energía por el aire producido efectivamente y se encuentra que:

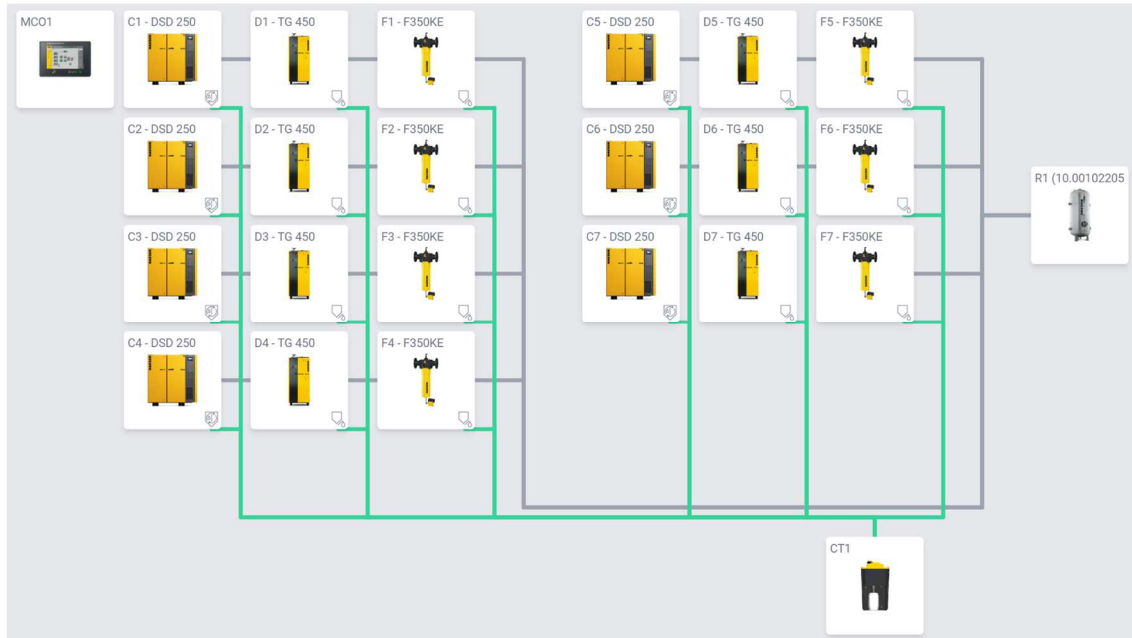
$$P_{spec} = \frac{5903230 \text{ KWh}}{1803430936 \text{ ft}^3} = 0.00327 \frac{\text{KWh}}{\text{ft}^3} = 19.64 \frac{\text{KW}}{100\text{cfm}}$$

Con este resultado se diseñaron doce posibles estaciones de aire que garanticen el caudal máximo que consume la planta, que cumplan con las exigencias de calidad de aire necesarias para el proceso y que genere ahorros energéticos. La estación seleccionada de entre las doce propuestas tiene una eficiencia de 15.87 KW/100 cfm, esto significa un ahorro energético del 19.2%, equivalente a un ahorro en energía de 1.13 millones de KWh/año. Los criterios para la selección de la propuesta fueron:

- Eficiencia energética.
- Escalabilidad de la estación.
- Mínimo stock de repuestos.
- Menores costos de inversión.

Así, se propone la siguiente configuración:

Figura 9 Estación de aire propuesta



De esta manera se garantiza una capacidad instalada de 7363 cfm con un equipo de respaldo que asuma la carga en caso de falla de uno de los demás equipos, así la estación contaría siempre con mínimo 6311 cfm capaces de cubrir la demanda máxima del cliente.

De este estudio técnico se desprende también el tiempo promedio de trabajo anual de cada una de las máquinas que se estima en 4000 horas/año, con base en esas horas se calculan las rutinas de mantenimiento y los costos de mantenimiento en la estación durante los años de operación.

Por la naturaleza del proyecto ya está dada la ubicación de la estación, es la planta del cliente para el que se realiza la propuesta y que por motivos de confidencialidad no será informado.

Estudio ambiental

Impactos actuales de la estación de aire comprimido

La estación que opera actualmente en la planta del cliente genera tres impactos principales asociados al consumo de energía eléctrica, a la disposición final de residuos de mantenimiento de

los compresores, secadores y filtros, y a la disposición final de los condensados (agua más aceite) que se generan en el proceso de compresión de la estación.

Según XM, el factor de emisión de gases de efecto invernadero del sistema interconectado nacional es 112.4 g/KWh (XM, 2023), de esta manera, las emisiones del sistema actual ascienden a 663.5 toneladas/año debido al consumo eléctrico de 5903230 KWh/año. La implementación de la estación de aire propuesta generaría una reducción en el consumo de energía eléctrica del orden del 19.2%, así se generaría un impacto positivo por la implementación de este proyecto y se traduciría en una reducción en emisiones de 127.4 toneladas/año.

En términos de generación de condensados no se presentan ventajas por la implementación o no del proyecto puesto que la generación de condensados depende únicamente del consumo de aire comprimido en volumen de la planta y de las condiciones atmosféricas en términos de humedad del lugar donde operen los compresores. En este momento se generan 252551 US gal/año de agua contaminada con trazas de aceite que deben ser tratados mediante procesos de disposición final adecuados. Como ventaja para el cliente, KAESER instalará un sistema de tratamiento de condensados llamado AQUAMAT que separará el agua del aceite y permitirá unas condiciones del agua que permitan su vertimiento, a la vez que el aceite será entregado a una empresa que se encargue de su disposición final. Los costos de este tratamiento y la instalación del sistema están contemplados en la inversión y en el mantenimiento del proyecto, por lo tanto, será un valor agregado para el cliente y un impacto positivo puesto que hoy los condensados se vierten directamente.

Adicionalmente, todos los desechos de los mantenimientos serán asumidos por KAESER y tendrán una disposición final adecuada mediante una empresa certificada para tal efecto: Aceite, filtros, cartuchos separadores, desechos de las labores de mantenimiento, etc. Todos los costos de la disposición final son asumidos por KAESER y se convierten en un valor agregado para el cliente.

Licencias ambientales

El proyecto no requiere de la aprobación de licencias ambientales para su operación puesto que no hay afectaciones a fuentes hídricas, emisiones que puedan afectar a una comunidad o un recurso, etc., todos los desechos del proyecto se retienen dentro del mismo y se les da disposición final

adecuada según las disposiciones exigidas por la ley, como la disposición final se terceriza, KAESER no tiene la obligación de renovar licencias para este propósito.

Estudio legal y normativo

En el sector de aire comprimido se aplican diversos reglamentos, los cuales son vinculantes y se aplican básicamente a la seguridad de las personas y los bienes. Cumplir las normativas internacionales aumenta la capacidad de intercambio de productos y dan fe de la calidad de la maquinaria. A continuación, se describen los reglamentos y normas más importantes en el sector de los compresores de aire (Atlas Copco, n.d.):

Norma EN 1012-1 requisitos de seguridad

Esta norma se aplica a todos los tipos de compresores y las especificaciones para garantizar la seguridad para el diseño, operación, instalación, mantenimiento y montaje de los compresores. Como punto de partida esta norma aclara las características que deben contener los manuales de instrucciones y operación de los equipos de compresión de aire. En general los manuales deben contener los siguientes elementos:

- Campos límites de las aplicaciones técnicas que incluyan cualquier condición de emplazamiento de la máquina.
- Nombre y dirección del fabricante.
- Emisión de ruido con la declaración de nivel de presión acústica.
- Límites de presión y temperatura del circuito de lubricación.
- Advertencia o indicadores que informen de la viscosidad elevada del aceite durante el arranque en frío.

En cuanto a las instrucciones de mantenimiento se debe tener en cuenta el listado de las piezas de intercambio, así como el programa de controles periódicos que se deberán cumplir de acuerdo a las horas de trabajo de la máquina. También se debe anexar las instrucciones para la realización de un trabajo seguro previniendo riesgos eléctricos, mecánicos y químicos.

Resolución 627 ministerio del medio ambiente

Esta resolución corresponde a los niveles máximos de ruido permisibles en cada uno de los sectores urbanísticos e industriales, por tal motivo el proyecto que abarca la instalación de una estación de compresión de aire debe cumplir con esta normativa según el sector donde se va construir el cual es industrial, a continuación se presenta la tabla de decibeles permisibles (Ministerio del medio ambiente, 2006):

Tabla 2 *Decibeles permitidos*

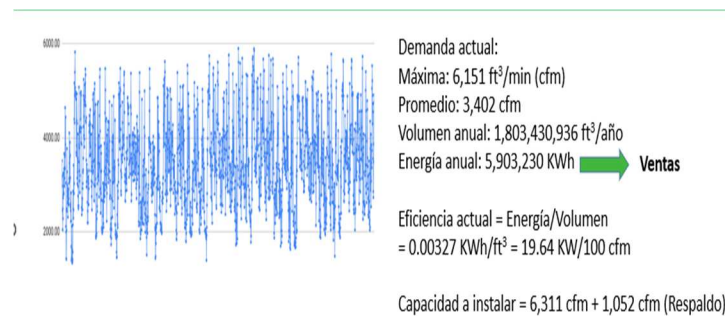
Sector	Subsector	Estándares máximos permisibles de niveles de emisión de ruido en dB(A)	
		Día	Noche
	Parques en zonas urbanas diferentes a los parques mecánicos al aire libre.		
Sector C. Ruido Intermedio Restringido	Zonas con usos permitidos industriales, como industrias en general, zonas portuarias, parques industriales, zonas francas.	75	75
	Zonas con usos permitidos comerciales, como centros comerciales, almacenes, locales o instalaciones de tipo comercial, talleres de mecánica automotriz e industrial, centros deportivos y recreativos, gimnasios, restaurantes, bares, tabernas, discotecas, bingos, casinos.	70	60
	Zonas con usos permitidos de oficinas.	65	55
	Zonas con usos institucionales.		
	Zonas con otros usos relacionados, como parques mecánicos al aire libre, áreas destinadas a espectáculos públicos al aire libre.	80	75
Sector D. Zona Suburbana o Rural de Tranquilidad y Ruido Moderado	Residencial suburbana.		50
	Rural habitada destinada a explotación agropecuaria.	55	
	Zonas de Recreación y descanso, como parques naturales y reservas naturales.		

Evaluación financiera

Datos de entrada

Para realizar el análisis financiero referente a la construcción de un modelo financiero para el suministro de soluciones de aire comprimido para la industria, se tomó como base el estudio técnico realizado en una industria del sector de la cerámica. A continuación, se mostrará el estado del consumo de aire comprimido de dicha industria, así como su costo en energía eléctrica.

Figura 10 *Volumen de aire consumido*



Como se puede apreciar en el estudio realizado, el volumen en metros cúbicos de aire consumido es de 1.803.430.936 pies cúbicos por año, con un total de energía consumida de 5.903.230 KWh lo cual representa una eficiencia de 19.64 KW/100cfm, con estos datos seleccionamos una estación de aire comprimido que cumpla con este suministro de aire y que a su vez sea más eficiente en el uso de la energía.

Se selecciona una estación que cuenta como se describe en la

Figura 9 con siete compresores referencia DSD 250, siete secadores TG 450, siete filtros F350KE, un tanque de 10 m³, un aquamat con el que se realizará la separación de partículas de aceite del condensado generado por la estación y, además, es necesario instalar una red neumática.

Consideraciones

- Se establece un periodo de evaluación de 10 años considerando la vida útil de los activos que corresponde a los compresores.
- Todos los activos y las inversiones son asumidas por Kaeser Colombia.
- Se utilizó el modelo CAPM para el cálculo del costo de capital.
- Los costos de mantenimiento están ligados al precio del dólar.

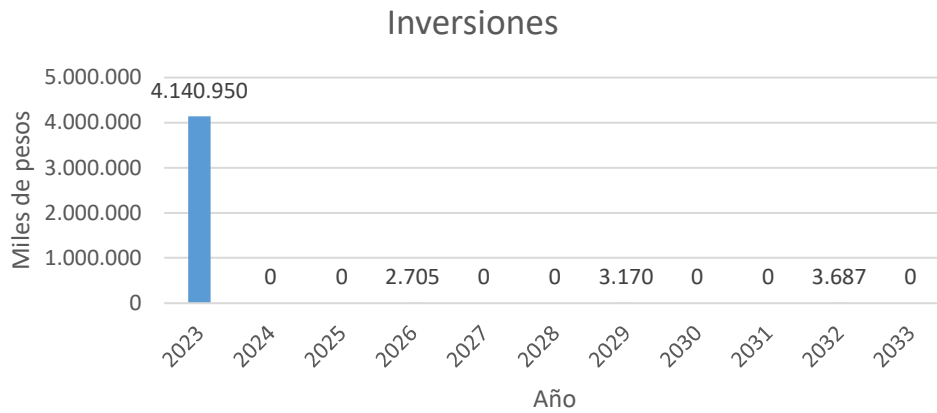
Figura 11 Escenario macroeconómico usado para la evaluación financiera del proyecto

Escenario Macroeconómico Origen	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040	2041	2042
Índice de Precios al Consumidor (IPC _{COF})	13.12%	11.70%	7.00%	5.00%	4.00%	4.00%	4.00%	4.00%	4.00%	4.00%	4.00%	4.00%	4.00%	4.00%	4.00%	4.00%	4.00%	4.00%	4.00%	4.00%	4.00%
Índice de precios al Consumidor (IPC _{USD})	6.50%	3.40%	2.50%	2.50%	2.50%	2.50%	2.50%	2.50%	2.50%	2.50%	2.50%	2.50%	2.50%	2.50%	2.50%	2.50%	2.50%	2.50%	2.50%	2.50%	2.50%
Índice de Precios al Productor (IPP _{COF})	20.49%	13.17%	2.70%	2.70%	2.70%	2.70%	2.70%	2.70%	2.70%	2.70%	2.70%	2.70%	2.70%	2.70%	2.70%	2.70%	2.70%	2.70%	2.70%	2.70%	2.70%
Producto Interno Bruto (PIB)	7.50%	0.70%	1.80%	1.80%	1.80%	1.80%	1.80%	1.80%	1.80%	1.80%	1.80%	1.80%	1.80%	1.80%	1.80%	1.80%	1.80%	1.80%	1.80%	1.80%	1.80%
Tasa de Cambio Final	4,808	4,327	4,241	4,292	4,463	4,570	4,680	4,792	4,907	5,025	5,146	5,269	5,396	5,525	5,658	5,794	5,933	6,075	6,221	6,370	6,523
Tasa de Cambio Promedio	4,254	4,568	4,284	4,266	4,377	4,517	4,625	4,736	4,850	4,966	5,085	5,207	5,332	5,460	5,591	5,726	5,863	6,004	6,148	6,295	6,447
Depósitos a Término Fijo (DTF)	12.30%	13.12%	10.44%	7.02%	6.22%	6.13%	6.13%	6.13%	6.13%	6.13%	6.13%	6.13%	6.13%	6.13%	6.13%	6.13%	6.13%	6.13%	6.13%	6.13%	6.13%
Libor (6m) fin de año	2.03%	0.75%	1.12%	1.47%	1.94%	1.94%	1.94%	1.94%	1.94%	1.94%	1.94%	1.94%	1.94%	1.94%	1.94%	1.94%	1.94%	1.94%	1.94%	1.94%	1.94%
Devaluación fin de año	23.21%	-10.00%	-2.00%	1.20%	4.00%	2.40%	2.40%	2.40%	2.40%	2.40%	2.40%	2.40%	2.40%	2.40%	2.40%	2.40%	2.40%	2.40%	2.40%	2.40%	2.40%
Incremento SMMMLV	10.07%	16.00%	13.00%	8.00%	6.00%	6.00%	6.00%	6.00%	6.00%	6.00%	6.00%	6.00%	6.00%	6.00%	6.00%	6.00%	6.00%	6.00%	6.00%	6.00%	6.00%

Inversiones y capital de trabajo

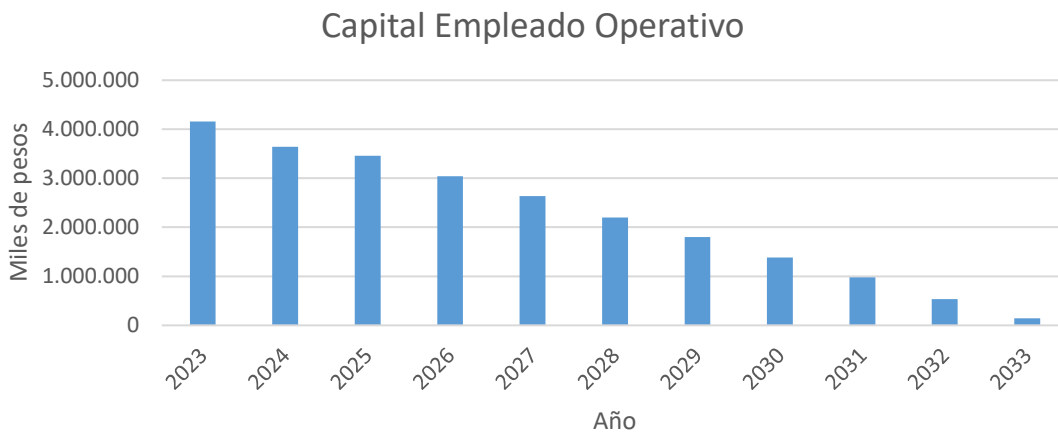
A continuación, se presentarán las gráficas de las inversiones de Kaeser compresores para dar inicio a la construcción de la estación de compresión.

Figura 12 *Inversiones en bienes de capital*



Las grandes inversiones en compresores, secadores, filtros y redes neumáticas se dan en el año 0 del proyecto, posteriormente se invierte en celulares y computadores cada tres años, equipos estos que son necesarios para la operación.

Figura 13 *Capital empleado operativo*



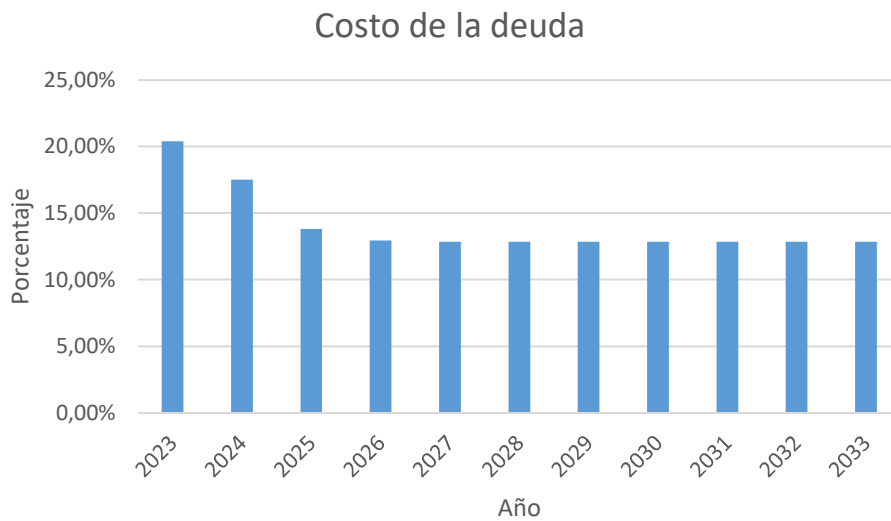
Servicio a la deuda

Se espera contraer una deuda por \$ 1.672.944.000 COP, la cual se deberá pagar en un plazo de 5 años con un sistema de amortización constante.

Figura 14 *Saldo de la deuda*



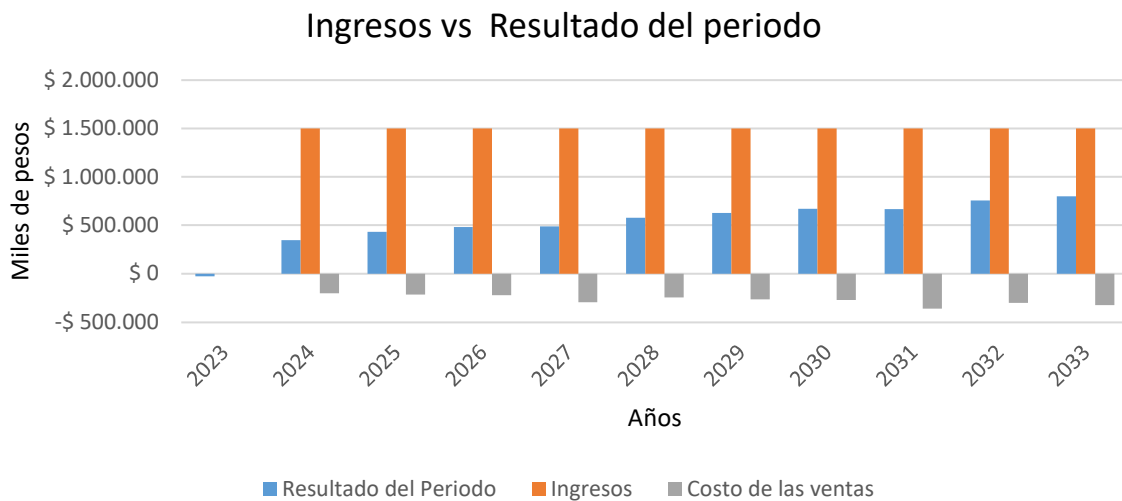
Figura 15 *Costo de la deuda*



Estado de resultados

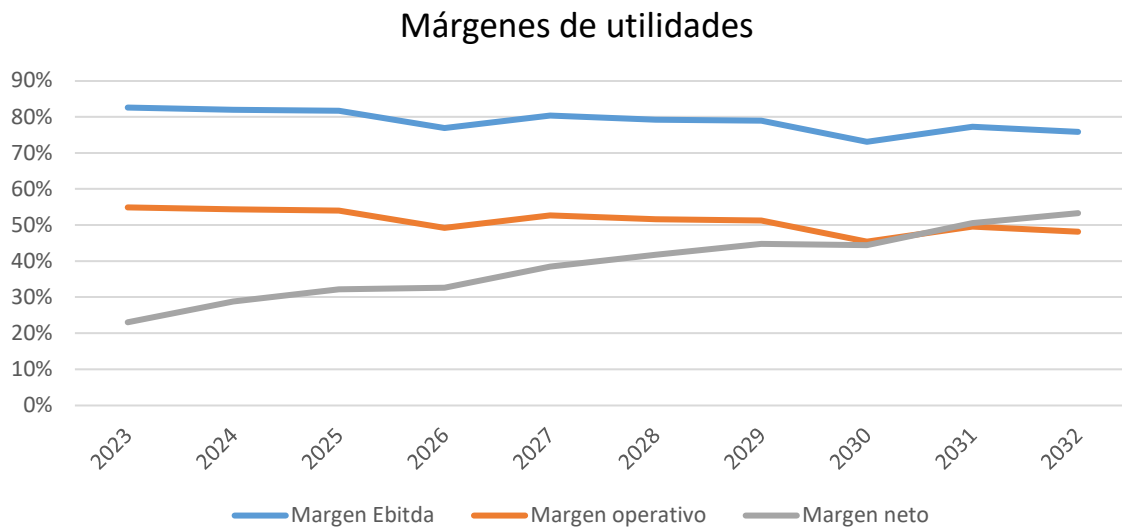
A continuación, se presenta los resultados proyectados en el estado integral, se observa que la utilidad neta es superior a los costos de ventas:

Figura 16 Ingresos vs Resultado del periodo



El margen de utilidades evidencia que el margen neto es positivo para todos los años en el periodo de evaluación, el margen EBITDA demuestra la buena salud del negocio dejando dinero para atender los cinco principales compromisos como son: Servicio a la deuda, dividendos, pago de impuestos, reposición de activos e incremento de capital de trabajo.

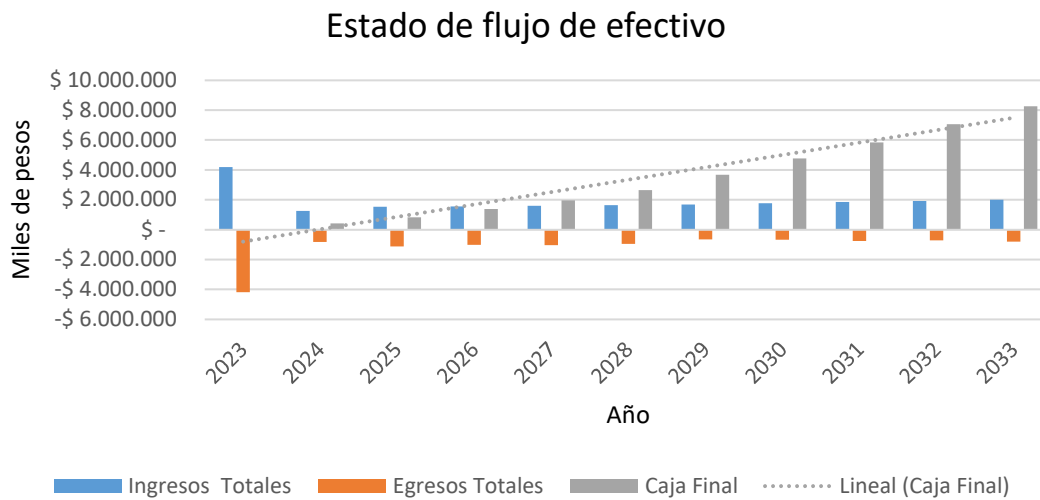
Figura 17 Márgenes de utilidades



Fuentes y usos

Como se puede observar en la siguiente figura, el estado de flujo de efectivo es positivo y creciente en los años de evaluación esto indica que el proyecto tiene la liquidez suficiente para afrontar sus obligaciones financieras, así como para mantener su capital de trabajo.

Figura 18 *Flujo de efectivo*

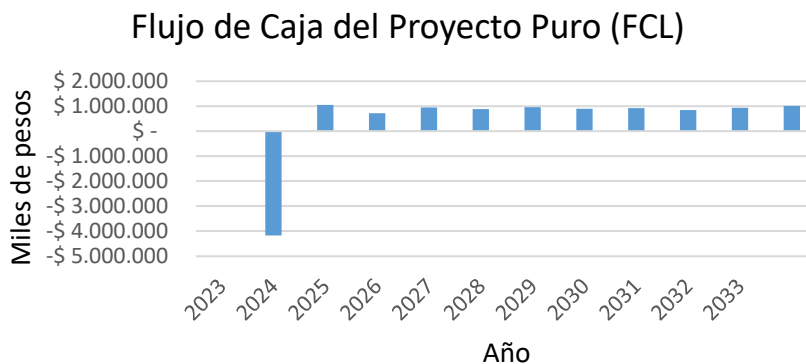


Flujos de caja

A continuación, se presentan los flujos de caja con y sin financiación.

- Flujo de caja libre

Figura 19 *Flujo de caja libre*



A continuación, se presenta se presentan los cálculos de rentabilidad del proyecto puro.

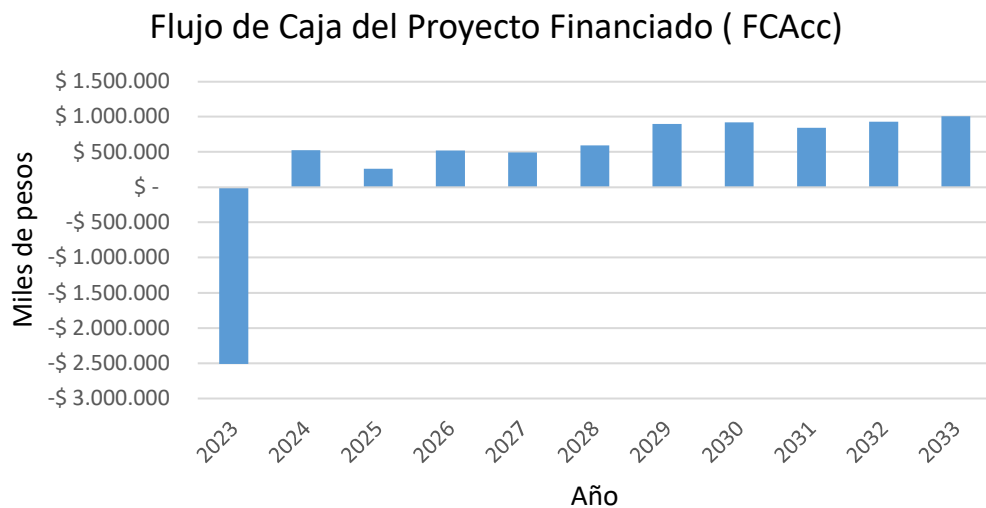
Tabla 3 *Indicadores financieros del proyecto puro*

Costo de Capital Promedio Ponderado (CCPP)	16.74%
Valor del Proyecto FCL	4,284,206
Valor Presente de la Inversión FCL	(4,182,360)
Valor Presente Neto FCL	101,846
Índice de Deseabilidad FCL	1.024
Tasa Interna de Retorno FCL	17.41%
Tasa Interna de Retorno Modificada FCL	17.02%
Periodo de Recuperación de la Inversión Simple FCL	4.62
Periodo de Recuperación de la Inversión Descontado FCL	9.52

De la tabla anterior se concluye que el valor presente neto del flujo de caja libre es positivo para un WACC de 16.74%, así mismo el índice de deseabilidad es de 1.024.

- Flujo de caja del accionista:

Figura 20 *Flujo de caja del accionista*



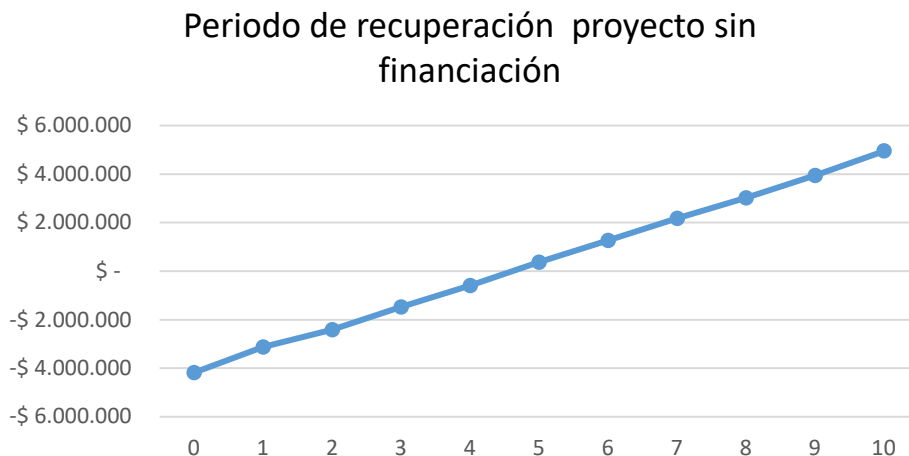
La tabla anterior se evidencia que el costo de patrimonio es inferior a la tasa interna de retorno, así como el $K_p > WACC$.

Tabla 4 *Indicadores del proyecto con financiación*

Costo de Patrimonio (Kp)	18.86%
Valor del Proyecto FCAcc	2,611,262
Valor Presente de la Inversión FCAcc	(2,509,416)
Valor Presente Neto FCAcc	101,846
Índice de Deseabilidad FCAcc	1.041
Tasa Interna de Retorno FCAcc	19.82%
Tasa Interna de Retorno Modificada FCAcc	19.33%
Periodo de Recuperación de la Inversión Simple FCAcc	5.13
Periodo de Recuperación de la Inversión Descontado FCAcc	9.43

Periodo de recuperación de la inversión

Figura 21 *Tiempo de recuperación del proyecto puro*



De la gráfica anterior se concluye que el periodo de recuperación simple se da entre el año 4 y el año 5. Exactamente en 4.62 años.

Figura 22 *Tiempo de recuperación del inversionista*



De la gráfica anterior se concluye que el periodo de recuperación simple se da entre el año 5 y el año 6. Exactamente en 5.13 años.

Indicadores financieros

En la **Figura 23** se presentan los indicadores financieros del proyecto. Se decidió cobrar anualidades al cliente, por ese motivo no hay crecimiento en los ingresos a lo largo del horizonte de evaluación. Además, se presenta un crecimiento en el costo de las ventas debido a los efectos conjuntos del IPC y la devaluación. También se observa una reducción en los gastos de administración y ventas porque el valor de los equipos baja con el paso de los años y, como consecuencia de eso, también baja el costo de los seguros. El margen neto aumenta año tras año porque no hay variaciones fuertes en el margen operacional más sí en el capital empleado operativo -que va bajando cada año-, por lo tanto, aumenta la utilidad neta en cada periodo. La rentabilidad del Capital Empleado Operativo aumenta cada puesto que el Capital Empleado Operativo baja y la Utilidad Operacional no sufre variaciones muy fuertes. El rendimiento del patrimonio se ve afectado año tras año y decae puesto que en el análisis realizado no se repartieron los dividendos, así creció el patrimonio y, por lo tanto, decreció su rendimiento; sin embargo, el proyecto genera valor porque el rendimiento del Capital Empleado Operativo supera ampliamente el Costo del Patrimonio a partir del año 5.

Figura 23 Indicadores financieros

	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033
Crecimiento										
Ingresos		0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
Costo de las ventas		5.53%	3.04%	33.76%	-16.60%	7.84%	2.73%	32.74%	-16.54%	7.84%
Depreciación y Amortización		0.00%	0.00%	0.01%	0.00%	0.00%	0.04%	0.00%	0.00%	0.04%
Gastos de Admón y Ventas		-3.00%	-4.34%	-5.19%	-5.31%	-5.37%	-5.55%	-5.65%	-5.65%	-5.81%
Análisis vertical										
Costo de las ventas	13.56%	14.31%	14.75%	19.72%	16.45%	17.74%	18.22%	24.19%	20.19%	21.77%
Depreciación y Amortización	27.67%	27.67%	27.67%	27.67%	27.67%	27.67%	27.69%	27.69%	27.69%	27.70%
Gastos de Admón y Ventas	3.83%	3.72%	3.55%	3.37%	3.19%	3.02%	2.85%	2.69%	2.54%	2.39%
Márgenes										
Margen bruto	58.76%	58.02%	57.58%	52.60%	55.88%	54.59%	54.09%	48.12%	52.13%	50.53%
Margen operacional	54.93%	54.30%	54.03%	49.23%	52.69%	51.57%	51.24%	45.43%	49.59%	48.14%
Margen EBITDA	82.61%	81.97%	81.70%	76.91%	80.36%	79.24%	78.93%	73.12%	77.27%	75.84%
Margen UNODI	35.71%	35.30%	35.12%	32.00%	34.25%	33.52%	33.31%	29.53%	32.23%	31.29%
Margen neto	23.01%	28.77%	32.12%	32.60%	38.48%	41.78%	44.80%	44.44%	50.50%	53.34%
Rotaciones										
Capital de Trabajo neto Operativo	103.40	-17.45	10.48	10.61	9.78	12.01	10.60	10.87	9.82	12.67
Propiedad Planta y Equipo neta	0.36	0.40	0.45	0.52	0.60	0.72	0.90	1.21	1.81	3.59
Capital Empleado Operativo	0.36	0.41	0.43	0.49	0.57	0.68	0.83	1.08	1.53	2.80
Rentabilidades										
Capital Empleado Operativo	↓ 12.88%	↓ 14.53%	↓ 15.23%	↓ 15.77%	↓ 19.45%	↓ 22.89%	↓ 27.73%	↓ 32.04%	→ 49.22%	↑ 87.51%
Costo de Capital Promedio Ponderado	16.74%	16.74%	16.74%	16.74%	16.74%	16.74%	16.74%	16.74%	16.74%	16.74%
Patrimonio	13.89%	15.25%	14.77%	13.06%	13.64%	13.03%	12.36%	10.91%	11.18%	10.62%
Costo de Patrimonio	18.86%	18.86%	18.86%	18.86%	18.86%	18.86%	18.86%	18.86%	18.86%	18.86%

Riesgos

Tasa de devaluación

Durante el año 2022 Colombia enfrentó la devaluación más profunda en la historia del país, donde el dólar alcanzó el precio de cinco mil pesos colombianos por lo cual la devaluación se estimó en 24.8%. Este fenómeno económico repercute de manera negativa en las importaciones de todo tipo de productos que se compran en dólares, por este motivo la devaluación juega un papel importante en la evaluación financiera de cualquier proyecto que implique endeudamiento en moneda extranjera (Salazar, 2022).

Índice de precio al consumidor

este índice de precios mide la evolución del costo promedio que presenta la canasta familiar de bienes y servicios, el cual se representa en el consumo de los hogares colombianos. Este índice de expresa en relación con un periodo base.

La inflación se define como la variación en términos porcentuales del IPC entre dos periodos analizados (república, 2012), para el caso del proyecto planteado por Kaeser la variación del IPC afecta directamente el precio de los insumos para mantenimientos.

Incremento del salario mínimo

el salario mínimo en Colombia aumenta cada año mínimamente lo que aumenta la inflación, a continuación se muestra una gráfica donde se evidencia los aumentos de salarios en Colombia .

Análisis Montecarlo

Simulando en el software @Risk, las variables analizadas anteriormente y asignado las siguientes distribuciones de probabilidad.

Figura 24 *Distribución de probabilidad del IPC*

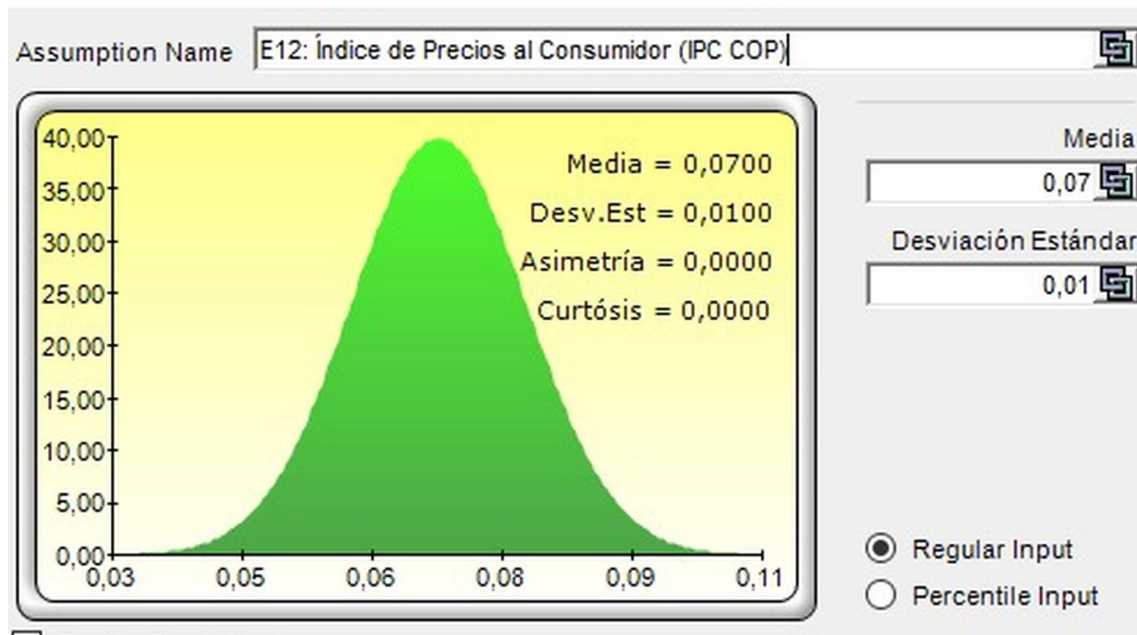


Figura 25 Distribución de probabilidad del incremento del SMMLV

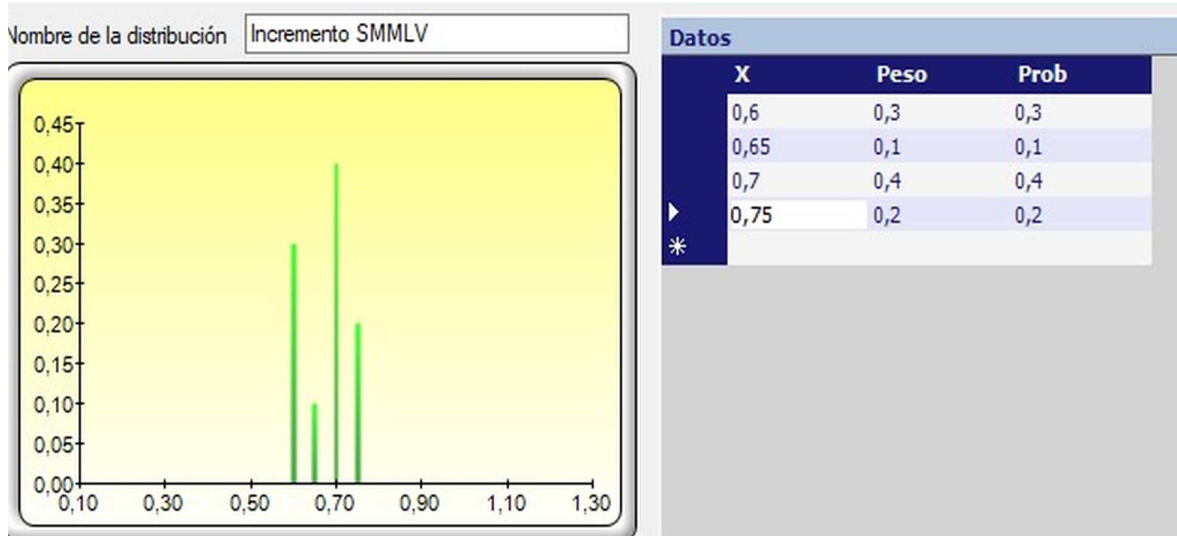
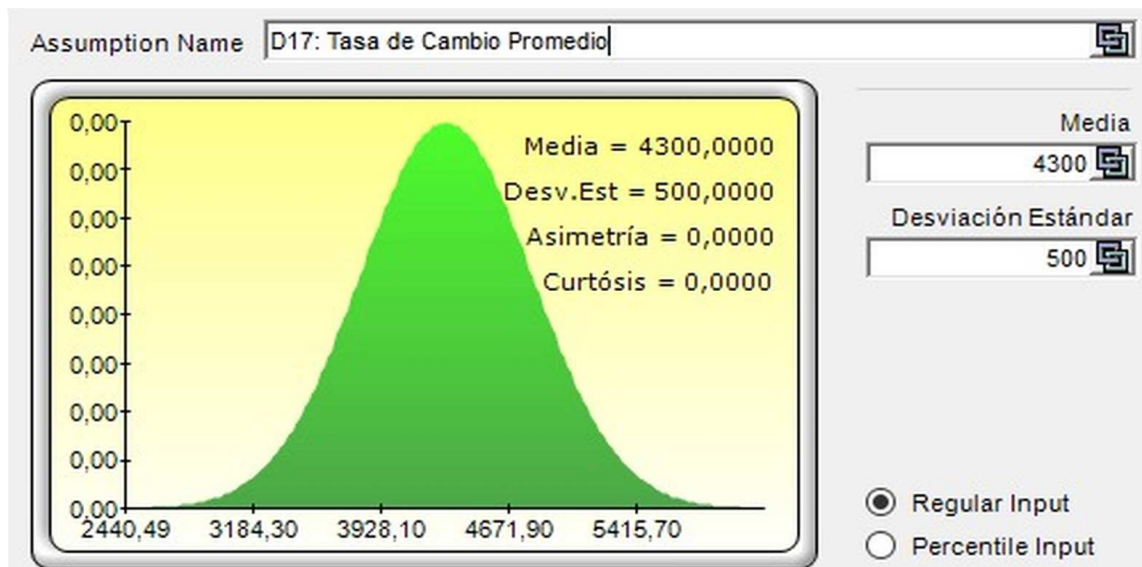
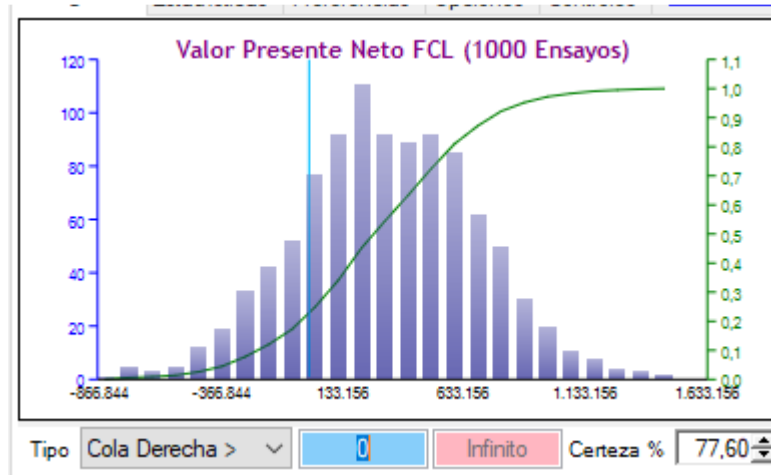


Figura 26 Distribución de probabilidad de la TRM



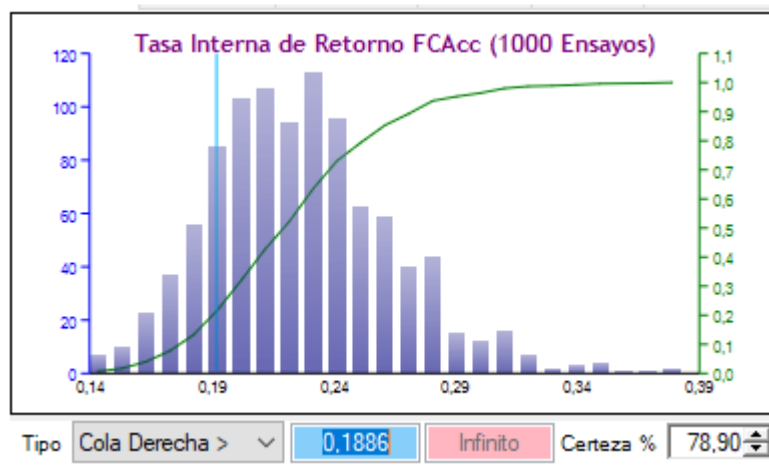
Se obtienen los siguientes resultados para analizar el VPN y la TIR de Kaeser Compresores.

Figura 27 Distribución de probabilidad del VPN del proyecto puro



Se puede evidenciar que hay una probabilidad de que el VPN sea mayor a cero de 77.6%.

Figura 28 Distribución de probabilidad del VPN del accionista



Se presenta una probabilidad de 78.90% para TIR mayor al costo de capital 18.86%.

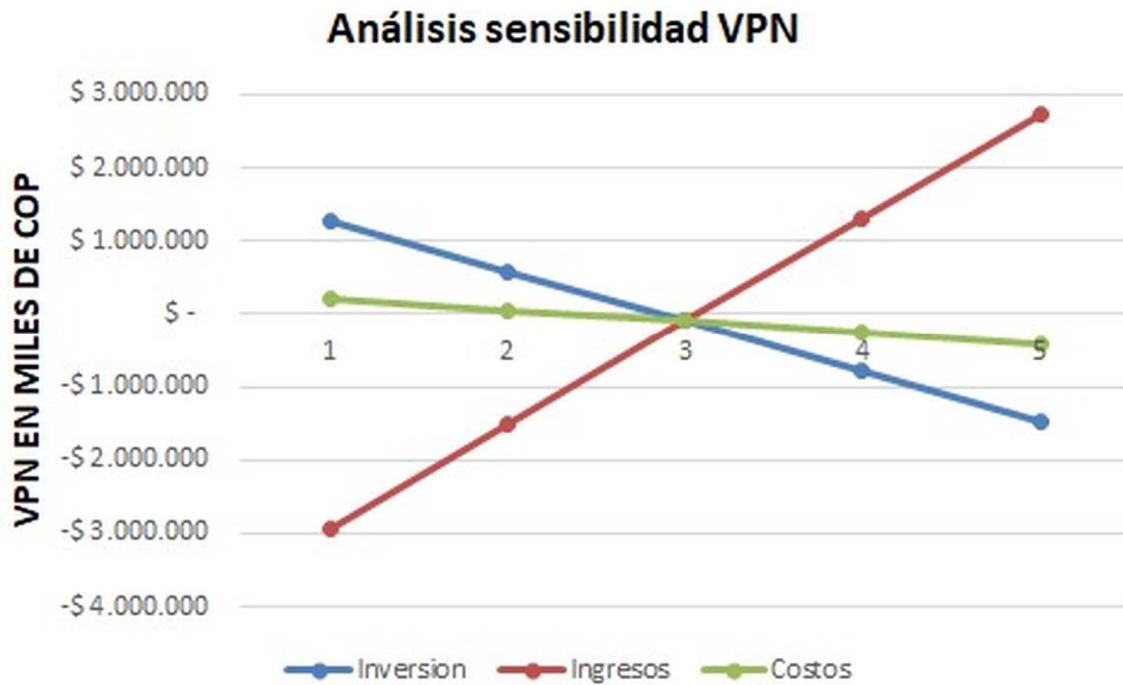
Análisis de sensibilidad

A continuación, se evidencia el análisis de sensibilidad a las variables de ingresos, inversiones y costos esto con el fin de reconocer la variable que más impacta el VPN del proyecto.

Figura 29 *Análisis de sensibilidad*

Variacion	Inversion	Ingresos	Costos
40%	-\$ 1.265.332	\$ 2.920.696	-\$ 205.896
20%	-\$ 581.743	\$ 1.511.271	-\$ 52.025
0	\$ 101.846	\$ 101.846	\$ 101.846
-20%	\$ 785.436	-\$ 1.307.579	\$ 255.717
-40%	\$ 1.469.025	-\$ 2.717.004	\$ 409.588

Figura 30 *Grafico de telaraña del análisis de sensibilidad*



La variable que más le impacta al proyecto es los ingresos debido a que presenta la pendiente más amplia entre las tres variables. Los ingresos son directamente proporcionales al crecimiento del VPN.

Bibliografía

Acevedo Rocha, M. (2004). *Modelo de outsourcing de aire comprimido para el caso colombiano*. Universidad de La Salle. Escuela de Negocios. Maestría en Administración. https://ciencia.lasalle.edu.co/maest_administracion/413/

Asmar, S. (2022, Febrero 16). Crisis global de logística se extenderá hasta finales de 2023 según algunas empresas. *LaRepublica.co*. <https://www.larepublica.co/globoeconomia/crisis-global-de-logistica-se-extendera-hasta-finales-de-2023-segun-algunas-empresas-3303725>

Cofré Barrientos, C. E. (2018). *Estudio de factibilidad de renovación de la planta de aire comprimido para el incremento de la productividad en una empresa textil*. Universidad Alas Peruanas. https://repositorio.uap.edu.pe/jspui/bitstream/20.500.12990/4275/1/Tesis_factibilidad_renovaci%C3%B3n_planta.aire%20comprimido_incremento.productividad_empresa%20textil_ica.pdf

Compressed Air and Gas Institute. Consultado Septiembre 10, 2023, de https://www.cagi.org/working-with-compressed-air?ap4=1_2

Compressed Air and Gas Institute. (n.d.). *Working With Compressed Air - CAGI*.
Compressed Air and Gas Institute. Consultado Octubre 1, 2023, de <https://www.cagi.org/working-with-compressed-air>

Compressed Air and Gas Institute. (2022, octubre 2). *.Isentropic Efficiency. .* - YouTube. Consultado Septiembre 10, 2023, de <https://youtu.be/jSifJ2fm5r4?si=JEwFCQ-q48nf0w5y>

Corficolombiana. (2022, Septiembre 1). Flash de Actualización: Inflación de precios de energía e indexación en Colombia. *Investigaciones Económicas Corficolombiana*. <https://investigaciones.corficolombiana.com/documents/38211/0/220907%20Flash%20Indexaci%C3%B3n%20Precios%20Energ%C3%ADa%20v3.pdf/9e8f1535-347d-2c35-9af1-96fa767c0f1f>

Fernández Díez, P. (n.d.). *Compresores*. http://www.ing.una.py/pdf_material_apoyo/compresores-y-ventiladores.pdf

Grupo Bancolombia. (2023, Julio). Resumen - Actualización de proyecciones económicas Colombia. *Bancolombia*. <https://www.bancolombia.com/empresas/capital-inteligente/investigaciones-economicas/publicaciones/tablas-macroeconomicos-proyectados>

Gutiérrez, A. (2023, Abril 4). Banco Mundial redujo su proyección de crecimiento del PIB de Colombia hasta 1,1%. *LaRepublica.co*. <https://www.larepublica.co/globoeconomia/proyeccion-de-crecimiento-de-colombia-del-banco-mundial-para-2023-3585301>

Narváez A., F. (n.d.). *Eficiencia energética en sistemas de aire comprimido*. Bogotá, Cundinamarca, Colombia. <https://www.colombiaproductiva.com/getattachment/1da39f8c-764c-48c6-957a-9c2f14b81e28/Memorias-sistema-de-aire-comprimido.aspx>

Osterwalder, A., & Pigneur, Y. (2011). *Generación de modelos de negocio* (L. Vázquez Cao, Trans.). Deusto.

Salazar, C. (2022, Octubre 25). La devaluación de la TRM durante 2022 es la tercera más alta de este siglo XXI. *LaRepublica.co*. <https://www.larepublica.co/finanzas/la-devaluacion-de-la-trm-en-lo-corrido-de-2022-es-la-tercera-mas-alta-de-este-siglo-xxi-3476234>

Sánchez Garavito, P. X. (2014). *Factores de compra del usuario del mercado de aire comprimido de KAESER Compresores de Colombia*. Universidad Cooperativa de Colombia. <https://repository.ucc.edu.co/server/api/core/bitstreams/211f92d8-fc88-4941-8274-5f7fd7953a69/content>

Superintendencia de Sociedades. (n.d.). *Estado de situación financiera de Ingersoll Rand Colombia*. SIIS - /. Consultado octubre 1, 2023, de <https://siis.ia.supersociedades.gov.co/#/>

XM. (2023, enero 23). *Resultado de cálculo de Factor de Emisión del Sistema Interconectado Nacional, para inventario de Gases de Efecto Invernadero*. XM. Consultado octubre 1, 2023, de <https://www.xm.com.co/noticias/5548-resultado-de-calculo-de-factor-de-emision-del-sistema-interconectado-nacional-para>

Resultados

- Se encontró que el modelo de negocio propuesto trae beneficios económicos y crea valor tanto para el proveedor del servicio como para el usuario. Es posible reducir el consumo energético de los clientes y aumentar su competitividad a la vez que se le presta un servicio con alto valor agregado.
- A pesar de los altos costos actuales de financiación se puede generar valor con este proyecto y mejorar la rentabilidad de la empresa KAESER Compresores al compararla con el modelo tradicional de venta de compresores.
- Las ineficiencias energéticas en las estaciones de aire comprimido apalancan este tipo de proyectos, sin embargo, el modelo de negocio propuesto hace posible que clientes con eficiencias buenas también compren el servicio de venta de aire comprimido por su valor agregado en búsqueda de la eficiencia, respaldo y mantenimiento.

Conclusiones

- El índice de deseabilidad del proyecto para el cliente es muy alto, 1.71, mientras que el del proveedor es 1.024. Es posible mejorar el índice de deseabilidad subiendo el precio del servicio, esto implicará bajar los indicadores del cliente, sin embargo, se disminuirá el riesgo para el proveedor del servicio. Hay un margen de operación con el precio que permitiría negociar mejores condiciones para el proveedor.
- La rentabilidad del Capital Empleado Operativo supera el costo del patrimonio y el costo de capital promedio ponderado. Adicionalmente, el VPN es mayor que cero en el escenario del cliente y en el del proveedor.
- A pesar del alto costo del financiamiento de los primeros años del proyecto, el apalancamiento en los ahorros energéticos puede llevar al proveedor a ofrecer un precio muy competitivo por el servicio de venta de aire comprimido.
- Se pueden resolver los problemas de la estación de aire actual mediante la implementación de este proyecto y aumentar la competitividad del cliente al reducir sus costos operativos.
- Hay un nivel de riesgo alto del proyecto ya que la probabilidad de que el VPN sea mayor que cero para el proveedor es del 76%, las variables que más aumentan la incertidumbre son el IPC y la TRM. Respecto a la TRM se puede asegurar un valor de la tasa de cambio y cargarlo a los gastos del proyecto significando esto un aumento en el precio del servicio para el cliente, aunque como ya vimos, hay un margen de maniobra que permite hacerlo.

Recomendaciones

- Puede complementarse este trabajo haciendo una valoración exhaustiva de los costos asociados del lucro cesante del cliente por tener problemas con la estación de aire actual, sin implementación del proyecto, esto terminará generando más valor para el cliente y para el proveedor en el proyecto.
- Puede eliminarse la incertidumbre sobre el IPC para el proveedor evaluando una forma de pago distinta al de la anualidad y haciendo aumentos al valor del servicio según el IPC.
- La rentabilidad para el cliente es muy alta, se le recomienda tomar el proyecto.
- Se puede tomar este modelo para evaluar proyectos similares en otros campos como la refrigeración, la generación de energía fotovoltaica, etc.