

# Análisis de inversión y reducción de costos en un contexto de *lean accounting*

**Jerónimo Alberto Colazo**

Universidad Nacional de Córdoba, Argentina

**Marcela Porporato**

York University, Canadá

En la presente investigación, se desarrolla y explica paso a paso cómo identificar el ahorro de costos en una empresa que usa *lean accounting*, y cómo esos ahorros se integran para evaluar un proyecto de inversión. Actualmente, no hay mucha información sobre el uso de herramientas de *lean accounting* en pequeñas y medianas empresas de economías regionales de América Latina; por ello, este estudio busca seguir expandiendo el conocimiento sobre el tema. Se usó la herramienta *value stream mapping*, que permite identificar el ahorro de costos. Esta es la primera etapa para calcular los flujos de fondos recurrentes para luego aplicar las herramientas tradicionales de evaluación de proyectos. Este estudio, basado en un caso real, vincula aspectos del método de producción y mejoras aplicando *lean manufacturing* e indicadores financieros del proyecto. El desarrollo del proyecto de inversión permitió que la empresa que fue objeto de estudio mejore los tiempos de entrega, la seguridad de la operación, la estabilidad productiva, la automatización del proceso y el aumento de la capacidad de procesamiento de la planta a nivel global. También hizo visibles focos de ineficiencia del proceso actual que impactaban en el manipuleo de piezas, los costos de operación, los retrabajos y la mano de obra directa.

**Palabras clave:** *lean manufacturing*, ahorro de costos, evaluación de inversiones, *value stream mapping*

## Investment analysis and cost reduction in a context of lean accounting

This paper develops and explains step by step how a company used lean accounting tools to identify cost savings and how these savings are integrated into a project investment evaluation. Little is known about the use of lean accounting tools in small and medium-sized companies operating in regional economies of Latin America, and this study is designed to continue expanding our knowledge of the subject. The tool used is value stream mapping and it is shown how it allows to identify cost savings, which is the first stage



<https://doi.org/10.18800/contabilidad.202302.008>

**Contabilidad y Negocios 18 (36), 2023, pp. 87-114 / e-ISSN 2221-724X**

to calculate the recurring cash flows that is a critical building block of traditional project evaluation tools. This study is based on a real case that links aspects of production method and improvements applying lean manufacturing and financial indicators of the project. The development of the investment project allowed the company under study to improve delivery times, operation safety, production stability, process automation and increase the overall processing capacity of the plant. It also made visible sources of inefficiency in the current process that impacted parts handling, operating costs, rework, and direct labor.

**Keywords:** lean manufacturing, cost saving, investment, value stream mapping

### **Análise de investimentos e redução de custos em um contexto de *lean accounting***

Este artigo desenvolve e explica passo a passo como uma empresa utilizou ferramentas de *lean accounting* para identificar poupança de custos e como essas poupanças são integradas em uma avaliação de investimento do projeto. Pouco se sabe sobre o uso de ferramentas de *lean accounting* em pequenas e médias empresas que operam em economias regionais da América Latina, e este estudo é projetado para continuar expandindo nosso conhecimento sobre o assunto. A ferramenta utilizada é o *value stream mapping* e é mostrado como ele permite identificar a poupança de custos, que é a primeira etapa para calcular os fluxos de caixa recorrentes que é um alicerce crítico das ferramentas tradicionais de avaliação de projetos. Este estudo é baseado em um caso real que relaciona aspectos do método de produção, e melhorias aplicando *lean manufacturing* e indicadores financeiros do projeto. O desenvolvimento do projeto de investimento permitiu à empresa em estudo melhorar os prazos de entrega, a segurança da operação, a estabilidade da produção, a automatização dos processos e o aumento da capacidade de processamento da fábrica. Também tornou visíveis fontes de ineficiência no processo atual que impactavam o manuseio de peças, custos operacionais, retrabalho e mão de obra direta.

**Palavras chave:** *lean manufacturing*, poupança de custos, avaliação de investimento, *value stream mapping*

## 1. INTRODUCCIÓN

En 1983, la Secretaría de Energía de la Nación y la Asociación del Gas Argentino (AGA) comenzaron a promover la utilización de vehículos impulsados por motores de combustión interna mediante nafta reconvertidos (Ente Nacional Generador del Gas [Enargas], 2022) a gas natural comprimido (en adelante, GNC). Incluso, si bien al inicio se trató solo la reconversión de vehículos, el proceso desembocó en que las automotrices analicen y lancen al mercado autos, utilitarios e, incluso, camiones con ese tipo de combustible.

El auge del GNC se dio en el periodo de postcrisis del año 2001 debido a la devaluación que tuvo la economía argentina. El mercado siguió expandiéndose (Enargas, 2022), principalmente, en momentos en los que la relación de precios GNC/nafta era baja. Ante esta situación, una pyme regional en Argentina decide evaluar y determinar la viabilidad de diseñar, construir y operar una línea completamente automatizada para tratamientos térmicos de cilindros de los equipos de GNC construidos por el cliente. El mercado de fabricantes de equipos de GNC es muy competitivo. Además, al ser el tratamiento térmico uno de los costos principales del producto final, se evalúa la decisión de inversión para acompañar al fabricante en una reducción de costos.

La industria automotriz ha adoptado la *lean manufacturing* y sus sistemas de costos están evolucionando. *Lean manufacturing* se caracteriza por la fabricación de partes justo a tiempo para ser incorporadas en el producto (Cooper & Slagmulder, 2005). La *lean accounting* presta atención a lo que agrega valor al producto eliminando derroches o reduciendo transacciones y sistemas antieconómicos, y lo hace mediante la mejora de la capacidad y aceleración de procesos (Garrison et al., 2021). Un concepto central de la *lean accounting* es el flujo de valor, que consiste en todas las actividades que una empresa necesita desarrollar para vender un producto, lo que generará valor para el consumidor; esto, a su vez, determina la rentabilidad de la industria como un todo y de cada uno de sus pasos componentes (Womack & Jones, 2011).

Si las grandes corporaciones idean estas maravillosas herramientas, cabe preguntarse si son usadas en empresas de pequeño o mediano tamaño. Existe evidencia de que pequeñas empresas industriales de América Latina que adoptan sistemas de control de gestión más avanzados tienden a tener mejor rendimiento (Rocca Espinoza et al., 2016). Empresas medianas y chicas que operan en economías regionales obtienen resultados promisorios al adoptar parcialmente herramientas de *lean manufacturing*, según se ha documentado con una encuesta a 233 industrias manufactureras del estado de Para en Brasil (Lopes Negrão et al., 2020). Gazoli de Oliveira y Ribeiro

da Rocha Junior (2019) confirman que inclusive aplicaciones parciales pueden generar aumentos en la productividad y los resultados en la empresa al presentar como ejemplo una aplicación de *lean manufacturing* y la herramienta del *value stream mapping* (en adelante, VSM) en una fábrica de muebles en Brasil. El uso de la herramienta VSM es muy común y el punto de partida de cualquier análisis de mejora en un contexto de *lean manufacturing* (Maskell et al., 2011; Naga Vamsi & Sharma, 2014).

Poco se sabe del uso de *lean accounting* en pequeñas y medianas empresas de economías regionales de América Latina (Carvalho et al, 2019). Por ello, este trabajo contribuye con un caso que muestra cómo se aplicó la *lean manufacturing* para identificar el ahorro de costos en un proyecto de inversión, en el que se muestra cómo la empresa diseña un primer mapa que incluye obstáculos y desperdicios que permite elaborar un segundo mapa que optimiza los flujos en línea con las ideas de Maskell et al. (2011).

## 2. MARCO TEÓRICO DE LAS HERRAMIENTAS DE MEDICIÓN Y GESTIÓN DE AHORRO DE COSTOS EN PROYECTOS DE INVERSIÓN

La contabilidad de gestión se ha definido de diversas maneras a lo largo de décadas. En líneas generales, se trata de un proceso de identificación, medición, registro, análisis, preparación, interpretación y comunicación usado por la gerencia para planear, dirigir y motivar, controlar y tomar decisiones dentro de una organización, asegurando el uso apropiado y responsable de sus recursos (Garrison et al., 2021). Si bien este campo del conocimiento no ha experimentado grandes cambios en los últimos cien años, su sofisticación ha permitido el desarrollo de herramientas y técnicas muy populares.

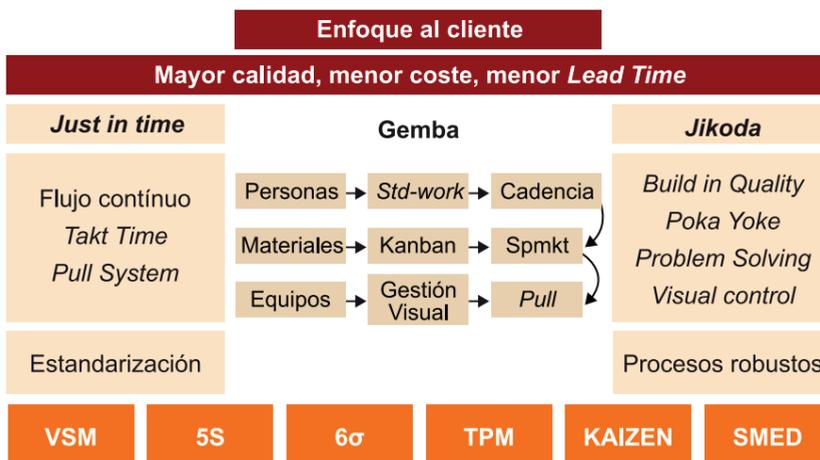
Uno de los últimos desarrollos en la disciplina es la adaptación a la *lean manufacturing*, que presenta un desafío a la idea tradicional de contabilidad de gestión. Por medio de la *lean manufacturing*, se acortan plazos de espera, y se reducen desechos y costos. La competencia entre empresas *lean* se basa en el supuesto de que es improbable desarrollar ventajas competitivas tradicionales sustentables en el tiempo en función de un producto (Cooper & Slagmulder, 2005). *Lean manufacturing* propone un sistema de gestión de operaciones y se enfoca principalmente en la eliminación de todos los desperdicios. Así, permite reducir el tiempo entre la solicitud de un producto por parte del cliente y el envío del producto, con lo que se mejora la calidad y se reducen los costos productivos. *Lean manufacturing* tiene los siguientes principios fundamentales (Aljabr et al. ,2020):

- calidad perfecta a la primera: búsqueda de cero defectos, y detección y solución de los problemas desde su causa raíz;

- minimización de desperdicios: detección y eliminación de todas las actividades que no agregan valor al producto;
- optimización del uso de recursos escasos (capital, tiempo, materiales, personal y espacio);
- mejora continua: disminución de costos, mejora de la calidad y aumento de la productividad de manera continua;
- procesos *pull*: los productos son “tirados” (solicitados) por el cliente final, no empujados por la producción; así, se evita exceso de productos en stock que generan altos costos financieros;
- flexibilidad: producción de la manera más ágil posible y diferente combinación de productos, sin poner en riesgo la eficiencia debido a volúmenes menores de producción y construcción; y
- mantenimiento de una relación a largo plazo con los proveedores, a partir de la que se acuerda compartir riesgo, costes e información.

La *lean manufacturing* es una de las filosofías productivas más reconocidas de la fabricación moderna, que incluye muchos aspectos que, en conjunto y de manera individual, fundamentan su solidez. Existen diferentes versiones, pero la original es la de Toyota, empresa que desarrolló y promueve la filosofía desde los años 50 (ver figura 1).

**Figura 1.** *Lean manufacturing* según Toyota



*Nota.* Tomado de *Implantación lean management como modelo de negocio*, de S. Busquets Baque, 2014, Universitat Oberta de Catalunya, p.13 (<http://hdl.handle.net/10609/79170>).

En el contexto de la *lean manufacturing*, es importante ejecutar proyectos que mejoren el desempeño y, consecuentemente, impliquen la adaptación de las herramientas de evaluación de proyectos. Para poder diseñar un proyecto que proponga desafíos y cambios en la manera de producir, la investigación se enfoca en la aplicación de la metodología *lean manufacturing* (Gazoli de Oliveira & Ribeiro da Rocha Junior, 2019) para hacer un manejo de costos interorganizacional (Cooper & Slagmulder, 2005). Complementando estudios anteriores que hablan de los beneficios de asociaciones interorganizacionales para pequeñas empresas (Plascencia Cueva & Beltran Cruz, 2020), este trabajo se enfoca en los detalles de un proyecto cuyos ahorros de costos afectan a la organización y a su cliente.

Un proyecto de inversión es un plan de una organización para lograr un valor agregado futuro mediante la utilización de los recursos con los que se cuenta. Generalmente, el rendimiento que se busca es económico, pero, en numerosas ocasiones, se obtienen también beneficios técnicos y sociales. Si bien la forma en la que se evalúan los proyectos de inversión ha cambiado con el pasar del tiempo, la metodología principal se basa en la recolección, creación y ordenamiento de datos que permiten evaluar/medir de manera cuantitativa los costos y beneficios que trae aparejado un eventual emprendimiento (Chain, 2011).

## 2.1. Etapas de proyectos de inversión usando *lean manufacturing*

Dependiendo de la naturaleza de los proyectos de inversión, pueden ser emprendidos de un sinnúmero de maneras. Sin embargo, todos poseen etapas similares. La primera etapa consiste en la idea, en la que se plasma la necesidad de mejorar el funcionamiento de un área o una empresa, así como la creación de una nueva línea de negocio o incluso la formación de una nueva empresa. En esta etapa se diagnostica el contexto del proyecto, lo que es fundamental para sentar las bases del mismo (Chain, 2011). A fin de evaluar el proceso actual y poder identificar tanto las operaciones principales como los recursos involucrados en cada una de las etapas del proceso productivo, se puede preparar un VSM del proceso actual (Rajesh et al., 2019). Este permitirá hacer un análisis de flujo de información, de flujo de material en proceso, de mano de obra directa e indirecta que interviene en el proceso, de equipos, de recursos energéticos, y de canales de comunicación (Maskell et al., 2011). El VSM es una herramienta que forma parte de la *lean manufacturing*. Es un diagrama que permite visualizar, analizar y mejorar el flujo de la producción. Además, dicha representación se convierte en una excelente ayuda para mejorar la captura y análisis de la información que se desarrolla durante el proceso productivo. El VSM consta de una serie de símbolos que representan las distintas actividades de trabajo y los flujos de información organizados en

un diagrama de flujo. Así, se documenta si cada etapa productiva genera valor o no. Además de incluir todos los procesos de la fabricación, el VSM también permite divisar cómo las personas que participan se comunican entre sí.

En la segunda etapa, que consiste en la preinversión, se estudia la viabilidad de las distintas opciones que surgen de la etapa de idea. Es importante destacar que, mientras mayores sean las cantidades de ideas y menos las definiciones puestas sobre ellas, mayor incertidumbre se presentará. Por ello, es necesario hacer un filtro inicial de las mismas ideas (Uribe, 2017). El diseño debe responder a las ineficiencias encontradas en el VSM, priorizando la reducción de desperdicios (*scrap*), retrabajos (costos de la no calidad), y tiempos de entrega y costos operativos; así mismo, se debe mejorar la eficiencia energética del proceso, la seguridad laboral en la operación y la flexibilidad en la producción de los distintos modelos de piezas a producir (Maskell et al., 2011).

Cuando se ha resuelto qué rumbo tomará el proyecto y los costos en los que se incurrirá, se pasa a la etapa de inversión. En esta tercera etapa se evalúan los desembolsos a incurrir al inicio del proyecto. Hecha la inversión, comienza la cuarta etapa, que consiste en la operación, en la que se consideran los gastos/costos operativos en los que se incurre para poder sostener la misma. Estimar los costos es sumamente importante, ya que estos determinarán en gran medida la rentabilidad (Chain, 2011). Para determinar los costos, se tendrán en cuenta elementos como el costo energético de la nueva línea (gas-energía eléctrica), la mano de obra directa e indirecta, el mantenimiento preventivo del equipamiento, y el consumo de materiales e insumos críticos (Maskell et al., 2011). Rivera y Manotas (2013) explican las dimensiones con las que se pueden medir las mejoras. Además, destacan que las mejoras en indicadores operativos suelen verse de inmediato; sin embargo, las mejoras financieras toman tiempo en aparecer, principalmente, por cuestiones relacionadas al ciclo de pagos y cobranzas. En un trabajo posterior, Rivera y Manotas (2014) proveen un enfoque sistemático sobre las típicas medidas de desempeño que se pueden usar para evaluar cambios y mejoras en un contexto de *lean manufacturing*.

### 3. MÉTODO Y DECISIONES DE INVESTIGACIÓN

Este trabajo busca proveer detalles del uso de *lean accounting* para que otras organizaciones pequeñas y medianas puedan adaptarlo y replicarlo. Cuando la pregunta de investigación es del tipo “cómo” y “cuándo”, y se enfoca en eventos contemporáneos, el método más usado es el de caso (Yin, 2017). Por ello, en esta investigación se documenta el trabajo hecho en una empresa mediana ubicada en la ciudad de Córdoba

(Argentina) que es líder en servicios de tratamientos térmicos de aceros y aleaciones no ferrosas, e ingeniería en superficies. La ejecución del caso se hace siguiendo la idea de *interventionist research* (Jönsson & Lukka, 2007), ya que uno de los autores trabaja en la empresa y es quien lleva a cabo la recopilación de datos, las entrevistas, el diseño e implementación del VSM para ahorrar costos, y realiza la interpretación a la hora de estimar los flujos de fondos para las inversiones. Durante un lapso de ocho meses, se desarrolló el trabajo *in-situ*. Este implicó múltiples diálogos con el vicepresidente de la empresa, profesionales de ventas y operarios de línea. La documentación que se incluye en este trabajo se ha mantenido lo más fiel posible a la real, es decir, la usada por la empresa; sin embargo, algunos datos han sido modificados según el acuerdo de confidencialidad. Nótese que el enfoque metodológico del presente estudio genera resultados y conclusiones útiles para profesionales y académicos, por lo que permite una limitada generalización teórica (Gil Robles, 2018; Yin, 2017).

### 3.1. Empresa en la que se llevó a cabo el proyecto

Desde la década de 1950, esta empresa ofrece a sus clientes una variedad de servicios. Las líneas principales incluyen tratamientos térmicos (temple y revenido con atmósfera controlada, normalizado, y recocido subcrítico, entre otros), tratamientos termoquímicos (cementación, carbonitruración, nitruración, nitrocarburation, nipox, etc.), temple por inducción (alta frecuencia, media frecuencia) y revestimientos PVD<sup>1</sup> (TiCN, TiAlN, TiAlNC, CrN, CrAlN). Además, brinda servicio a la mayoría de las industrias metalmeccánicas de Córdoba (automotriz, aeroespacial, agro, petrolera, minera, máquinas, herramientas, electrodomésticos, implantes médicos y odontológicos, etc.). Actualmente, se encuentra en una etapa de transición entre la segunda y tercera generación de la familia fundadora. Más allá de eso, mantiene el ímpetu de apostar por el continuo avance tecnológico de los procesos industriales referidos a los tratamientos térmicos y tiene como objetivo fundamental mejorar la calidad de dichos procesos. Los principales equipos y procesos que tiene en su planta propia son hornos de temple integral (*batch furnace*); hornos de fosa (cementación, nitruración gaseosa, temple con atmósfera controlada de hasta tres metros y medio de largo, nitrocarburation, carbonitrurado, recocidos, y normalizados); hornos de revenido; hornos para tratamiento térmico de aceros especiales; hornos continuos; PVD; nueve sistemas de temple por inducción de media y alta frecuencia, que incluyen celda de alta producción robotizada y máquina de control numérico computarizado (CNC) para piezas de hasta siete metros de largo; procesos auxiliares (*blasting*, granallado, *rotofinish*, lavadoras); y laboratorio de ensayos metalográficos y análisis de materiales.

---

<sup>1</sup> *Physical vapor deposition*

### 3.2. Proyecto: tanques para vehículos propulsados con GNC

Los vehículos impulsados por el GNC funcionan de manera muy similar a los vehículos con motores de combustión interna mediante la utilización de nafta y de encendido por chispa. El GNC se almacena en un cilindro de alta presión. Además, el sistema de combustible envía gas a alta presión desde el cilindro a través de las líneas de combustible, en las que un regulador de presión la reduce a un nivel compatible con el sistema de inyección del motor. El combustible se introduce en el colector de admisión o cámara de combustión, en el que se mezcla con aire, y luego se comprime y se enciende mediante una bujía. Para lograr el funcionamiento de un vehículo de estas características, se necesita realizar una adaptación que incluye los siguientes elementos:

- cilindro: depósito de combustible que almacena GNC a 200 bar de presión máxima, así como tubos sin soldadura y tratados térmicamente. El tratamiento térmico de esta pieza del sistema se evalúa en este trabajo;
- válvula: dispositivo de seguridad para el exceso de presión, y para la apertura y cierre rápido del circuito;
- cañerías de conexión: tubos rígidos de alta presión que conectan el cilindro de GNC con el motor;
- regulador de presión para la alimentación de GNC al motor: múltiples etapas de regulación que reducen a una presión constante el gas;
- *display* indicador y selector de combustible: sistema electrónico de gestión del motor para elegir entre nafta o gas natural, ya sea automáticamente, por temperatura, o manualmente;
- válvula de carga de GNC instalada dentro del compartimento del motor o en algún punto exterior del vehículo;
- manómetro: indicador de presión instalado entre el cilindro y el regulador de presión que mide e indica continuamente la presión del GNC almacenado en dicho cilindro; y
- sistema de inyección: inyecta GNC en los cilindros del motor.

## 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1. Documentación de la situación de partida: VSM

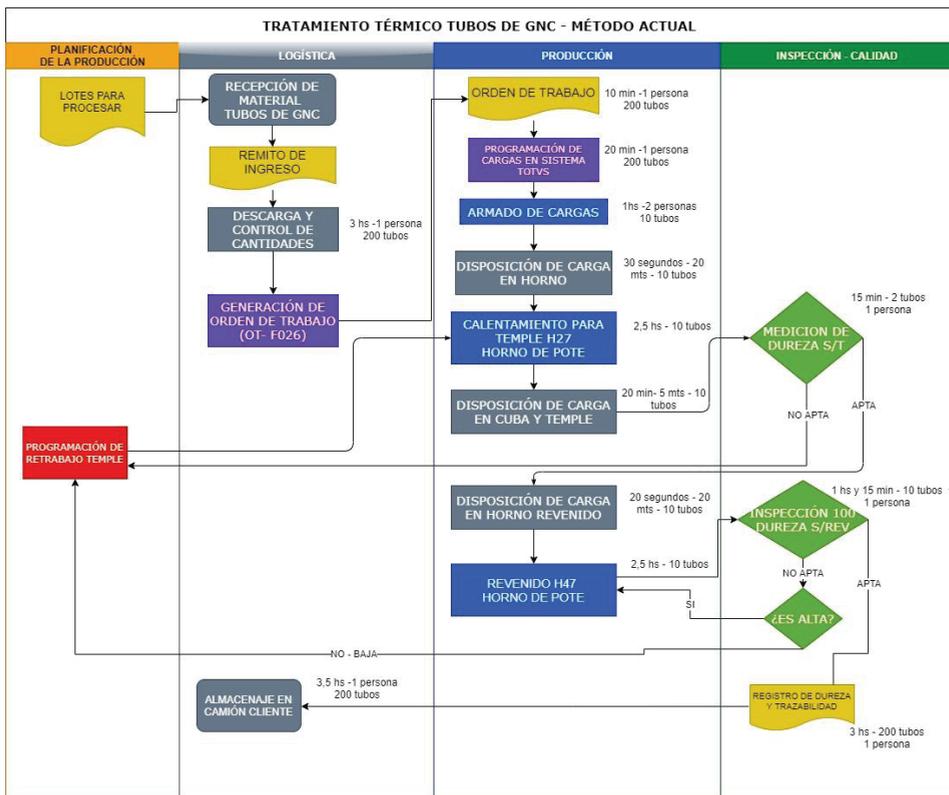
La actividad que agrega valor es el proceso de temple y revenido que se realiza en los tubos de GNC. Debido a la presión de trabajo que deben soportar, los cilindros de GNC son construidos en aleaciones especiales de acero y requieren tratamiento térmico, proceso que consiste en un calentamiento y un enfriamiento brusco en una cuba con una solución de agua y un polímero. Esta primera etapa se llama “temple” y da al acero una gran resistencia mecánica y una elevada dureza. Sin embargo, dicha resistencia tiene un exceso de fragilidad, por lo cual se debe hacer un revenido, que corresponde a la segunda etapa del tratamiento térmico. Esta consiste en un calentamiento (a una temperatura menor a la del temple) y un posterior enfriamiento al aire. Luego de estas dos etapas, los cilindros de GNC poseen una resistencia y tenacidad suficiente para soportar las presiones de trabajo sin fallar.

A fin de conocer las necesidades de los *stakeholders* de la empresa, se entrevistó al vicepresidente de la empresa, quien mencionó las características del proceso productivo en el que se encuentran las mayores oportunidades de mejoras en el momento del diseño de la nueva línea: producción por lotes, manipuleo en exceso mediante puentes grúas y autoelevadores, el método de calentamiento energéticamente deficiente, la necesidad de contar con mano de obra especializada duplicada por el método de armado de la carga de tubos, problemas de calidad referidos a retrabajos debido a variaciones en las variables de proceso, la imposibilidad de utilizar los equipos para la producción de otros clientes, y la estructura de costos del proceso demasiado elevada para el mercado. Además, se reúne información por medio de conversaciones con los operadores de la línea de producción sobre los puntos que generan mayor inquietud y que, en su opinión, deberían tenerse en cuenta a la hora de construir una nueva línea de producción. Ellos comentaron los siguientes puntos: incomodidad en el armado de cargas de los tubos, exceso de manipuleo manual de las piezas, demoras en el armado de cargas por el método empleado, desgaste prematuro de los dispositivos usados para armar la carga de tubos sometidos al estrés térmico e inestabilidad del proceso. Todos los aspectos mencionados generan demoras. El dispositivo se arma con dos pisos de cilindros de GNC usando dos operarios: uno principal y otro auxiliar.

La figura 2 presenta el flujograma del proceso antes de hacer la inversión. En el proceso se usan múltiples equipos/hornos que comparten producción con diversas piezas y clientes al mismo tiempo. La planificación de la producción se organiza sobre la base de la demanda de cada uno de los clientes. En niveles de producción actuales,

estos equipos son los cuellos de botella. Parte de la problemática consiste en que la forma de producción no es la adecuada para el tipo de aplicación. Además, por problemas financieros de la empresa en el pasado, no se pudo avanzar con la construcción de una línea de uso exclusivo para la producción de cilindros de GNC, con lo que se habría liberado presión productiva y se habría generado tiempo ocioso que podría ser dedicado a la producción de otro tipo de piezas.

**Figura 2.** Flujograma tratamiento térmico cilindros de GNC – preinversión



La empresa se enfrenta al desafío de generar un cambio en la metodología de la realización del tratamiento térmico de los cilindros de GNC. El impacto del cambio será no solo a nivel económico, sino también a nivel de calidad. Para poder comprender la situación en la cual se encuentra el proceso, se prepara un VSM con el que se visualizan las etapas del proceso, en especial, aquellas que no generan valor agregado.

Así, se puede hacer énfasis en ellas para poder modificarlas/reemplazarlas/eliminarlas a fin de poder diseñar el nuevo proceso (Maskell et al., 2011; Socconini, 2019). Para construir el VSM, se tienen en cuenta los siguientes datos y consideraciones:

- lotes de cilindros de GNC de 58 litros;
- cargas de 10 unidades: dependiendo el modelo de pieza, por medio del dispositivo para tubos de GNC;
- descarga del material;
- tiempo de disponibilidad para el horno #1 al 85% y uso compartido con otros procesos al 10%;
- tiempo de disponibilidad para el horno #2 al 85% y uso compartido con otros procesos al 20%;
- 16 turnos productivos para producción y 5 turnos productivos para logística; y
- la demanda actual del proveedor es de 280 cilindros semanales.

La figura 3 presenta el *layout* del proceso, en el que se muestra el flujo de material en la planta para comprender el movimiento de las piezas durante toda la estancia, mientras que la figura 4 presenta el VSM antes de la inversión. El análisis del VSM ayuda a ver ciertas características productivas del método de producción y separa las actividades que generan valor de las que no. Del total de seis actividades, tres no agregan valor:

- Recepción y descarga de material: la descarga de los cilindros de GNC genera un doble movimiento. Primero, se depositan en un sector de la planta y, luego, son desplazados a metros de esta posición inicial para armar las cargas.
- Armado de carga: se requieren cuatro cargas armadas (cuarenta cilindros) para tener un stock de seguridad previo al proceso de temple de al menos doce horas de producción. Hay riesgos de accidente en el manipuleo de las piezas. Además, la sujeción entre el piso superior y el inferior se hace con alambre recocado, que es un insumo complejo de adquirir debido a que solo se usa en un ciclo; de esta manera, se genera un desperdicio elevado.
- Recepción y descarga de material: así como la descarga, requiere dos movimientos.

Por otro lado, las otras tres actividades sí generan valor:

- Calentamiento y temple: el proceso actual por lotes requiere abrir la puerta del horno para la carga y descarga de las cargas de 10 tubos. Así, se genera una caída de la temperatura y se necesita una hora hasta retomar la temperatura adecuada del proceso. Para realizar el enfriamiento (temple) de cada carga, hay una cuba de 12.000 litros. Los dispositivos de la carga sufren elevado estrés térmico, por lo que su vida útil se reduce en un 50%. El equipo utilizado (horno #1) cuenta con demanda de uso por otros clientes, con lo que se generan retrasos en las entregas.
- Revenido y enfriamiento a temperatura ambiente: la apertura de la puerta del horno conlleva a que caiga la temperatura. Se usa un ventilador industrial para enfriar las cargas desde 500-600°C, con lo que se genera un *buffer* de producción de 10 cilindros. El equipo utilizado (horno #2) cuenta con altísima demanda de uso por otros clientes, por lo que se generan retrasos en las entregas.
- Inspección final: aporta valor porque cada tubo es controlado, dado que son piezas de seguridad. Así, se registra la dureza de cada una de las piezas con baja automatización.

**Figura 3.** Layout del proceso antes de la inversión (actual)

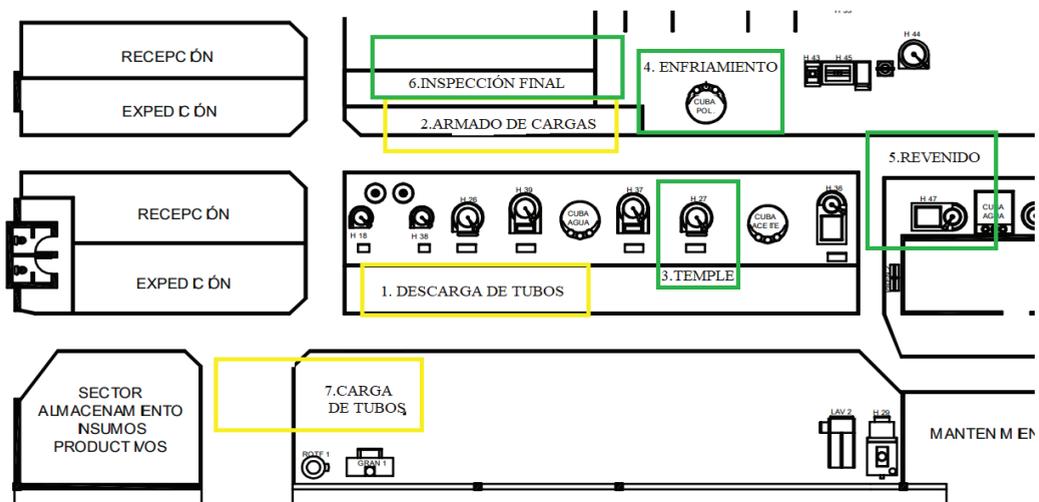
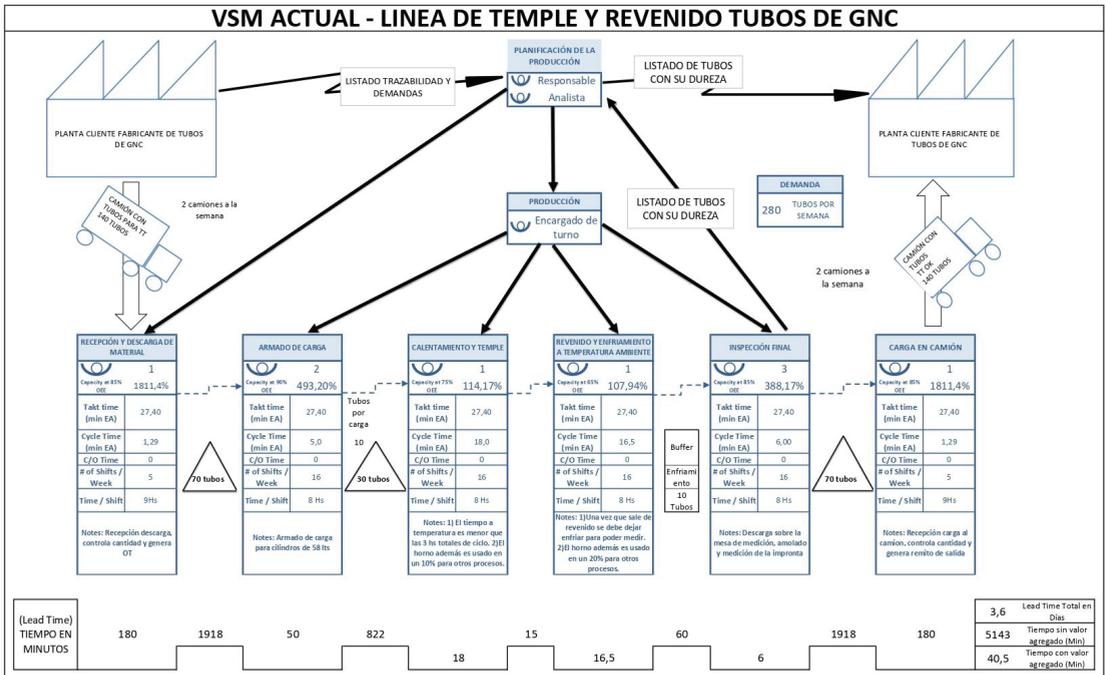


Figura 4. VSM antes de la inversión (actual)



### 4.2. Nuevo proceso productivo propuesto

Luego de mapear el proceso, y presentárselo al vicepresidente de la empresa y a algunos operarios, se identifican las mejoras que se desean obtener. En primer lugar, se busca cambiar la producción por lotes a una continua que permitirá minimizar el manipuleo en exceso con puentes grúas y autoelevadores. Así, se automatizarán todos los procesos que se puedan al eliminar el armado de cargas de diez tubos. En segundo lugar, se busca la eficiencia energética manteniendo la temperatura y el calentamiento de la atmósfera de los hornos. En tercer lugar, con respecto a la mano de obra, se busca que un operador tenga el control completo del proceso para minimizar problemas de calidad (retrabajos).

A fin de determinar la viabilidad técnica y operativa del proyecto, se preparó un VSM que muestra el flujo de materiales, de información y de recursos para la línea propuesta (ver figura 6). Con el nuevo VSM futuro, se analizan las características de modo comparativo con las del proceso antes de la inversión. Se observa que las actividades que agregan valor siguen siendo las mismas y que la inversión está destinada a aumentar su peso en el proceso, mientras que se busca reducir al mínimo las

actividades que no generan valor, pero son necesarias. Las características que definen el proceso después de la inversión incluyen el cambio de proceso de lotes a proceso continuo, la eliminación de la necesidad de usar dispositivos para armar la carga de 10 tubos (lote), la eficiencia energética, el aumento de capacidad (al liberar tiempo en los hornos #1 y #2), la disminución de la mano de obra, la construcción de nuevos hornos con cambio en el concepto de funcionamiento, la disminución del tiempo hasta que las piezas estén a temperatura y el aumento sustancial del grado de automatización. La tabla 1 ofrece un resumen cuantitativo y comparativo que destaca las bondades que representaría a nivel productivo el cambio en el proceso. Gráficamente, una de las bondades es la simplificación del *layout* del proceso en el que el cambio en el flujo de materiales ahorra traslados y manipulación de piezas, y concentra la totalidad de las piezas a procesar en un sector delimitado (ver figura 5).

**Tabla 1. Análisis cuantitativo de mejoras del proceso antes y después de la inversión**

	VSM actual	VSM futuro
Etapas totales	6	5
Etapas que agregan valor	3	3
Tiempo sin valor agregado (minutos)	5.143	2.960
Tiempo sin valor agregado (días)	3,6	2,1
Tiempo de ciclo total (minutos)	40,5	18
Lead time (días) 3,63,0 / Tiempo a temperatura (horas)	3	1
Mano de obra interviniente en el proceso	9	5

**Figura 5. Layout del proceso después de la inversión**

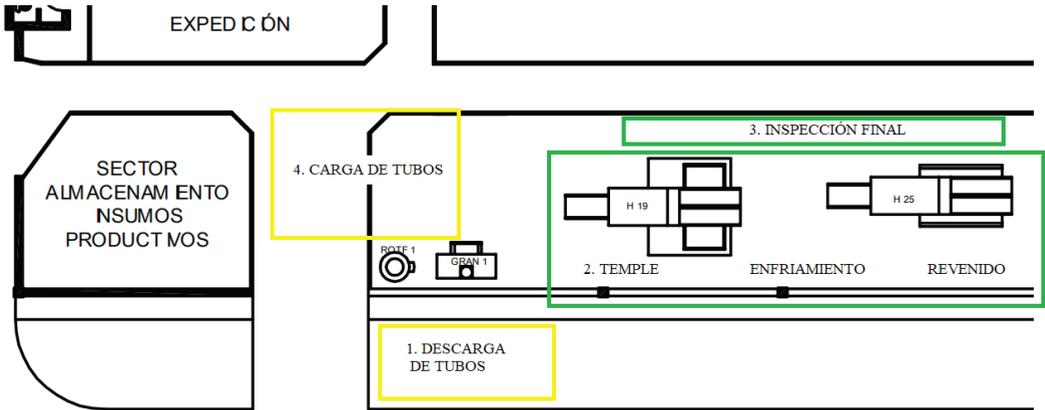
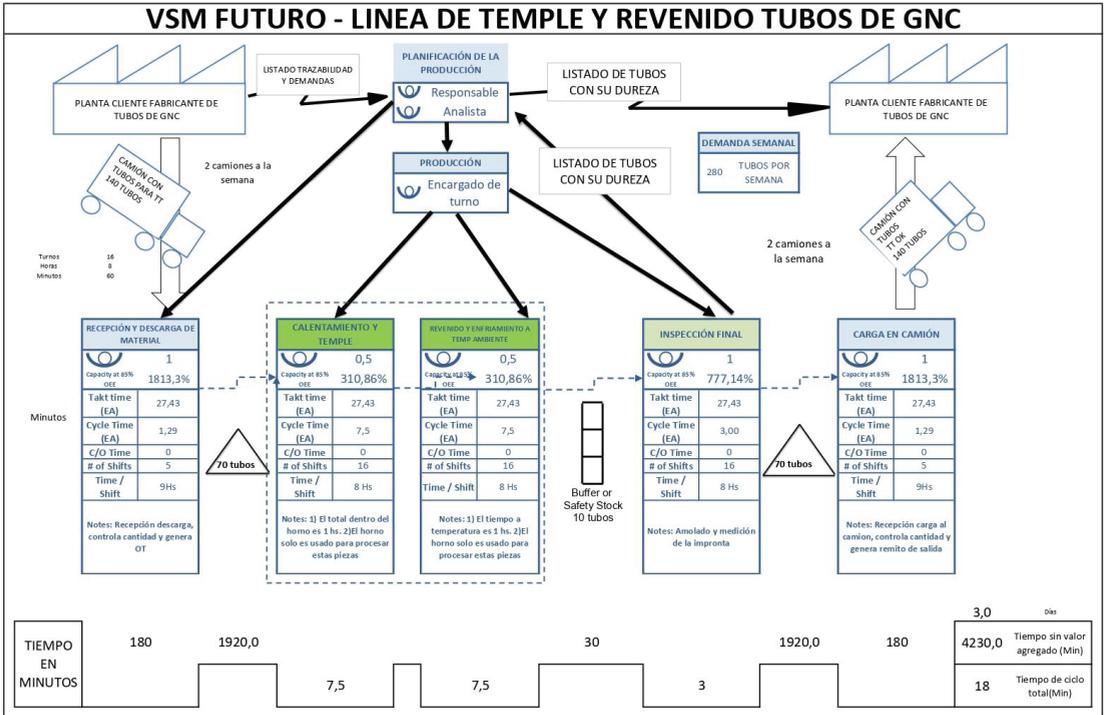


Figura 6. VSM de la propuesta de inversión (futuro)



### 4.3. Análisis financiero: ahorro de costos

El análisis financiero del proyecto se hace por etapas. La primera etapa del proyecto es la de preinversión, en la que se plantea el desarrollo y el diseño de una nueva línea de producción. La empresa cuenta con un departamento que desarrolla, diseña, construye e implementa líneas de producción similares. Esta etapa suele ser subestimada por lo dificultoso que es el cálculo real de tiempos insumidos en el diseño de cada componente de la línea. En la etapa de preinversión se realizan varias actividades, tales como el estudio del espacio físico y el relevamiento (se tiene el espacio disponible o se realiza una inversión en infraestructura edilicia), la definición de especificaciones (temperatura de trabajo, tiempo hasta que las piezas estén a temperatura, atmósfera del horno, superficie total a utilizar, medio de enfriamiento, capacidad total de bombeo, etc.), preingeniería mecánica (determinar si técnica y físicamente es posible realizar las construcciones mecánicas necesarias), preingeniería electrónica y sistemas de control (evaluar la viabilidad del software y hardware de control), ingeniería (materializar ideas, preingeniería para concretar el diseño), simulación del proceso (simular su funcionamiento en condiciones de trabajo que permiten realizar

iteraciones sobre el diseño a fin de lograr condiciones ideales de funcionamiento), y cotizaciones de insumos (normalmente, no se tienen en cuenta, pero concretar la cotización/compra de insumos técnicos complejos requiere de mucho tiempo). Los datos obtenidos del área de Ingeniería permitieron determinar los tiempos y costos estimados de esta etapa (ver tabla 2).

**Tabla 2.** Costos de la etapa de preinversión

CONCEPTO	Personas	Horas	Total de horas	Costo por horas (USD)	Subtotal (USD)
Estudio de espacio físico y relevamiento	1	10	10		280,00
Definición de especificaciones	2	6	12		336,00
Preingeniería mecánica	2	8	16		448,00
Preingeniería electrónica y sistemas de control	1	12	12		336,00
Simulación del proceso	1	10	10	28,00	280,00
Cotizaciones de insumos	2	6	12		336,00
Ingeniería - Sistemas mecánicos	2	30	60		1.680,00
Ingeniería - Sistemas electrónicos y sistemas de control	1	25	25		700,00
<b>Totales de horas y costo en USD</b>			<b>157</b>		<b>4.396,00</b>
<b>Costo total en pesos de Argentina, según tipo de cambio al momento del análisis (\$)</b>					<b>\$417.620,00</b>

*Nota.* USD = dólares de Estados Unidos; \$ = pesos de Argentina. La conversión de USD a \$ se hace con el tipo de cambio vigente al momento del análisis.

La segunda etapa, que es la de inversión, requiere definiciones de proveedores, insumos y espacios físicos para el emplazamiento de la nueva línea. Primero, se detallan los insumos necesarios en los que invertirá la empresa para la compra o fabricación de las distintas partes de los equipos y sus costos estimados (ver tabla 3). Esto se complementa con los datos de la cantidad de mano de obra necesaria para realizar dichas tareas. En la tabla 4 se encuentran desglosadas por el sistema o área en la que estarán trabajando; así mismo, se presenta el detalle del costo del área (ver tabla 4).

**Tabla 3.** Costo de insumos etapa inversión

CONCEPTO		Canti- dad	Costo unitario (\$ y USD) *	Subtotal (\$)
Fumistería	Ladrillos refractarios, guías internas, cemento refractario	2	\$535.000,00	\$1.070.000,00
Estructuras metálicas	Caños estructurales Estructuras de caños	2	\$350.000,00	\$700.000,00
	Corte plasma de chapas Inoxidable interno	2	USD5.000-	\$950.000,00
Electricidad y electrónica	Insumos varios de soldadura y fijación			
	Termocuplas, pirómetros y controladores	2	\$40.000,00	\$80.000,00
	Cableado	1	\$60.000,00	\$60.000,00
	Motores	4	\$9.500,00	\$38.000,00
Sistemas neumáticos	Cilindros, mangueras, actuadores, acoples	1	\$200.000,00	\$200.000,00
Combustión	Quemadores	8	USD1.000	\$760.000,00
	Cañería de conexión	1	\$150.000,00	\$150.000,00
	Sistema de encendido (termocuplas)	8	\$1.900,00	\$15.200,00
Sistemas de enfriamiento	Cañerías, cuba de temple	1	\$60.000,00	\$60.000,00
	Torre de enfriamiento	1	\$220.000,00	\$220.000,00
	Bombas de alimentación	3	\$30.000,00	\$90.000,00
Costo total de insumos (\$)				\$4.393.200,00

Nota. USD = dólares de Estados Unidos; \$ = pesos de Argentina. La conversión de USD a \$ se hace con el tipo de cambio vigente al momento del análisis.

**Tabla 4.** Costo de mano de obra etapa inversión

CONCEPTO	Personas	Horas	Subtotal (Hs)	Costo x horas (\$)	Subtotal (\$)
Fumistería	2	92	184	\$625,00	115.000,00
Estructuras metálicas	2	184	368	\$625,00	230.000,00
Electricidad y electrónica	2	25	50	\$625,00	31.250,00
Sistemas neumáticos	1	20	20	\$625,00	12.500,00
Combustión	2	25	50	\$625,00	\$31.250,00
Sistemas de enfriamiento	2	30	60	\$625,00	\$37.500,00
Costo total mano de obra (\$)					\$457.500,00

Nota. \$ = pesos de Argentina.

Finalizada la construcción de la línea, se requiere que la maquinaria y los equipos usados para tratamientos térmicos se sometan a un proceso de puesta a punto para lograr encontrar la estabilidad deseada. Durante la puesta a punto, se pueden modificar

dispositivos, sistemas de movimiento y la propia combustión de los hornos. El proceso se ejecuta en cuatro etapas: 1) calibración de pirometría y sistema de combustión; 2) homogeneidad de la atmósfera y temperatura del equipo, que implica asegurar que dentro de la cámara principal la temperatura esté asegurada; 3) regulación sistemas de movimiento; 4) y sistema de enfriamiento (temple). El tiempo necesario para la puesta a punto es fundamental, ya que consiste en tiempos de preproducción y costos por demoras que se generan antes de pasar a la etapa de operación de la línea. Los costos de la puesta a punto se detallan en la tabla 5: en el panel A, se presenta la información con respecto a la mano de obra (MO); y en el panel B, los costos asociados al consumo energético estimados si la línea estuviera funcionando durante 5 días.

**Tabla 5. Costos de la puesta a punto**

<b>Panel A - Costo de mano de obra para la puesta a punto</b>					
CONCEPTO	Personas	Horas	Subtotal (horas)	Costo por horas (\$)	Subtotal (\$)
Puesta a punto de mantenimiento	1	15	15	\$625,00	\$9.375,00
Puesta a punto de ingeniería	2	20	40	\$825,00	\$33.000,00
Costo total mano de obra (\$)					\$42.375,00
<b>Panel B - Costo de insumos para la puesta a punto</b>					
CONCEPTO	Unidad			Subtotal (\$)	
Gas natural	M <sup>3</sup>			\$23.863,64	
Electricidad	KWh			\$24.545,45	
Costo total de energía (\$)				\$48.409,09	

*Nota.* \$ = pesos de Argentina.

Los costos totales necesarios para afrontar la etapa de inversión suman \$4.941.484,09. El costo total de insumos es \$4.393.200,00 (ver tabla 3). El costo total de mano de obra es \$457.500,00 (ver tabla 4). Por último, el costo total de la puesta a punto es \$42.375,00 para mano de obra y \$48.409,09 para energía (ver tabla 5).

La última etapa es la de operación, en la que se realiza el tratamiento térmico de los cilindros de GNC. Al ser una inversión para reemplazar una línea existente, los costos recurrentes de operación y mantenimiento son estimados como costos diferenciales que obtienen como resultado un costo por kilogramo procesado. Con el fin de comprender en detalle los costos asociados y determinar el cambio en el costo total de operación por kilogramo procesado, primero se analiza el costo mensual de mantenimiento (ver tabla 6). Luego, este es incorporado en el cálculo total de insumos, mantenimiento y mano de obra para determinar que el costo total por kilogramo procesado cae de \$34,25 a \$18,82 después de la inversión (ver tabla 7).

**Tabla 6. Costo total de la operación**

<b>Panel A - Costo total de dispositivos antes y después de la inversión</b>						
<b>Ítems para dispositivos</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio unitario</b>	<b>Subtotal</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio unitario</b>	<b>Subtotal</b>
<b>Línea actual</b>			<b>Línea nueva</b>			
Columna	1	USD 920	\$87.400	0		
Gancho	1	USD 38,8	\$3.686	0		
Base-grilla	1	USD 896,8	\$85.196	0		
Perno inferior (Aisi 310 por metro)	1	USD 38,8	\$3.686	0		
Aros	2	USD 1031,6	\$196.004	0		
Mano de obra de armado de dispositivos (horas)	6	\$505,43	\$3.033	0		
Insumos varios	1	USD 25	\$2.375	0		
Costo unitario de dispositivo armado			\$381.380	No usa dispositivos.		\$0
<b>Panel B - Costo total de mantenimiento antes y después de la inversión</b>						
<b>Ítems para mantenimiento de equipos</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio unitario</b>	<b>Subtotal</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio unitario</b>	<b>Subtotal</b>
<b>Línea actual</b>			<b>Línea nueva</b>			
Tubos radiantes	15	USD293	\$417.525	20	USD97,67	\$185.567
Insumos varios	1	USD200	\$19.000	1	USD200	\$19.000
Mano de obra para cambio de tubos y reparación de fumistería	36	\$625	\$22.500	40	\$625	\$25.000
Insumos de fumistería	1	\$80.000	\$80.000	1	\$100.000	\$100.000
Insumos varios (neumática, mecánica y eléctrica)	1	\$100.000	\$100.000	1	\$120.000	\$120.000
Costo total de mantenimiento de equipos			\$639.025			\$449.567
<b>Panel C - Costo mensual de dispositivos, y mantenimiento antes y después de la inversión</b>						
<b>Cálculo del costo por mes, considerando el porcentaje de capacidad instalada que usa cada proceso</b>						
<b>Línea actual</b>			<b>Línea nueva</b>			
Vida útil (meses)	18			24		
Costo mensual en dispositivos	Uso al 80% durante 18 meses		\$16.950	Uso al 100% durante 24 meses		\$0
Costo mensual de mantenimiento de equipos	Uso al 80% durante 18 meses		\$28.401	Uso al 100% durante 24 meses		\$18.732
Costo mensual total de operación en dispositivos y mantenimiento (línea actual)			\$45.351	Costo (línea nueva)		\$18.732

Nota. USD = dólares de Estados Unidos; \$ = pesos de Argentina. La conversión de USD a \$ se hace con el tipo de cambio vigente al momento del análisis.

**Tabla 7. Costo total por kilogramo procesado**

<b>Panel A - Costo total de mantenimiento e insumos antes y después de la inversión</b>								
Ítem	Monto	Kg procesados	Subtotal de kg	Monto	Kg procesados	Subtotal de kg		
Línea actual			Línea nueva					
Luz	\$900.000	200.000	\$4,50	\$900.000	200.000	\$4,50		
Gas (proveedor #1)	\$168.292	200.000	\$0,84	\$168.292	200.000	\$0,84		
Gas (proveedor #2)	\$646.000	200.000	\$3,23	\$646.000	200.000	\$3,23		
Agua	\$24.548	200.000	\$0,12	\$24.548	200.000	\$0,12		
Costo mensual de dispositivos (ver panel C de tabla 6)	\$16.950	7.500	\$2,26	No usa dispositivos.		\$-		
Insumo medio de enfriamiento	\$4.876,67	30.000	\$0,16	\$3.251,11	30.000	\$0,11		
Costo mensual mantenimiento de equipos (ver panel C de tabla 6)	\$28.401	30.000	\$0,95	\$18.732	30.000	\$0,62		
Total por kilogramo procesado			\$12,06			\$9,43		
<b>Panel B - Costo total de mano de obra (MO) antes y después de la inversión</b>								
Salario mensual	Costo unitario	Costo por hora	Cantidad (horas)	Subtotal (\$)	Costo por kg procesado	Cantidad (horas)	Subtotal (\$)	Costo por kg procesado
Línea actual				Línea nueva				
Inspector	\$101.397	\$551,07	368	\$202.794	\$6,76	18,4	\$10.140	\$0,34
Operario principal	\$98.251	\$533,97	460	\$245.628	\$8,19	460	\$245.628	\$8,19
Operario auxiliar	\$83.050	\$451,36	460	\$207.625	\$6,92	36,8	\$16.610	\$0,55
Mulero	\$78.653	\$427,46	18.4	\$7.865	\$0,26	18,4	\$7.865	\$0,26
Pasante	\$32.075	\$174,32	9.2	\$1.604	\$0,05	9,2	\$1.604	\$0,05
Costo de mano de obra por kg procesado					\$22,18			\$9,39
<b>Panel C - Costo total de mantenimiento, insumos y mano de obra por kilogramo procesado</b>								
Costo total por kilogramo procesado				Línea actual	Línea nueva			
Costo de mantenimiento e insumos (ver panel A de tabla 7)				\$12,06	\$9,43			
Costo de mano de obra (ver panel B de tabla 7)				\$22,18	\$9,39			
Costo total				\$34,24	\$18,82			

Nota. \$ = pesos de Argentina.

#### 4.4. Evaluación de proyectos de inversión

Para evaluar la conveniencia financiero-económica del proyecto de inversión, se pueden usar varias herramientas. Sin embargo, el punto de partida es la estimación de flujos de fondos a lo largo de la vida del proyecto. En este caso se usa el costo diferencial para estimar los flujos de fondos mensuales que son recurrentes en la operación. Luego, se incorporan los flujos de fondos que ocurren al inicio de la vida del proyecto. En el panel A de la tabla 8, se detallan los flujos mensuales de operación que se han estimado usando los siguientes supuestos:

- a) Se consideran 25.000 kg procesados promedios (ventas y estimaciones de demanda). El precio de venta es de \$39/kg.
- b) Se consideran los costos de la etapa de operación de \$34,25 y \$18,82.
- c) Se divide el costo total de la inversión en los 18 meses de operación del proyecto.
- d) Solo si no se hace la inversión, la línea necesitará un *major overhaul* en el futuro; dicho valor surge de información histórica sobre mantenimientos realizados a dichos equipos.
- e) Las estimaciones se realizan sobre la base de información histórica de la empresa.
- f) Los datos tomados de la tabla 8 corresponden al mantenimiento programado.
- g) Es \$0 debido a que los equipos en desuso se utilizarán para producir otras piezas.
- h) Se consideran valores surgidos a partir de estudios de la empresa sobre el valor de reventa de ambas líneas a nivel internacional.
- i) Se consideran 25.000 kg procesados promedio y un valor de \$39 como precio de venta que se da luego de liberar capacidad de la vieja línea.

El panel B de la tabla 8, que resume los flujos anuales al hacer la inversión, se ha basado en los siguientes supuestos:

1. El precio de venta estima un 35% de aumento interanual. El método elegido para financiar el proyecto es a través de una reducción del precio de venta para el cliente, el cual aportará el capital necesario para la construcción. Durante el año 1, se mantiene el precio más allá de que no genera ningún cambio significativo, ya que, a lo largo de ese año, se construirá el equipo.
2. Durante el año 1, no se generan ventas. Por lo tanto, el flujo de fondos arroja valores negativos (la nueva línea está en construcción).

3. Debido a que no se incurre en préstamos para solventar los costos de la construcción de la línea, no se tienen en cuenta los intereses financieros.
4. Se toman datos de los cálculos de costos de la etapa de operación (ver el año 1 del panel B de la tabla 8), ajustados por inflación al 35% anual para los años subsiguientes (el cálculo del año 2 es  $\$18,82 \times 300.000 \text{ kg} \times 1.35 = \$7.622.100$ ).
5. Los datos se toman de los cálculos de costos de la etapa de inversión (ver tablas 3, 4 y 5).

**Tabla 8. Estimación de flujos de fondos del proyecto**

<b>Panel A - Flujo de fondos mensual: línea actual vs línea nueva</b>				
<b>Flujo de fondos mensualizado</b>				
	<b>Línea actual</b>	<b>Línea nueva</b>		
(a) Ingresos por ventas	\$975.000	\$975.000		
(b) Costos de operación	-\$856.183	-\$470.546		
<b>Flujo de fondos periódicos</b>	<b>\$118.817</b>	<b>\$504.454</b>		
(c) Inversión inicial	-	-\$274.527		
(d) <i>Major overhaul</i>	-\$166.667	-		
(e) Reparaciones imprevistas	-\$16.000	-\$10.000		
(f) Mantenimiento programado	-\$45.351	-\$18.732		
(g) Flujo de fondos periódicos	\$118.817	\$504.454		
(h) Venta de equipo	-	-		
(i) Recuperación del equipo	\$1.500.000	\$3.500.000		
(j) Exceso de capacidad	\$625.000	-		
<b>Total</b>	<b>\$2.015.799</b>	<b>\$3.701.195</b>		
<b>Panel B - Flujo de fondos anual del proyecto de inversión</b>				
	<b>Año 1</b>	<b>Año 2</b>	<b>Año 3</b>	<b>Año 4</b>
Kg procesados	0	300000	300000	300000
Precio de venta (1)	\$39,00	\$36,86	\$49,75	\$67,17
Ingreso por ventas (2)	\$0	\$11.056.500	\$14.926.275	\$20.150.471
Intereses financieros (3)	\$0	\$0	\$0	\$0
Costos operativos (4)	\$0	-\$7.622.846	-\$10.290.843	-\$13.892.638
Costos de construcción (5)	-\$4.947.314	\$0	\$0	\$0
<b>Flujo del proyecto</b>	<b>-\$4.947.314</b>	<b>\$3.433.654</b>	<b>\$4.635.432</b>	<b>\$6.257.834</b>

Nota. \$ = pesos de Argentina.

Cuando se evalúan nuevas inversiones, es necesario conocer las posibilidades de éxito, la rentabilidad, los beneficios que traerán y la viabilidad del proyecto que se pretende iniciar. El valor actual neto (en adelante, VAN) y la tasa interna de retorno (en adelante, TIR) son dos indicadores financieros que permiten analizar el posible proyecto de inversión. Aplicando la fórmula de VAN con una tasa de descuento del 35% que captura el proceso inflacionario del país, el VAN al cabo de cuatro años es \$1.472.172; al ser positivo, indica que el proyecto puede ser rentable. La TIR da una medida relativa de la rentabilidad que, de acuerdo a los flujos de fondos evaluados durante los cuatro años del proyecto de la nueva línea, corresponde a 69,07%; así, confirma que su rentabilidad está por encima del mínimo requerido.

Para conocer en qué tiempo se recupera la inversión realizada en el proyecto, se debe comparar el valor actual (descontados) de los flujos de efectivo con el monto inicial de inversión. El punto en el que se recupera la inversión es cuando los flujos son iguales entre sí. Entonces, todo ingreso que se genere a partir de ese momento será ganancia. El resultado del proyecto da 2,35 años o aproximadamente 28 meses para ello.

Otra herramienta a usar es el índice beneficio/costo (en adelante, B/C), también conocido como “relación beneficio/costo”, que compara directamente los beneficios y los costos de un proyecto para definir su viabilidad. Para calcular la relación B/C, se debe realizar primero la suma de todos los beneficios descontados y actualizados al valor presente. Luego, se divide sobre la suma de los costos también descontados. El índice para el proyecto que se está evaluando al cabo de cuatro años es 1,54; así, se determina que es un proyecto que genera mayores beneficios que los costos incurridos.

Una vez que los flujos de fondos han sido estimados, pueden usarse para construir diversos escenarios y ejecutar análisis de sensibilidad. Existen múltiples factores que pueden modificar la demanda de los tubos de GNC. Entre ellos, se puede citar la variación de los precios de los combustibles, el aumento del parque automotor, la variación del tipo de cambio, los cambios en la matriz energética nacional, la mejora en la tecnología de motores de combustión, las crisis económicas, las fluctuaciones en el nivel de ingresos de las personas y los cambios en las políticas de importación.

## 5. CONCLUSIONES

En este trabajo, se ha desarrollado y explicado paso a paso cómo identificar el ahorro de costos en una empresa que usa *lean accounting* y cómo esos ahorros se integran en una evaluación de proyecto de inversión. Este trabajo vincula aspectos del método

de producción, gestión de stock y aspectos logísticos, así como mejoras aplicando *lean manufacturing* e indicadores financieros del proyecto. El desarrollo del proyecto de inversión permitió a la empresa que fue objeto de estudio mejorar los tiempos de entrega, la seguridad de la operación, la estabilidad productiva, la automatización del proceso y el aumento de la capacidad de procesamiento de la planta a nivel global. También hizo visibles focos de ineficiencia del proceso actual que impactaban en el manipuleo de piezas, los costos de operación, retrabajos y la mano de obra directa (Maskell et al., 2011). Este estudio tiene semejanzas con el método del caso seguido por Gil Robles (2018), aunque se diferencia en que el investigador mencionado interviene en la empresa como participante. Por ello, metodológicamente, este estudio se encuadra en lo que se conoce como “intervención de investigación” (Jönsson & Lukka, 2007).

Este estudio buscó trabajar con un caso real para responder si las herramientas de *lean accounting* se usan en empresas de pequeño o mediano tamaño en América Latina. El resultado expande las conclusiones de Lopes Negrão et al. (2020) agregando un caso más detallado y las de Rocca Espinoza et al. (2016) al mostrar un caso de aplicación exitosa de *lean accounting*. También se confirman las conclusiones de Gazoli de Oliveira y Ribeiro da Rocha Junior (2019), que señalan que una aplicación parcial del VSM genera aumentos en la productividad y los resultados financieros. Finalmente, se respaldan los resultados de Carvalho et al. (2019) documentando el caso de una empresa de Córdoba que usó exitosamente herramientas de *lean accounting*.

Se argumenta que este es un caso exitoso porque, al construir la nueva línea automatizada de temple de cilindros de GNC, la empresa estará en una mejor posición económica y de producción. Los costos de operación por cada kilogramo procesado de la nueva línea propuesta son un 45,05% menores frente a los valores anteriores a la inversión. Sin embargo, a medida que el proyecto avanza, se ha trabajado en minimizar y eficientizar los procesos a fin de disminuir los costos previniendo una baja demanda o maximizando los beneficios del proyecto. El análisis de inversión del proyecto brinda información relevante para la toma de decisión de la dirección de la empresa usando herramientas de *lean accounting* (Garrison et al., 2021; Maskell et al., 2011). Fue importante incorporar el financiamiento propuesto por el cliente en el proyecto mediante una reducción del precio de venta, opción que se evaluó positivamente al ser un costo interorganizacional (Cooper & Slagmulder, 2004, 2005).

Este estudio tiene varias limitaciones que afectan la generalización teórica de sus hallazgos. Una limitación importante del análisis es el uso alternativo a la capacidad extra que se crea al liberar la línea que se usa actualmente. El análisis del aumento de

capacidad por la disponibilidad de dos hornos está fuera del alcance de este trabajo. Por ello, se parte de un supuesto importante, que consiste en que el exceso de capacidad de la inversión evaluada va a ser aprovechada para generar ingresos. El supuesto se basa en la declaración de gerentes y personal de ventas que indican que antes de la inversión se estaban rechazando trabajos; esas declaraciones no fueron cotejadas y se tomaron como válidas sin cuestionarlas. Otra limitación es que el contexto económico volátil en el que se encuentra Argentina puede generar algunos cambios en cuanto a los costos de los insumos a adquirir para construir la nueva línea, mientras que dicha volatilidad puede no estar presente en otros entornos.

Habiendo basado esta investigación en el trabajo de Chain (2011) sobre la formulación y evaluación de proyectos de inversión, se concluye que los conceptos del autor se pueden poner en práctica también en contextos de *lean accounting*. Así, permiten realizar análisis cualitativos y cuantitativos útiles para la toma de decisiones (Garrison et al., 2021). Futuros estudios que documenten otras aplicaciones en contextos de *lean accounting* serán útiles para seguir expandiendo el acervo de herramientas aplicadas por gerentes y dueños de pequeñas y medianas empresas que operan en economías regionales de América Latina.

#### **Contribución de autores:**

**Colazo, J.A.:** Conceptualización, Análisis formal, Investigación, Recursos, Curación de datos, Escritura – borrador original, Visualización. **Porporato, M.:** Conceptualización, Metodología, Validación, Análisis formal, Escritura, revisión y edición, Supervisión, Administración del proyecto.

Jerónimo Alberto Colazo (Colazo, J.A.)

Marcela Porporato (Porporato, M.)

#### **Declaración de conflicto de Intereses**

El (los) autor(es) declara(n) que, durante el proceso de investigación, no ha existido ningún tipo de interés personal, profesional o económico que haya podido influenciar el juicio y/o accionar de los investigadores al momento de elaborar y publicar el presente artículo.

## REFERENCIAS

- Aljabr, A., Kapanowski, G., & Benson, B. B. (2020, setiembre). Lean, six sigma, and cost management methods: Creating successful savings. *Cost Management*, 34, 27-34. <https://doi.org/10.4324/9780429425967-4>
- Busquets Baqué, S. (2014). *Implantación lean management como modelo de negocio*. Universitat Oberta de Catalunya. <http://hdl.handle.net/10609/79170>
- Carvalho, C.P, Carvalho, D.S., & Silva, M.B (2019). Value stream mapping as a lean manufacturing tool: A new account approach for cost saving in a textile company. *International Journal of Production Management and Engineering*, 7(1), 1-12. <https://doi.org/10.4995/ijpme.2019.8607>
- Chain, N. S. (2011). *Proyectos de inversión: Formulación y evaluación* (2da ed.). Pearson Educación.
- Cooper, R., & Slagmulder, R. (2004). Interorganizational cost management and relational context. *Accounting, Organizations and Society*, 29(1), 1-26. [https://doi.org/10.1016/S0361-3682\(03\)00020-5](https://doi.org/10.1016/S0361-3682(03)00020-5)
- Cooper, R., & Slagmulder, R. (2005). Interorganizational costing. En R. Weil & M. Maher (Eds.), *Handbook of cost management* (2da ed., pp. 289-312). Wiley.
- Ente Nacional Generador del Gas (Enargas). (2022). *Precios del GNC en relación a la nafta super - Conversiones – Total país*. Secretaría de Energía, Ministerio de Economía de la Nación. [https://www.enargas.gov.ar/secciones/publicaciones/informes-graficos/pdf/informe\\_1107.pdf](https://www.enargas.gov.ar/secciones/publicaciones/informes-graficos/pdf/informe_1107.pdf)
- Garrison, R., Libby T., & Webb, A. (2021). *Managerial accounting* (12va ed.). McGrawHill.
- Gazoli de Oliveira, A., & Ribeiro da Rocha Junior, W. (2019). Productivity improvement through the implementation of lean manufacturing in a medium-sized furniture industry: A case study. *The South African Journal of Industrial Engineering*, 30(4), 172-188. <https://doi.org/10.7166/30-4-2112>
- Gil Robles, M. (2018). Sistemas de control administrativos: El uso del *stage-gate process* en un ambiente de innovación. *Contabilidad y Negocios*, 13(25), 70-81. <https://doi.org/10.18800/contabilidad.201801.005>
- Jönsson, S., & Lukka, K. (2007). There and back again: Doing interventionist research in Management Accounting. En C. S. Chapman, A. G. Hopwood & M. D. Shields (Eds.), *Handbook of management accounting research* (Vol. 1, pp. 373-397). Elsevier. [https://doi.org/10.1016/S1751-3243\(06\)01015-7](https://doi.org/10.1016/S1751-3243(06)01015-7)
- Lopes Negrão, L.L., Moacir, G. F., Devós Ganga, G.M., Chopra, S., Thürer, M., Neto, M., & Marodin, G.A. (2020). Lean manufacturing implementation in regions with scarce resources: A survey in the Amazon region of Brazil. *Management Decision*, 58(2), 313-343. <https://doi.org/10.1108/MD-10-2018-1082>

- Maskell, B.H., Baggaley, B., & Grasso, L. (2011). *Practical lean accounting: A proven system for measuring and managing the lean enterprise* (2da ed.). CRC Press; Taylor and Francis Group.
- Naga Vamsi, K. J., & Sharma, A. (2014). Lean manufacturing implementation using value stream mapping as a tool: A case study from auto components industry. *International Journal of Lean Six Sigma*, 5(1), 89-116. <https://doi.org/10.1108/IJLSS-04-2012-0002>
- Plascencia Cueva, T. N., & Beltrán Cruz, A. del C. (2020). Asociación interempresarial y su efecto en el desarrollo económico local. *Contabilidad y Negocios*, 15(29), 92-106. <https://doi.org/10.18800/contabilidad.202001.006>
- Rajesh, M., Shalij, P., Kiron, K. Sajith, V., & Sreejith, J. (2019). Methodology for preparing a cost-value stream map. *Journal of Physics: Conference Series*, 1355, 1-9. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1355/1/012021>
- Rivera, L., & Manotas, D. (2014). Performance measurement in lean manufacturing environments. En J. L. García-Alcaraz, A. A. Maldonado-Macías, & G. Cortes-Robles (Eds.), *Lean manufacturing in the developing world: Methodology, case studies and trends from Latin America* (pp. 445-460). Springer International Publishing. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-04951-9\\_21](https://doi.org/10.1007/978-3-319-04951-9_21)
- Rivera L., & Manotas D.F. (2013). How to foresee and measure the real economic impact of a lean manufacturing implementation. En A. Azevedo (Ed.), *Advances in sustainable and competitive manufacturing systems. Lecture notes in mechanical engineering* (pp. 1425-1436). Springer. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-00557-7\\_115](https://doi.org/10.1007/978-3-319-00557-7_115)
- Rocca Espinoza, E., García Pérez de Lema, D., & Duréndez Gómez-Guillamón, A. (2016). Factores determinantes del éxito competitivo en la mipyme: Un estudio empírico en empresas peruanas. *Contabilidad y Negocios*, 11(22), 52-68. <https://doi.org/10.18800/contabilidad.201602.004>
- Socconini, L. (2019). *Lean manufacturing. Paso a paso*. Marge Books.
- Uribe, J. A. F. (2017). *Proyectos de inversión para las pyme*. Ecoe Ediciones.
- Womack, J.P., & Jones, D.T. (2011) *Lean thinking*. Harvard Business School Press.
- Yin, R. (2017). *Case study research and applications: Design and methods* (6ta ed.). Sage Publications.

Fecha de recepción: 18/07/2023

Fecha de revisión: 28/08/2023

Fecha de aceptación: 05/09/2023

Contacto: porpomar@yorku.ca