



**RIDUNAJ**  
Repositorio Institucional  
Digital UNAJ



## Práctica Profesional Supervisada

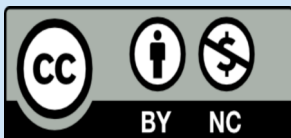
Rios, Tomás Alejo

# Reducción de scrap mediante la implementación de mejoras en TROX Argentina S.A.

*Instituto de Ingeniería y Agronomía*

2024

*Carrera: Ingeniería Industrial*



Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons.

Atribución – No comercial 4.0

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>

Documento descargado de RID - UNAJ Repositorio Institucional Digital de la Universidad Nacional Arturo Jauretche

Cita recomendada:

Rios, T. A. (2024). Reducción de scrap mediante la implementación de mejoras en TROX Argentina S.A.

[Práctica profesional supervisada, Universidad Nacional Arturo Jauretche].

<https://rid.unaj.edu.ar/handle/123456789/3534>

**PRÁCTICA PROFESIONAL SUPERVISADA (PPS)  
Informe Final**

**DATOS DEL ESTUDIANTE**

Apellido y Nombres: Tomás Alejo Rios

DNI: 41576816

Nº de Legajo: 39067

Correo electrónico: tomasrios1999@gmail.com

Cantidad de materias aprobadas al comienzo de la PPS: 44

PPS enmarcada en artículo (4 ó 7) de la Resolución (CS) 103/16: Artículo 7, b (Ejercicio regular y permanente de un empleo formal).

Periodo en que se realizó la PPS: 01/02/2024 hasta 31/05/2024

**DOCENTE SUPERVISOR**

Apellido y Nombres: Baldino Emiliano

Correo electrónico: Baldi\_emi@yahoo.com.ar

**DATOS DE LA ORGANIZACIÓN DONDE SE REALIZA LA PPS**

Nombre o Razón Social: Trox Argentina S.A.

Dirección: Timbó 2610, B1852 Parque Industrial Burzaco, Provincia de Buenos Aires

Teléfono: +54 (11) 5365-5467 y 5365-8923

Sector: Metalúrgico - Manufactura

**TUTOR DE LA ORGANIZACIÓN**

Apellido y Nombres: Hector Alejandro Probicito

Correo electrónico: hectorprobicito@gmail.com

**FIRMA DEL COORDINADOR DE LA CARRERA**



*Ing. Germán Gainle  
Coordinador de Ingeniería Industrial*

Firma Estudiante:



Rios Tomás Alejo  
Estudiante

Firma Docente Supervisor:



Ing. EMILIANO BALDINO

Firma tutor Organizacional:



Trox Argentina S.A  
Probicito Héctor  
Coordinador TPS



# UNIVERSIDAD NACIONAL ARTURO JAURETCHE

INSTITUTO DE INGENIERÍA Y AGRONOMÍA

PRÁCTICAS PROFESIONALES SUPERVISADAS

INFORME FINAL




“Reducción de scrap mediante la implementación  
de mejoras en TROX Argentina S.A.”

**Rios Tomás Alejo**

**Aspira al título de Ingeniero Industrial**




**Buenos Aires**

**2024**

<p>Firma Estudiante:</p>  <p>Rios Tomás Alejo Estudiante</p>	<p>Firma Docente Supervisor:</p>  <p>Ing. EMILIANO BALDINO</p>	<p>Firma tutor Organizacional:</p>  <p>Trox Argentina S.A Proberto Héctor Coordinador TPS</p>
---	---	---




# ÍNDICE

<b>I. RESUMEN.....</b>	<b>6</b>
<b>II. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>7</b>
2.1 Descripción de la empresa.....	7
2.2. Justificación del proyecto.....	7
2.3. Objetivos.....	7
2.4. Metodología general.....	8
2.5. Estructura del documento.....	11
<b>III. CONTEXTO.....</b>	<b>12</b>
3.1. Reseña de la empresa donde se desarrollan las prácticas profesionales.....	12
3.2. Relación del estudiante con la empresa.....	12
<b>IV. PROBLEMA.....</b>	<b>14</b>
4.1. Selección y enunciado del problema.....	14
4.2. Planteo del problema.....	15
4.3. Impacto del problema.....	23
4.4. Indicador de scrap y objetivo de reducción.....	25
4.5. Selección de causas raíz del problema.....	27
<b>V. MEJORAS.....</b>	<b>38</b>
5.1 Propuesta de mejora.....	38
5.2 Implementación de nuevo software de nesting.....	38
5.3 Aprovechamiento dimensional con nuevos blanks y desarrollo de proveedores...41	
5.4. Análisis de riesgo de implementación.....	45
<b>VI. RESULTADOS.....</b>	<b>48</b>
6.1. Índice de scrap antes y después de la mejora.....	48
6.2. Análisis financiero.....	50
6.3. Sustentabilidad y reducción del impacto ambiental.....	55
<b>VII. CONCLUSIONES.....</b>	<b>56</b>
7.1 El proyecto.....	56
7.2 Reflexiones y oportunidades futuras.....	57
7.3 Prácticas profesionales supervisadas como espacio de formación.....	58
<b>VIII. BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>59</b>
<b>IX. ANEXOS.....</b>	<b>61</b>

<p>Firma Estudiante:</p>  <p>Ríos Tomás Alejo Estudiante</p>	<p>Firma Docente Supervisor:</p>  <p>Ing. EMILIANO BALDINO</p>	<p>Firma tutor Organizacional:</p>  <p>Trox Argentina S.A Probitto Héctor Coordinador TPS</p>
---	---	---




## Lista de tablas

Tabla 1. Diagrama de Gantt del proyecto.	9
Tabla 2. Lista de síntomas generales.	14
Tabla 3. Porcentaje de scrap y segregación según su tipo.	25
Tabla 4. Diagrama de causa-efecto (Ishikawa).	27
Tabla 5. Frecuencia de ocurrencia trimestral de scrap según la calificación "6M".	30
Tabla 6. Diagrama de Pareto de las causas de scrap según la clasificación "6M".	30
Tabla 7. Diagrama de Ishikawa reducido a partir del análisis de Pareto.	31
Tabla 8. Matriz de riesgos de 5x5	36
Tabla 9. Calificación de las causas raíces en la matriz de riesgos	37
Tabla 10. Análisis de los costos de importar 20 toneladas de chapa del proveedor brasileño como ejemplo de pedido.	44
Tabla 11. Precios unitarios de cada medida y su ponderación según utilización.	44
Tabla 12. Análisis de riesgos de las etapas de la implementación junto con sus posibles acciones de mitigación y planes de acción.	46
Tabla 13. Evolución de la chapa utilizada y tipos de scrap en el último año y medio de actividad.	49
Tabla 14. Evolución porcentual de la chapa utilizada y tipos de scrap en el último año y medio de actividad.	49
Tabla 15. Ahorro anual de la mejora.	52
Tabla 16. Tabla con datos de ahorro y ROI anual.	54
Tabla 17. Gráfica de ROI anual y Payback.	54

<p>Firma Estudiante:</p>  <p>Ríos Tomás Alejo Estudiante</p>	<p>Firma Docente Supervisor:</p>  <p>Ing. EMILIANO BALDINO</p>	<p>Firma tutor Organizacional:</p>  <p>Trox Argentina S.A Probito Héctor Coordinador TPS</p>
---	---	--

## Lista de figuras

Figura 1. Organigrama de la empresa.	13
Figura 2 y 3. A la izquierda, difusor de aire serie VDW. A la derecha, vista de su chapa frontal.	16
Figura 4. Ilustración de ejemplo de corte por láser en donde se aprecia con claridad el scrap de nesting.	
Fuente: Proceso de corte láser de metal.	17
Figura 5. Ilustración de los tipos de Scrap en la pieza de ejemplificación.	18
Figura 6. Layout completo de la planta.	18
Figura 7. Layout específico del sector de chapistería.	19
Figuras 8 y 9. Depósito de scrap de nesting ubicado en el sector de chapistería	21
Figura 10 y 11. Volquetes de scrap no conforme (amarillo) y de diseño (verde).	22
Figura 12 y 13. Interior del volquete de scrap de diseño y no conformes.	22
Figura 14. Estación de pesaje	23
Figura 15. Programa de corte de un panel de 700 x 1630 mm con la chapa inicial de 1080 mm de ancho y comparación con la chapa de 763 mm.	42
Figura 16. Programa de corte de un panel de 700 x 1630 mm con la chapa de 763 mm de ancho y comparación con la chapa de 700 mm (de Brasil).	43

<p>Firma Estudiante:</p>  <p>Ríos Tomás Alejo Estudiante</p>	<p>Firma Docente Supervisor:</p>  <p>Ing. EMILIANO BALDINO</p>	<p>Firma tutor Organizacional:</p>  <p>Trox Argentina S.A Probito Héctor Coordinador TPS</p>
---	---	--




## Terminología Técnica - Definiciones

En el ámbito industrial, el uso de jerga técnica no solo es común, sino también fundamental para describir de manera precisa y profesional los procesos, herramientas y conceptos involucrados. Por esta razón, el proyecto incluye términos específicos tanto en inglés como en español, ya que muchos de ellos son ampliamente utilizados en la industria global y forman parte del lenguaje técnico cotidiano. Palabras como Scrap (desperdicio), Nesting (anidamiento), y herramientas como CAD (Diseño Asistido por Computadora) y CAM (Manufactura Asistida por Computadora) son esenciales para comprender las soluciones implementadas.

Dado que esta jerga es clave para el desarrollo y comunicación de proyectos técnicos, se ha incluido un listado con explicaciones claras y concisas para cada término. Esto asegura que cualquier lector, independientemente de su nivel de especialización, pueda entender los conceptos presentados. A continuación, se detalla un glosario técnico que respalda el análisis y las propuestas del proyecto.

### Palabras en inglés

- Abstract: Resumen del contenido del informe, incluyendo objetivos y resultados principales.
- Scrap: Material sobrante o defectuoso generado en procesos industriales.
- Nesting: Disposición eficiente de piezas en una hoja de material para reducir el desperdicio.
- Blanks: Placas metálicas preformadas utilizadas como materia prima.
- ROI: Indicador que mide el retorno sobre la inversión en un proyecto.
- CAM: Uso de software para automatizar procesos de manufactura.
- CAD: Herramienta computacional para diseñar piezas o estructuras con precisión.
- PDCA: Ciclo de mejora continua que incluye planificar, hacer, verificar y actuar.
- Benchmarking: Comparación de prácticas internas con estándares de la industria.
- Brainstorming: Técnica grupal para generar ideas de manera creativa.
- Pareto: Principio que prioriza el 20 % de las causas responsables del 80 % de los efectos.
- Payback: Tiempo necesario para recuperar la inversión inicial de un proyecto.
- Management: Gestión de recursos para alcanzar objetivos eficientemente.

<p>Firma Estudiante:</p>  <p>Ríos Tomás Alejo Estudiante</p>	<p>Firma Docente Supervisor:</p>  <p>Ing. EMILIANO BALDINO</p>	<p>Firma tutor Organizacional:</p>  <p>Trox Argentina S.A Próbicio Héctor Coordinador TPS</p>
---	---	---

## Palabras en español

-Anidamiento: Organización de piezas en una hoja para maximizar el uso del material.

-Matrices: Herramientas para moldear o cortar materiales en procesos industriales.

-Punzonado: Proceso de corte que utiliza una prensa y un punzón para perforar materiales.

-Subensamble: Conjunto de componentes ensamblados que forman parte de un producto final.

-Mecanizado: Proceso que elimina material de una pieza para darle forma.




-Chapa prepintada: Lámina metálica pintada previamente para manufactura.

-Desperdicio (Scrap): Material sobrante generado durante la producción.

-Eficiencia operativa: Optimización de recursos y procesos para obtener mejores resultados.

-Capacidades productivas: Capacidad de una empresa para producir bienes eficientemente.

-Reducción de huella de carbono: Disminución de emisiones de CO2 en procesos industriales.

<p>Firma Estudiante:</p>  <p>Ríos Tomás Alejo Estudiante</p>	<p>Firma Docente Supervisor:</p>  <p>Ing. EMILIANO BALDINO</p>	<p>Firma tutor Organizacional:</p>  <p>Trox Argentina S.A Próbicio Héctor Coordinador TPS</p>
---	---	---

## I. RESUMEN

### Resumen

En el presente informe se desarrolla la puesta en marcha de un proyecto de mejora de reducción de desperdicios en una planta metalúrgica. El mismo fue realizado en el contexto de prácticas profesionales supervisadas de la carrera de ingeniería industrial.

Para disminuir los desperdicios fueron implementadas dos propuestas de mejora. La primera es la implementación de un nuevo software para el proceso de *nesting* o anidamiento (el proceso de posicionamiento de piezas en una chapa metálica para optimizar su uso) y la mejora restante consta de la reducción de scrap por aprovechamiento dimensional, realizando un desarrollo de proveedores para su ejecución.

El proyecto tuvo una duración de cuatro meses, componiéndose de una etapa inicial de análisis de procesos internos y medición de registros, seguido por el desarrollo e implementación de las mejoras en simultáneo, la realización de capacitaciones al personal y generación de nuevos procedimientos. Por último se realizaron las mediciones y análisis correspondientes para corroborar los resultados logrados.

El proyecto de mejora tuvo un resultado favorable, logrando disminuir el índice de scrap en 4,3 %.




### Abstract

This report presents the implementation of a waste reduction improvement project in a metallurgical plant. The project was conducted as part of a supervised professional practice within the Industrial Engineering program.

To reduce waste, two improvement initiatives were implemented. The first involved the introduction of new software for the nesting process of parts on processed sheets, while the second focused on reducing scrap through dimensional optimization, which required the development of suppliers for its execution.

The project had a duration of four months and consisted of an initial stage of internal process analysis and record measurement, followed by the simultaneous development and implementation of the improvements, staff training, and the creation of new procedures. Finally, the corresponding measurements and analyses were conducted to validate the results achieved.

The improvement project yielded favorable results, achieving a 4.3% reduction in the scrap rate.

<p>Firma Estudiante:</p>  <p>Ríos Tomás Alejo Estudiante</p>	<p>Firma Docente Supervisor:</p>  <p>Ing. EMILIANO BALDINO</p>	<p>Firma tutor Organizacional:</p>  <p>Trox Argentina S.A Probitto Héctor Coordinador TPS</p>
---	---	---

## II. INTRODUCCIÓN

### 2.1 Descripción de la empresa

La empresa TROX Argentina S.A., es una empresa del rubro metalúrgico, dedicada a la manufactura de productos de sistemas de ventilación y manejo de aire.

Las prácticas profesionales supervisadas se realizan desde el puesto de analista de planificación y control de la producción.

La empresa presenta una fabricación diversificada en cuanto a tipos y tamaños de productos y posee una cultura interna enfocada en la mejora continua de los procesos de producción.

### 2.2. Justificación del proyecto




La reducción del scrap es esencial para la sostenibilidad económica y operativa de Trox Argentina S.A., una empresa metalúrgica que enfrenta altos niveles de desperdicio en sus procesos de corte de chapas. Con un porcentaje de scrap cercano al 40.2%, los costos anuales asociados a estos desperdicios alcanzan cifras significativas. Por lo tanto, abordar este problema se vuelve una prioridad no sólo para optimizar los recursos de la empresa, sino también para mejorar su competitividad y sostenibilidad a largo plazo.

Implementar un proyecto de mejora continua, utilizando herramientas de análisis como el diagrama de Pareto e *Ishikawa* (Causa-efecto), y la técnica de los 5 Porqués, permite identificar las causas principales del scrap. Además, el proyecto busca establecer soluciones efectivas, como la actualización de software y el desarrollo de nuevos proveedores, que permitan alcanzar el objetivo de reducción de scrap y, con ello, mejorar la eficiencia en el uso de materiales

### 2.3. Objetivos

#### Objetivo general

Reducir el índice de scrap en el proceso de corte de chapas metálicas en Trox Argentina S.A. mediante la implementación de herramientas de mejora continua y estrategias de optimización de materiales, con el fin de mejorar la eficiencia productiva y reducir costos operativos específicos.

<p>Firma Estudiante:</p>  <p>Ríos Tomás Alejo Estudiante</p>	<p>Firma Docente Supervisor:</p>  <p>Ing. EMILIANO BALDINO</p>	<p>Firma tutor Organizacional:</p>  <p>Trox Argentina S.A Probitto Héctor Coordinador TPS</p>
---	---	---

## Objetivos específicos




Para lograr el objetivo general se presentan los siguientes objetivos específicos.

1. Identificar las principales causas del scrap a través de herramientas de análisis de mejora continua.
2. Implementar un nuevo software de *nesting* (el *nesting* o anidamiento, es el proceso de posicionamiento de piezas en una chapa metálica para optimizar y minimizar el uso de ese material) para mejorar el aprovechamiento de materiales en las máquinas y reducir el desperdicio generado.
3. Desarrollar un análisis dimensional y desarrollo de proveedores para hojas de acero en dimensiones óptimas, ajustadas a las necesidades de producción, para reducir el scrap de corte.
4. Capacitar al personal en el uso y mantenimiento de las mejoras implementadas, incluyendo el nuevo software y los nuevos procedimientos operativos.
5. Medir y monitorear el impacto de las mejoras en la reducción del índice de scrap y en los ahorros económicos anuales derivados de la disminución de desperdicios .

### 2.4. Metodología general

Se incluyó el análisis de datos históricos y el uso de herramientas de mejora continua como el diagrama de Ishikawa, Pareto y la técnica de los 5 Porqués para identificar causas raíces. Se implementó un nuevo software y el análisis dimensional como parte de las soluciones.

Se realizó análisis de datos para evaluar la evolución del proyecto y la aplicación de la herramienta ROI (*Return on investment*) para evaluar su rentabilidad.

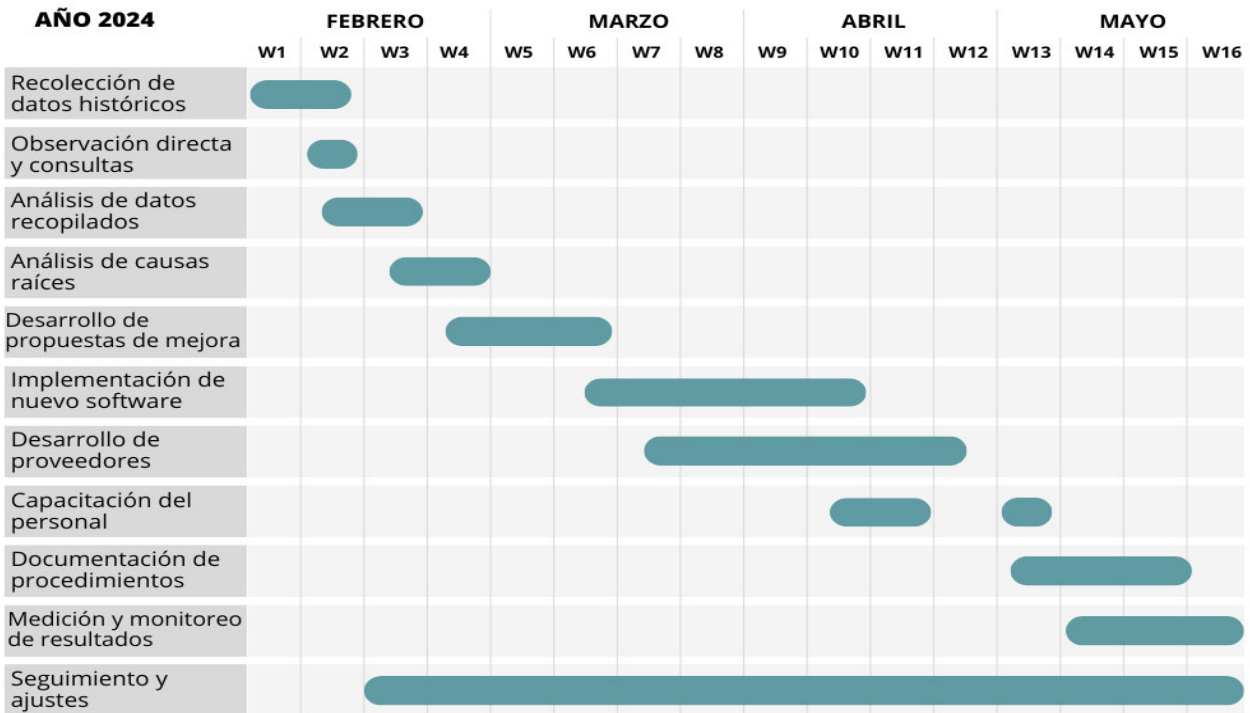
<p>Firma Estudiante:</p>  <p>Ríos Tomás Alejo Estudiante</p>	<p>Firma Docente Supervisor:</p>  <p>Ing. EMILIANO BALDINO</p>	<p>Firma tutor Organizacional:</p>  <p>Trox Argentina S.A Probitto Héctor Coordinador TPS</p>
---	---	---

## Cronograma del proyecto (Gantt)

Las actividades definidas en el presente informe fueron realizadas en un período de cuatro meses, entre el mes de febrero y mayo del año 2024.

Se grafica el diagrama de Gantt, detallando la cronología de actividades.

Tabla 1. Diagrama de Gantt del proyecto.



Fuente: Elaboración propia

A continuación se detalla brevemente cada etapa




### -Mes 1: Análisis Inicial y Diagnóstico

#### 1. Recolección de Datos Históricos (2 semanas)

- o Herramienta: Sistemas de gestión de datos (ERP), registro de departamento de calidad sobre pesaje y causas de scrap.
- o Objetivo: Reunir información sobre el porcentaje de scrap generado en periodos anteriores.

#### 2. Observación Directa del Proceso y Consultas a Operarios (1 semana)

- o Herramienta: Observación Participativa
- o Objetivo: Entender el proceso productivo y obtener perspectivas directas de los operarios sobre posibles causas de scrap.

Firma Estudiante:  Ríos Tomás Alejo Estudiante	Firma Docente Supervisor:  Ing. EMILIANO BALDINO	Firma tutor Organizacional:  Trox Argentina S.A Probitto Héctor Coordinador TPS
--	---	---

3. Análisis de Datos Recopilados (2 semanas)
  - o Herramientas: Análisis estadístico, diagrama de barras
  - o Objetivo: Analizar y visualizar los datos para identificar patrones y tendencias en la generación de scrap.
4. Análisis de Causas Raíces (2 semanas)
  - o Herramientas: Diagrama de *Ishikawa*, 5 ¿Por qué?, análisis de Pareto
  - o Objetivo: Identificar y priorizar las causas principales de scrap.




-Mes 2: Propuestas de Mejoras

5. Desarrollo de Propuestas de Mejora (3 semanas)
  - o Herramientas: *Brainstorming* (lluvia de ideas), *Benchmarking*
  - o Objetivo: Generar y comparar ideas para reducir el scrap y seleccionar las mejores propuestas.

-Mes 2 y 3: Implementación de Mejoras

6. Implementación de Nuevo Software de Nesting (4 semanas)
  - o Herramienta: Software CAD/CAM avanzado
  - o Objetivo: Optimizar el uso de materiales en las máquinas para reducir el scrap.
7. Desarrollo de Proveedores para hojas de Acero (5 semanas)
  - o Herramientas: Gestión y evaluación de proveedores
  - o Objetivo: Encontrar y negociar con proveedores que ofrezcan hojas de acero a medida.
8. Capacitación del Personal (2 semanas)
  - o Herramientas: Formación interna (Mejoras y *lean manufacturing*)
  - o Objetivo: Asegurar que el personal esté preparado para implementar y mantener las mejoras.

-Mes 4: Procedimientos y Medición

<p>Firma Estudiante:</p>  <p>Rios Tomás Alejo Estudiante</p>	<p>Firma Docente Supervisor:</p>  <p>Ing. EMILIANO BALDINO</p>	<p>Firma tutor Organizacional:</p>  <p>Trox Argentina S.A Probitto Héctor Coordinador TPS</p>
---	---	---




- 9. Documentación de Procedimientos (3 semanas)
  - o Herramienta: Manuales de Procedimientos.
  - o Objetivo: Estandarizar las nuevas prácticas y asegurar su consistencia.
- 10. Medición y Monitoreo de Resultados (3 semanas)
  - o Herramientas: KPI (Indicadores), control de registros de scrap.
  - o Objetivo: Evaluar el impacto de las mejoras y monitorear el desempeño continuo.

#### Actividades Continuas

- Seguimiento y Ajustes (Durante todo el proyecto)
  - o Herramientas: Ciclo PDCA (Plan-Do-Check-Act), reuniones semanales de seguimiento
  - o Objetivo: Asegurar que las mejoras se mantengan efectivas y realizar ajustes según sea necesario.

### 2.5. Estructura del documento

- Capítulo 1: Introducción y descripción de la empresa.
- Capítulo 2: Definición del problema de scrap y análisis de las causas.
- Capítulo 3: Metodología y herramientas de mejora continua empleadas.
- Capítulo 4: Resultados obtenidos y análisis financiero de las mejoras implementadas.
- Capítulo 5: Conclusiones

<p>Firma Estudiante:</p>  <p>Ríos Tomás Alejo Estudiante</p>	<p>Firma Docente Supervisor:</p>  <p>Ing. EMILIANO BALDINO</p>	<p>Firma tutor Organizacional:</p>  <p>Trox Argentina S.A Probitto Héctor Coordinador TPS</p>
---	---	---

### III. CONTEXTO

#### **3.1. Reseña de la empresa donde se desarrollan las prácticas profesionales**

El lugar de desarrollo de estas prácticas profesionales fué la empresa **TROX Argentina S.A.**, ubicada en el parque industrial de Burzaco, provincia de Buenos Aires. La empresa se desempeña en el rubro metalúrgico, siendo su actividad el desarrollo, fabricación y comercialización de componentes, unidades y sistemas para la ventilación y aire acondicionado.




Instalada en el año 2009, es la única subsidiaria radicada en Argentina del grupo transnacional Alemán *Trox Group*, que cuenta con 32 compañías subsidiarias en los 5 continentes.<sup>1</sup>

#### **3.2. Relación del estudiante con la empresa**

El relevo de la organización, así como también la obtención de datos e información se realizó internamente, siendo el estudiante un empleado formal y permanente de la organización, desempeñándose como “Analista de planificación y control de la producción” dentro de la firma, realizando tareas como:

- Planeamiento de la producción: Estableciendo cargas productivas semanales de acuerdo a factores como capacidad de planta o suministro de insumos, definiendo e informando al sector comercial de plazos de entrega de los distintos productos.
- Control y monitoreo de la producción: Corroborando el cumplimiento de plazos producción y de entrega, analizando datos, desviaciones y realizando correcciones.
- Asistencia administrativo-técnica al sector productivo: Suministro de especificaciones técnicas y de utilización de insumos al sector productivo para la fabricación de todas las órdenes de venta. Elaboración de programas de control numérico computarizado (en adelante CNC) para el posterior mecanizado y corte de chapas metálicas que conformarán las piezas y partes para el ensamble de productos.
- Desarrollo de proyectos en operaciones y planeamiento, así como también trabajos en cooperación con los departamentos de *supply chain* (cadena de suministros), ingeniería y mejora continua (denominado internamente TPS).

<sup>1</sup> Anexo A: Fotografía y localización geográfica de la empresa

Firma Estudiante:	Firma Docente Supervisor:	Firma tutor Organizacional:
 Rios Tomás Alejo Estudiante	 Ing. EMILIANO BALDINO	 Trox Argentina S.A Probitto Héctor Coordinador TPS

Si bien existe una comunicación interjerárquica entre todos los departamentos, el principal campo de acción del estudiante, dado por el puesto laboral y ubicación en el organigrama, está acotado al área de planeamiento junto con los principales relacionados de este sector, que son el área de producción, operaciones, ingeniería, mejora continua y *supply chain*.

Se expone el organigrama de la organización, donde se exhibe el departamento y puesto laboral desde donde se realiza el trabajo.

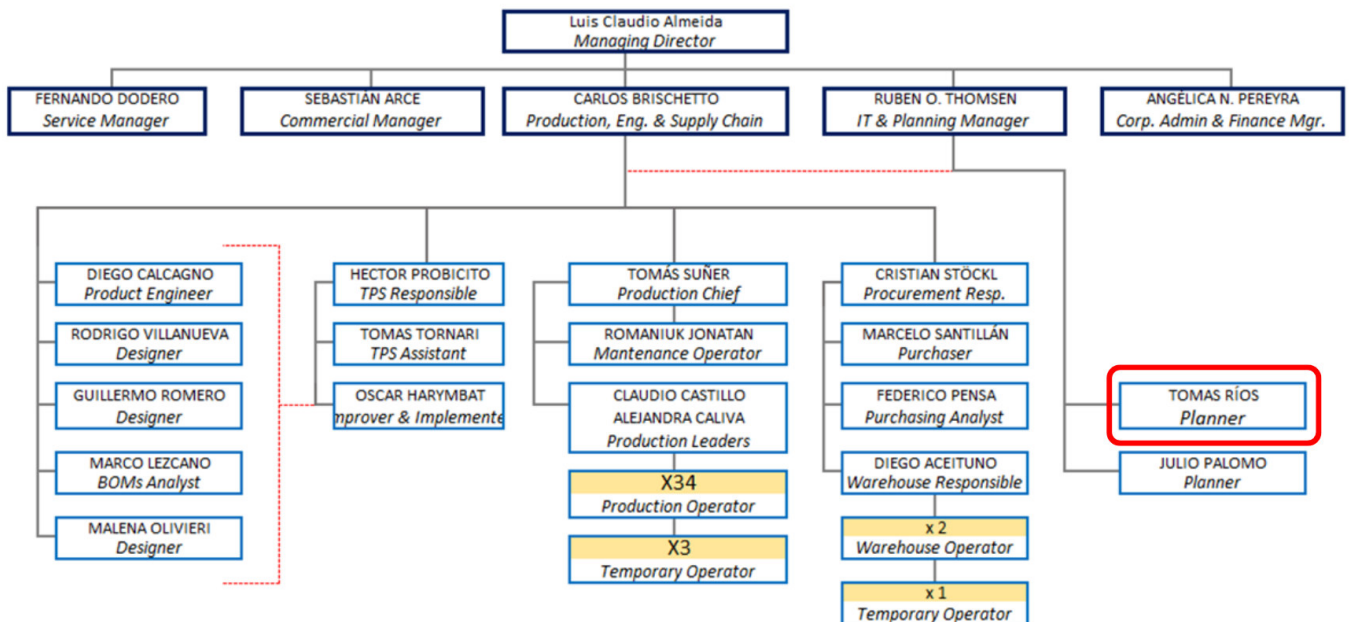





Figura 1. Organigrama de la empresa.

Fuente: Memoria Trox Argentina

<p>Firma Estudiante:</p>  <p>Ríos Tomás Alejo Estudiante</p>	<p>Firma Docente Supervisor:</p>  <p>Ing. EMILIANO BALDINO</p>	<p>Firma tutor Organizacional:</p>  <p>Trox Argentina S.A Probitico Héctor Coordinador TPS</p>
---	---	--

## IV. PROBLEMA

### 4.1. Selección y enunciado del problema

#### Relevamiento de desvíos (Problematización)




Con el objetivo de desarrollar deliberadamente una mejora sustancial que enfatice un problema puntual dentro de la organización, se realizó en primera instancia un relevo de desvíos en la empresa, entendidos estos como manifestaciones identificables que perturban o dificultan el desarrollo normal de los procesos organizacionales. Se identificó una amplia variedad de ellos dentro de la empresa y sus procesos, independientemente del área de aparición, su gravedad o su impacto, siendo relevados principalmente a partir del conocimiento y experiencia propios del estudiante, observación directa y consultas con empleados y gerencia. Un primer conjunto de desvíos fué removido, eliminando aquellos sobre los cuales no se tiene posibilidad de acción; como por ejemplo problemas originados en los sectores de servicio o comercial (donde el estudiante no tiene capacidad de acción), así como también se excluyeron desvíos cuyas consecuencias tienen un mínimo o nulo impacto económico.

Entre los desvíos verificados, se observaron los siguientes más significativos.

Tabla 2. Lista de síntomas generales.

Desvío	Descripción
Producto terminado acumulado	104 equipos terminados y embalados estacionados en el exterior de la nave con baja circulación.
Necesidad de contratar un depósito externo	Costo mensual de U\$S 4700 para almacenar productos de reventa y más producto terminado en un almacén externo.
Material fallado o dañado	Un 5% de los insumos y materiales presenta fallas o daños.
Errores de ingeniería	Un 12% de los productos no estandarizados tienen errores ingenieriles de diseño que luego deben corregirse.
Altos niveles de scrap	Scrap total a niveles de 40,2 %.
Incumplimiento de plazos de entrega de productos	Índice de OTD (on time delivery) al 93%. El 7% restante no cumple los plazos establecidos con el cliente
Incumplimiento del plan de producción	Un 25% de los pedidos no logran fabricarse en su semana establecida.
Elevado tiempo de setup de prensa hidráulica	Setup de 3hs de prensa para serpentinas. 24 hs mensuales destinadas a la puesta a punto de la máquina.

*Fuente: Elaboración propia*

Firma Estudiante:  Ríos Tomás Alejo Estudiante	Firma Docente Supervisor:  Ing. EMILIANO BALDINO	Firma tutor Organizacional:  Trox Argentina S.A Probitto Héctor Coordinador TPS
--	---	---

## Selección del problema central

Una vez expuestos los desvíos, se seleccionó un desvío central que será el problema central del presente trabajo. Se hizo foco en un desarrollo profundo del mismo y su posterior proyecto de acción, descartando en este trabajo el desarrollo y solución de los restantes problemas relevados.

La selección del mismo se realizó considerando que se trate de un problema que posea consecuencias con costos visibles, ponderables y relevantes, además de cumplir con la condición de que sea realmente posible accionar sobre las *causas raíces* del mismo.

## Enunciado del problema

La empresa Trox Argentina S.A. genera internamente a partir de la transformación de chapas metálicas un 40,2 % de scrap sobre el consumo total de este tipo de insumo. Esto genera un costo anual de 203.500 U\$S.

### 4.2. Planteo del problema

En primera instancia vale aclarar conceptos fundamentales para contextualizar la problemática.




Se explica el concepto de scrap en Trox Argentina S.A. como sigue.

- SCRAP: Es en términos generales todo tipo de material, sea metal, plástico, madera, cartón o algún otro utilizado en la fabricación de los productos finales y de subensamble, que termina como desperdicio, ya sea a partir de un reproceso, retrabajo, rechazo de producción o sea producto de un error o indefinición por parte de la empresa o el cliente que impacte en el costo de manera negativa para la organización. No está integrado en el precio final por lo que el cliente no paga por ello (ejemplo: reprocesos, material usado para setear las máquinas). Se debe aclarar que tanto el análisis del presente trabajo, así como también los indicadores expuestos, refieren únicamente a desperdicios de material metálico.

Dentro de esta definición de SCRAP, podemos a su vez encontrar las siguientes divisiones,

### Tipos de scrap según su evitabilidad :

- Evitable: es aquel desperdicio que tomando una acción o medida puede ser reducido y/o hasta eliminado mejorando la eficiencia del uso de ese material (ejemplo, fleje no utilizado de chapa).
- Inevitable: es todo aquel scrap que debido al proceso es muy difícil de minimizar, reutilizar o eliminar. (ejemplo, todo scrap sujeto al propio diseño de las piezas, como semillas generadas en el aletado de serpentinas).

<p>Firma Estudiante:</p>  <p>Ríos Tomás Alejo Estudiante</p>	<p>Firma Docente Supervisor:</p>  <p>Ing. EMILIANO BALDINO</p>	<p>Firma tutor Organizacional:</p>  <p>Trox Argentina S.A Probitto Héctor Coordinador TPS</p>
---	---	---

### Tipos de scrap según su origen en los procesos :

A partir de los procesos por los que atraviesa la materia prima en la planta productiva en Trox Argentina S.A., el scrap es generado por distintos factores. En este sentido, puede hablarse de “scrap de diseño”, “de *nesting*” o de “no conformidades”.

Con el objetivo de clarificar esta diferencia se ilustra a continuación un ejemplo práctico que surge periódicamente en Trox Argentina S.A., siendo que la mayoría de productos que fabrica la compañía pueden generar estos tres tipos de desperdicios.

#### Ejemplificación

Los difusores de aire, de la serie VDW comercializada por la compañía, tienen entre otros componentes, una chapa frontal desde donde distribuye la inyección de aire al ambiente.

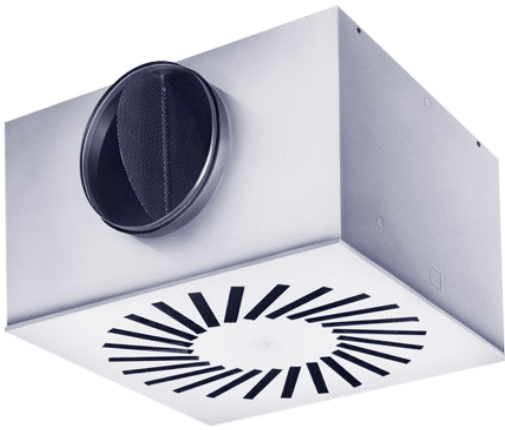


Figura 2



Figura 3




Figura 2 y 3. A la izquierda, difusor de aire serie VDW. A la derecha, vista de su chapa frontal.

*Fuente: Página Web Trox Argentina.*

Para lograr el diseño de la cara frontal de este producto, se utilizan máquinas-herramientas que realizan cortes y punzonados de las chapas metálicas originales hasta lograr las formas deseadas.

Es entonces que se pueden formar distintos tipos de scrap según su origen dentro de estos procesos.

El producto del recorte de chapas metálicas puede ser o bien material útil o desperdicio metálico (Scrap). A su vez el desperdicio metálico, puede ser según su origen, scrap de diseño, scrap de *nesting* o producto no conforme.

<p>Firma Estudiante:</p>  <p>Ríos Tomás Alejo Estudiante</p>	<p>Firma Docente Supervisor:</p>  <p>Ing. EMILIANO BALDINO</p>	<p>Firma tutor Organizacional:</p>  <p>Trox Argentina S.A Proberto Héctor Coordinador TPS</p>
---	---	---

- Material útil: Es el agregado al producto final y enviado al cliente.
- Scrap de diseño: Es el material que termina como desecho producto de la propia forma y diseño del producto/pieza. Por esta razón se trata de un desperdicio inevitable. Este tipo de scrap aparece en el caso de ejemplo, como las rendijas presentes en la chapa frontal del difusor.
- Scrap de *Nesting*: Es el “esqueleto” de metal/recorte de perfil generado en el proceso de programación de *nesting* o anidamiento de las piezas a cortar a partir de una chapa metálica. Ejemplos de este tipo de scrap son bordes entre piezas contiguas o el espacio entre el final de una chapa y los bordes de las piezas a cortar. Es un desperdicio relacionado con el proceso y puede ser optimizado.

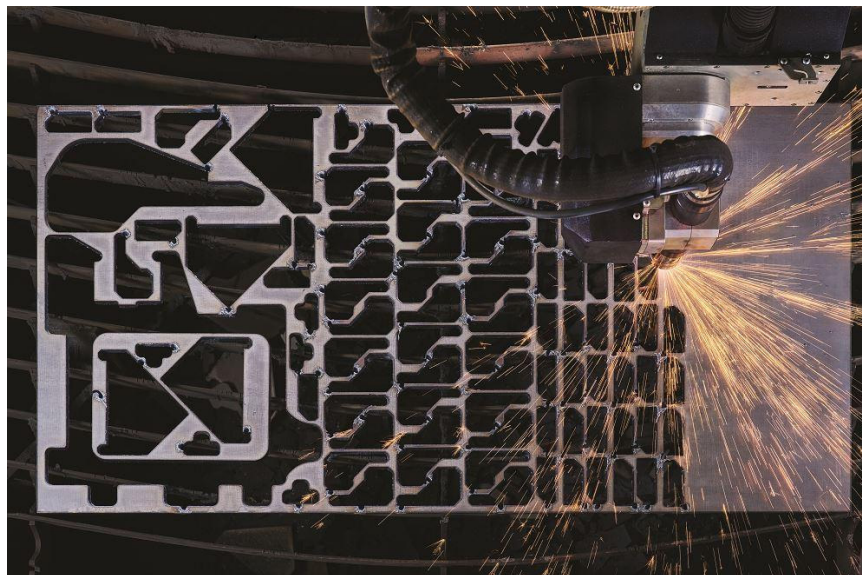





Figura 4. Ilustración de ejemplo de corte por láser en donde se aprecia con claridad el scrap de *nesting*.

*Fuente: Proceso de corte láser de metal (thefabricator, 2024)*

- Producto no conforme: Dentro del proceso productivo de Trox Argentina S.A., se establece la no conformidad como todos los componentes, materiales y productos a los cuales se les ha agregado valor pero que no se pueden incorporar a los productos terminados, ya sea por no cumplir con los requerimientos u otros motivos. Ejemplos de estos casos son productos dañados en el traslado dentro de la planta, o que presenten fallas a partir de procesos internos como errores de plegado o de pintado. También es evitable.

<p>Firma Estudiante:</p>  <p>Ríos Tomás Alejo Estudiante</p>	<p>Firma Docente Supervisor:</p>  <p>Ing. EMILIANO BALDINO</p>	<p>Firma tutor Organizacional:</p>  <p>Trox Argentina S.A Probito Héctor Coordinador TPS</p>
---	---	--

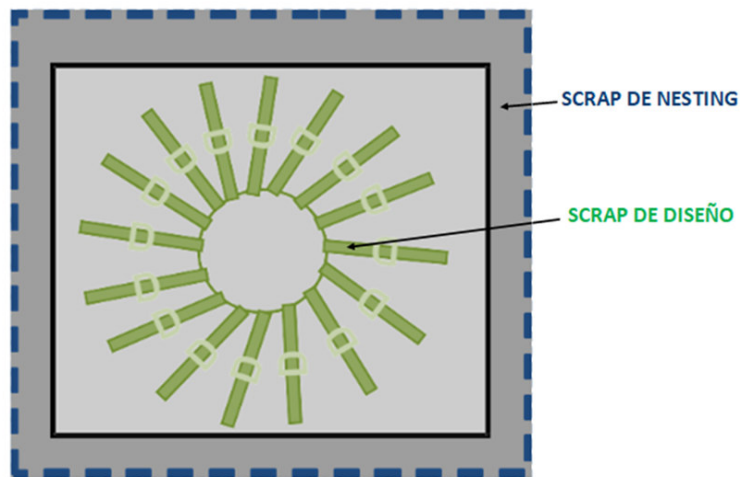


Figura 5. Ilustración de los tipos de Scrap en la pieza de ejemplificación.  
Fuente: Memoria Trox Argentina

**Sector productivo donde se observa el problema**

El inconveniente a analizar en este trabajo, surge exclusivamente del procesamiento de láminas/hojas metálicas a partir de las cuales se cortan las piezas necesarias para la fabricación del producto final manufacturado en la fábrica.

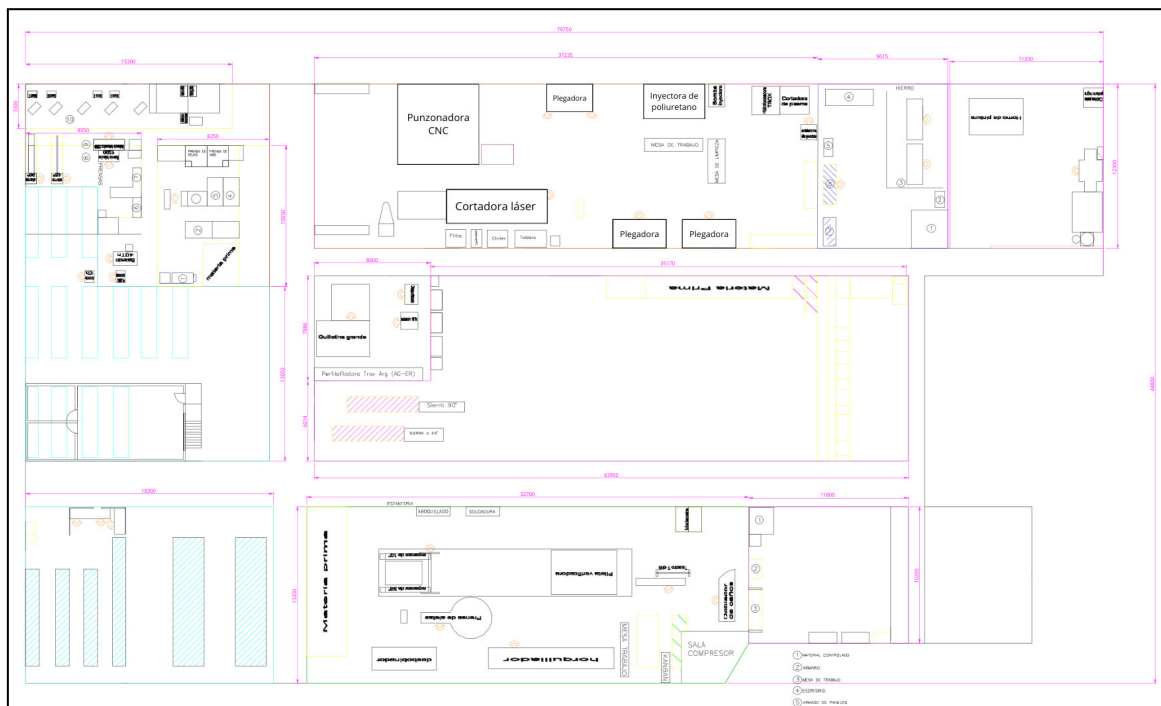





Figura 6. Layout completo de la planta. El sector de chapistería se ubica en la zona central superior.  
Fuente: Memoria Trox Argentina

<p>Firma Estudiante:</p>  <p>Rios Tomás Alejo Estudiante</p>	<p>Firma Docente Supervisor:</p>  <p>Ing. EMILIANO BALDINO</p>	<p>Firma tutor Organizacional:</p>  <p>Trox Argentina S.A Probitio Héctor Coordinador TPS</p>
---	---	---

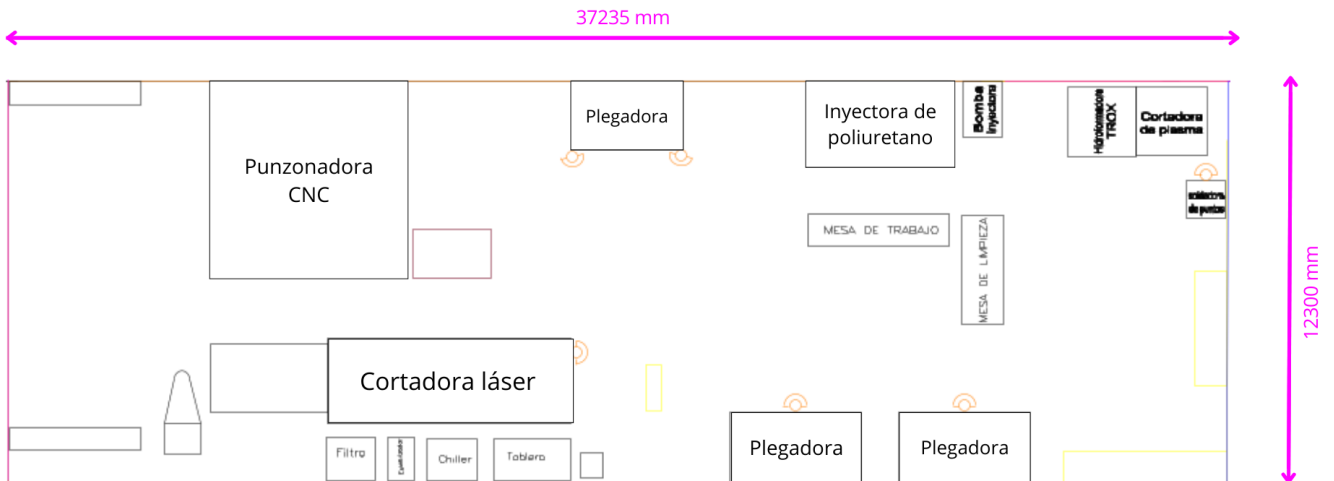
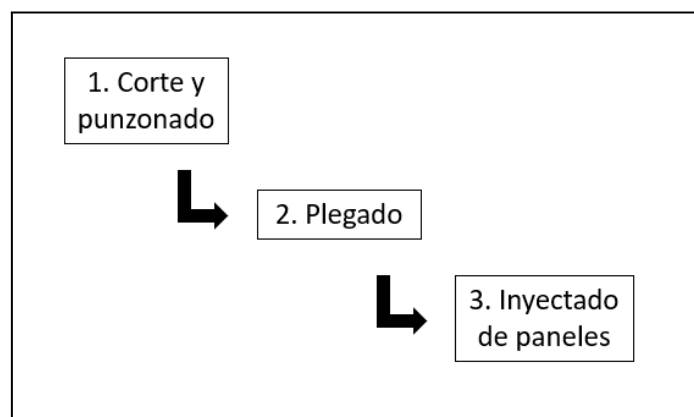





Figura 7. Layout específico del sector de chapistería.  
Fuente: Memoria Trox Argentina

Si bien varios sectores pueden contribuir a causar esta problemática, el área en donde se manifiesta principalmente es el sector de procesamiento mecánico de materia prima, denominado internamente sector de chapistería, abocado al corte, plegado y transformación de las chapas metálicas que luego conformarán el producto, además de la inyección de aislantes como poliuretanos para paneles utilizados en el producto final.

Dentro de este sector existe una subdivisión en tres celdas de trabajo que funcionan con un flujo productivo en sucesión.

### Sector de chapistería



<p>Firma Estudiante:</p>  <p>Ríos Tomás Alejo Estudiante</p>	<p>Firma Docente Supervisor:</p>  <p>Ing. EMILIANO BALDINO</p>	<p>Firma tutor Organizacional:</p>  <p>Trox Argentina S.A Probitto Héctor Coordinador TPS</p>
---	---	---




1. En la celda de corte y punzonado se ubican dos máquinas-herramientas destinadas a realizar los cortes/punzonados de las chapas, que son, una máquina de corte láser a CNC y una punzonadora hidráulica a CNC. Es a partir de la actividad de estas máquinas-herramientas que se genera el scrap de diseño y de *nesting*, que luego se acumula en depósitos específicos para su posterior traslado y pesaje. Se producen además no conformidades en esta sección.

2. La siguiente celda de trabajo es la de plegado, donde funcionan tres plegadoras industriales que dan formas específicas a las piezas y partes previamente cortadas. En esta división se genera scrap por no conformidades, generalmente debido a errores en los diseños o al error humano.

3. En la célula de inyectado de paneles se utiliza una máquina inyectora de poliuretano. En esta actividad solo se genera scrap por no conformidades debido principalmente a fallas técnicas producto de falta de calibración y también por factor humano.

### Gestión interna de los desperdicios

Todos los desperdicios generados dentro del sector son destinados a depósitos distintos según el tipo de scrap. Estos depósitos son tres volquetes ubicados dentro de la propia nave, en donde se divide el scrap según se originen por diseño, *nesting* o no conformidad. El scrap acumulado es periódicamente trasladado al exterior de la nave para ser pesado en una estación de pesaje, para su posterior acumulación en volquetes exteriores de gran tamaño desde los cuales se carga el scrap para ser despachado.

<p>Firma Estudiante:</p>  <p>Ríos Tomás Alejo Estudiante</p>	<p>Firma Docente Supervisor:</p>  <p>Ing. EMILIANO BALDINO</p>	<p>Firma tutor Organizacional:</p>  <p>Trox Argentina S.A Probitto Héctor Coordinador TPS</p>
---	---	---




- Scrap de Nesting

Los desperdicios productos del *nesting* son depositados en un contenedor metálico de color azul con 2 m3 de capacidad. El mismo se encuentra dispuesto entre las dos máquinas-herramienta de corte (punzonado y corte láser). Ambos operadores depositan en él este tipo de desperdicio luego de procesar cada programa de corte.



Figuras 8 y 9. Depósito de scrap de nesting ubicado en el sector de chapistería (vacío y a capacidad máxima).

*Fuente: Propia. Fotografía de Trox Argentina, sector de chapistería*

<p>Firma Estudiante:</p>  <p>Ríos Tomás Alejo Estudiante</p>	<p>Firma Docente Supervisor:</p>  <p>Ing. EMILIANO BALDINO</p>	<p>Firma tutor Organizacional:</p>  <p>Trox Argentina S.A Proberto Héctor Coordinador TPS</p>
---	---	---

- Scrap de diseño y producto no conforme

El desperdicio de diseño y de no conformidades es depositado en volquetes, verde y amarillo respectivamente. Ambos tienen una capacidad de 1,2 m<sup>3</sup> y están ubicados en un extremo del sector de chapistería, contiguos a un pasillo que converge en la salida de la nave por donde son retirados.

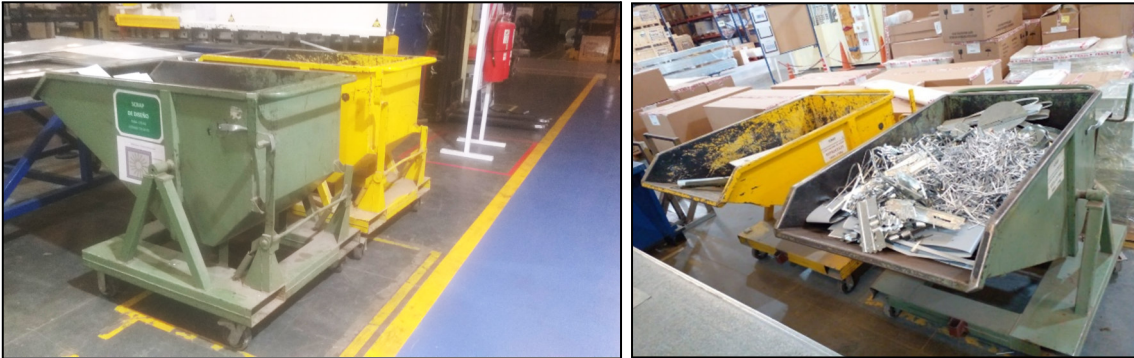


Figura 10 y 11. Volquetes restantes. En ellos se realiza la división de scrap no conforme (amarillo) y scrap de diseño (verde).

*Fuente: Propia. Fotografía de Trox Argentina, sector de chapistería.*






Figura 12 y 13. Interior del volquete de scrap de diseño (Izquierda) y de no conformidades (derecha).

*Fuente: Propia. Fotografía de Trox Argentina, sector de chapistería.*

\* Dentro del volquete verde se observan restos producto de la forma de las piezas, (scrap inevitable) como el generado por las rendijas del difusor de ejemplo. En el volquete amarillo se observa una chapa frontal del difusor utilizado como ejemplo, entre otras no conformidades, la cual fué desechada por ser de una medida distinta a la solicitada en su pedido.

- Pesaje

<p>Firma Estudiante:</p>  <p>Ríos Tomás Alejo Estudiante</p>	<p>Firma Docente Supervisor:</p>  <p>Ing. EMILIANO BALDINO</p>	<p>Firma tutor Organizacional:</p>  <p>Trox Argentina S.A Probito Héctor Coordinador TPS</p>
---	---	---

De manera periódica (usualmente una vez por semana, pero variando según la carga de trabajo), el scrap es retirado al exterior de la nave, pesado en una estación de pesaje que consta de una báscula de suelo con una capacidad máxima de 2000 Kg. Luego es depositado en volquetes exteriores de mayor tamaño, desde los cuales son cargados y despachados, también con periodicidad semanal.






Figura 14. Estación de pesaje

Fuente: Propia. Trox Argentina, exterior de la nave.




### 4.3. Impacto del problema

Esta situación afecta negativamente en varios aspectos, no solo en costos relacionados a la materia prima, sino también al tiempo dedicado de los operadores y de uso de maquinaria con el subsiguiente gasto de energía eléctrica que terminan desperdiciados. A continuación se detallan los efectos del problema en distintas áreas afectadas.

- Satisfacción del cliente
  - El mayor impacto del elevado nivel de scrap en la satisfacción del cliente surge por el **traslado de costos adicionales**. Esto se debe tanto al desperdicio de material adquirido como también al desperdicio operativo, como a las horas de máquina/mano de obra. Dichos costos residuales son trasladados al producto final, elevando los precios de la empresa, siendo poco competitivos en el mercado. Esta situación afecta en gran medida a Trox Argentina S.A., cuyo efecto es notorio, llegando a disminuir en gran medida el volúmen de venta de la compañía.

<p>Firma Estudiante:</p>  <p>Ríos Tomás Alejo Estudiante</p>	<p>Firma Docente Supervisor:</p>  <p>Ing. EMILIANO BALDINO</p>	<p>Firma tutor Organizacional:</p>  <p>Trox Argentina S.A Próbicio Héctor Coordinador TPS</p>
---	---	---

- **Entregas tardías.** Debido a los reprocesos y reemplazos que generan scrap se observaron demoras en la fabricación de productos, lo que puede afectar en los plazos de entrega de los mismos.
  - La reutilización de material de scrap puede generar variaciones del nivel de calidad del producto, lo cual puede ser percibido por el cliente, resultando en una **pérdida de confianza**.
- Calidad del producto
    - Los **frecuentes retrabajos** son importantes generadores de desperdicios y la necesidad de repetir operaciones aumenta la probabilidad de defectos.
    - **Problemas en la materia prima.** El uso de chapas con defectos o piezas recuperadas del scrap puede comprometer la integridad estructural y estética del producto.
    - Como resultado de procesar material que termina como desperdicio, existe una disminución de la vida útil y **desgaste acelerado de la maquinaria**, lo que a su vez puede contribuir a producir más desperdicios por derivar en máquinas dañadas y con baja precisión.
- Efectos internos
    - La **productividad** se ve especialmente afectada al generar interrupciones con máquinas y trabajadores ocupados en tareas de reproceso y de clasificación, reposicionamiento y traslado de desperdicios. Además se generan cuellos de botella, con áreas desabastecidas.
    - Los **costos financieros** derivados de la problemática tienen consecuencias en el aumento de los costos operativos, una mayor necesidad de compra de materia prima y costos de reproceso y de horas extras destinadas a solventar sus efectos.
    - La gran cantidad de desperdicios generados tienen un efecto negativo en la **moral y ambiente laboral** del personal, que debe lidiar con grandes volúmenes de desperdicios en sus espacios de trabajo y en ocasiones es responsabilizado por los errores. Además existe una falta de confianza en la capacidad de la empresa de gestionar eficientemente la problemática y otros errores por parte de los empleados y gerentes, afectando a la cultura de mejora continua.

<p>Firma Estudiante:</p>  <p>Ríos Tomás Alejo Estudiante</p>	<p>Firma Docente Supervisor:</p>  <p>Ing. EMILIANO BALDINO</p>	<p>Firma tutor Organizacional:</p>  <p>Trox Argentina S.A Probitto Héctor Coordinador TPS</p>
---	---	---

Es por estas razones que se consideró de gran relevancia a esta problemática, ya que además, si estos desvíos no se controlan, se corre el riesgo de que la empresa entre en una espiral negativa, con más reprocesos, costos crecientes y problemas internos que dificultan la competitividad.

#### 4.4. Indicador de scrap y objetivo de reducción

##### Indicador del problema

Específicamente, la anormalidad que da causa a la problemática es el alto porcentaje de este residuo sobre el total de materia prima procesada. Se encuentra en un valor aproximado del 40,2%, lo cual denota un nivel muy alto de desperdicio, en contraste con el objetivo actual de la compañía, del 36,2%.

A continuación se detallan desglosados los porcentajes de utilización del total de materia prima, así como también el porcentaje de la misma según tipo de scrap.

Tabla 3. Porcentaje de scrap y segregación según su tipo.




Tipo de metal	Total %	Residuo %
<b>Metal Utilizado (aprovechado)</b>	<b>59,8</b>	<b>-/-</b>
<b>Scrap de Nesting</b>	<b>30,5</b>	<b>75</b>
<b>Scrap de Diseño</b>	<b>2,7</b>	<b>5</b>
<b>Prod. No conforme</b>	<b>7</b>	<b>20</b>

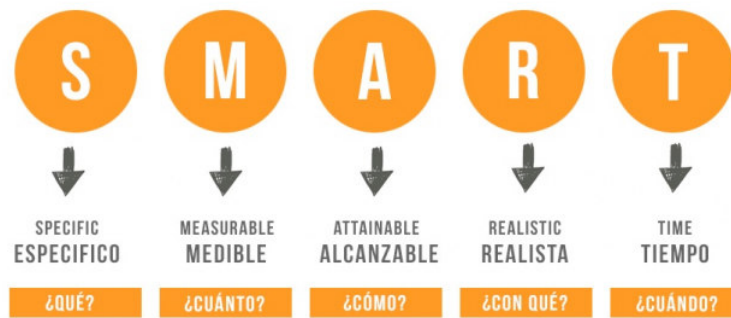
*Fuente: Propia.*

\* Se evidencia que la mayor cantidad de desperdicio es producto del nesting y no conformidades, siendo desperdicios del tipo evitable.

##### Objetivo de reducción de scrap

El objetivo fue planteado de manera clara y estructurada por parte de las gerencias de la organización utilizando la metodología SMART, que permite definir metas específicas, medibles, alcanzables, relevantes y limitadas en el tiempo. Este enfoque asegura que cada acción esté alineada con las necesidades operativas y estratégicas de la compañía.

<p>Firma Estudiante:</p>  <p>Ríos Tomás Alejo Estudiante</p>	<p>Firma Docente Supervisor:</p>  <p>Ing. EMILIANO BALDINO</p>	<p>Firma tutor Organizacional:</p>  <p>Trox Argentina S.A Probitto Héctor Coordinador TPS</p>
---	---	---



Fuente: Metodología SMART (mongeguerrero, 2024)

Desarrollo de las Dimensiones SMART:

**Específico (*Specific*):**

El objetivo principal es reducir el índice de scrap en el proceso de corte de chapas metálicas. Para lograrlo, se deben implementar mejoras orientadas en la eficiencia y optimización de materiales. Estas acciones tienen como fin mejorar el uso de materiales, reducir costos y aumentar la competitividad de la firma.

**Medible (*Measurable*):**

La meta es clara: disminuir el índice de scrap del 40.2% al 36.2% en el plazo de un año. Este cambio equivale a una reducción relativa del 10% en desperdicios totales. Estos indicadores tangibles permiten medir el impacto real de las mejoras implementadas y de la problemática.

**Alcanzable (*Achievable*):**




La gerencia resultó estar segura de que este objetivo es alcanzable. Pueden ser implementadas mejoras como herramientas ya probadas en el mercado. Además, se cuenta con un equipo capacitado y los recursos necesarios para llevar a cabo este plan de mejora de manera efectiva.

**Relevante (*Relevant*):**

La reducción del scrap es un tema crítico para la operación de Trox. No solo mejora la eficiencia y reduce costos, sino que también fortalece su posición competitiva en el mercado. Este objetivo está alineado con los valores y refuerza la cultura de mejora continua, un pilar clave en Trox Argentina S.A.

**Limitado en el tiempo (*Time-bound*):**

El objetivo tiene un plazo claro. Se implementará en un período de un año, desde el inicio del año 2024 (enero) hasta Enero del año 2025. Este marco temporal asegura que el progreso sea monitoreado y evaluado en tiempo real, permitiendo ajustes si son necesarios.

<p>Firma Estudiante:</p>  <p>Ríos Tomás Alejo Estudiante</p>	<p>Firma Docente Supervisor:</p>  <p>Ing. EMILIANO BALDINO</p>	<p>Firma tutor Organizacional:</p>  <p>Trox Argentina S.A Próbicio Héctor Coordinador TPS</p>
---	---	---

#### 4.5. Selección de causas raíz del problema

##### Causas del problema

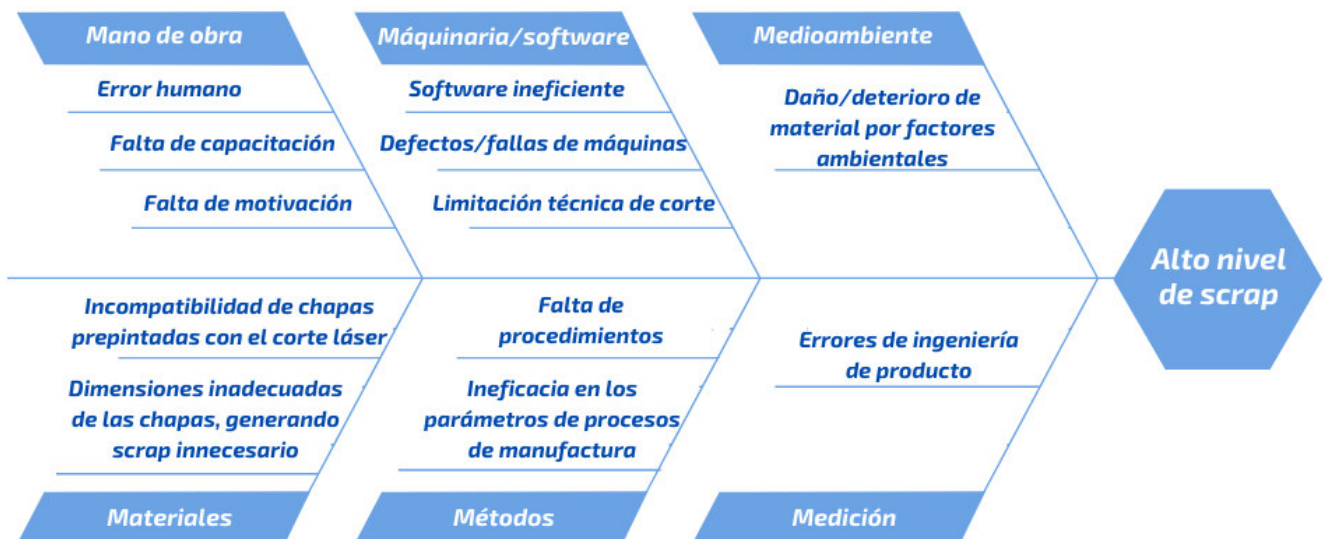
Con el objetivo de tener un panorama claro sobre el problema del elevado nivel de scrap en la fábrica, se realizó un análisis sobre las distintas causas que llevan a su aparición. Para esto, fueron implementadas herramientas de mejora continua al caso, como el diagrama de causa y efecto (*Ishikawa*), análisis estadístico, diagrama de Pareto y los cinco ¿Por qué?.

- Análisis de causa y efecto




Se realizó una identificación de las principales causas del alto nivel de scrap a partir de la técnica de *brainstorming*. Una vez establecidas, se clasificaron las causas mediante el método “6M”, en donde fueron colocadas en las categorías de mano de obra, maquinaria/software, medioambiente, materiales, métodos o medición según su origen.

Esta categorización fué esquematizada en un diagrama *Ishikawa* o de causa y efecto. El mismo se muestra a continuación y se detalla luego una breve explicación de cada causa encontrada.

Tabla 4. Diagrama de causa-efecto (*Ishikawa*).



Fuente: Propia, basada en Gutiérrez Pulido y de la Vara Salazar (2013).

Firma Estudiante:  Rios Tomás Alejo Estudiante	Firma Docente Supervisor:  Ing. EMILIANO BALDINO	Firma tutor Organizacional:  Trox Argentina S.A Probito Héctor Coordinador TPS
--	---	--

### Mano de obra

- Error humano: Factor concurrente de generación por fallas y no conformidades. Ocurre en todos los procesos de manufactura.
- Falta de capacitación: Errores en el manejo de materiales o máquinas producto de la falta de capacitación a operarios.
- Falta de motivación: Personal no comprometido con el proceso, resultando en errores y negligencias, como falta de iniciativa propia de aprovechamiento de material.

### Maquinaria / Software

- Software ineficiente: Programas de nesting y cortes con bajo porcentaje de aprovechamiento de chapa.
- Defectos / Fallas de máquinas: No conformidades de piezas/elementos generadas por fallos de las máquinas.
- Limitación técnica de corte: Elevada generación de scrap de nesting por restricciones en la operación de punzonado.

### Medioambiente




- Daño o deterioro de material por factores ambientales: La humedad o la exposición a elevadas temperaturas, afectar la calidad de las chapas, provocando deformaciones, oxidación o debilitamiento, haciendo que el material no cumpla con los estándares requeridos y se convierta en scrap

### Materiales

- Incompatibilidad de chapas prepintadas con el corte por láser: Los cortes de chapa prepintada blanca deben ser realizados en la punzonadora CNC sin posibilidad de ser procesada por láser, siendo los cortes por punzonadora más ineficientes.
- Dimensiones inadecuadas de las chapas, generando scrap innecesario: Las medidas de chapas utilizadas actualmente no son óptimas para todos los casos. Esto es causante de una gran cantidad del scrap de nesting principalmente al cortar paneles de distintas medidas.

### Métodos

- Falta de procedimientos: La falta de procedimientos definidos en determinadas celdas de trabajo genera inconsistencia en los procesos de trabajo y aumenta la probabilidad de errores.. Esto impacta negativamente en la calidad y uniformidad del producto final, incrementando la generación de scrap.
- Ineficacia en los parámetros de los procesos de manufactura: La mala parametrización de velocidades de corte, presión o ajustes de máquinas puede causar defectos en las piezas, reprocesos y desperdicio de material.

<p>Firma Estudiante:</p>  <p>Ríos Tomás Alejo Estudiante</p>	<p>Firma Docente Supervisor:</p>  <p>Ing. EMILIANO BALDINO</p>	<p>Firma tutor Organizacional:</p>  <p>Trox Argentina S.A Probitto Héctor Coordinador TPS</p>
---	---	---

## Medición

- Errores de ingeniería de producto: Los diseños incorrectos, especificaciones imprecisas o dimensionamientos erróneos resultan en piezas que no cumplen con los requisitos funcionales o de calidad. Esto lleva a la producción de partes defectuosas que se deben descartar y reprocesar, aumentando así el scrap.
- Análisis de datos sobre scrap

El siguiente paso en el análisis de causas fué establecer la magnitud de cada categoría en la aparición del problema.

Para poder ponderar cada causa, se empleó un registro de ocurrencias de scrap <sup>2</sup>. Dicho registro había sido iniciado previamente, en conjunto con el responsable del departamento de calidad y los operarios.

Para llevar a cabo la recopilación de estos datos, el sector de producción fué capacitado en el proceso, el cual consistió en registrar cada situación/ocurrencia de scrap con etiquetas en donde los operarios colocarían los siguientes datos.




- Fecha
- Emisor y sector al que pertenece
- Tipo de scrap
- Nombre de la pieza
- Código del diseño de la pieza
- Cantidad
- Orden de venta
- Operación asociada
- Descripción del defecto
- Sector responsable

Para una mayor practicidad, las etiquetas debían ser colocadas en cada pieza rechazada al tratarse de no conformes (utilizando solo una etiqueta y colocando la cantidad si se trataba de dos o más rechazos de una misma pieza) y realizando un único conteo diario al finalizar el día para el scrap de *nesting* y de diseño, colocando cantidades (cantidad física adimensional).

La razón de que el registro, y en consecuencia el presente análisis fueron realizados a partir de unidades de ocurrencia, en lugar de ser realizados en unidad de masa (Kg o Tn) se debió a fines prácticos como la posibilidad de registrar inmediatamente sin interrumpir el proceso, además de que el pesaje del scrap se realiza cuando los depósitos internos acumulan una cantidad considerable.

---

<sup>2</sup> Ver ANEXO B

<p>Firma Estudiante:</p>  <p>Ríos Tomás Alejo Estudiante</p>	<p>Firma Docente Supervisor:</p>  <p>Ing. EMILIANO BALDINO</p>	<p>Firma tutor Organizacional:</p>  <p>Trox Argentina S.A Probito Héctor Coordinador TPS</p>
---	---	--

Para continuar con el análisis de causas, se tomaron datos de scrap de un período trimestral, los cuales fueron clasificados según la categorización de las 6M. El resultado, se presenta a continuación.

Tabla 5. Frecuencia de ocurrencia trimestral de scrap según la calificación de las “6M”.

CAUSA	FRECUENCIA DE OCURRENCIA
Mano de obra	194
Maquinaria/software	486
Medioambiente	81
Materiales	616
Métodos	97
Medición	146
<b>TOTAL</b>	<b>1620</b>

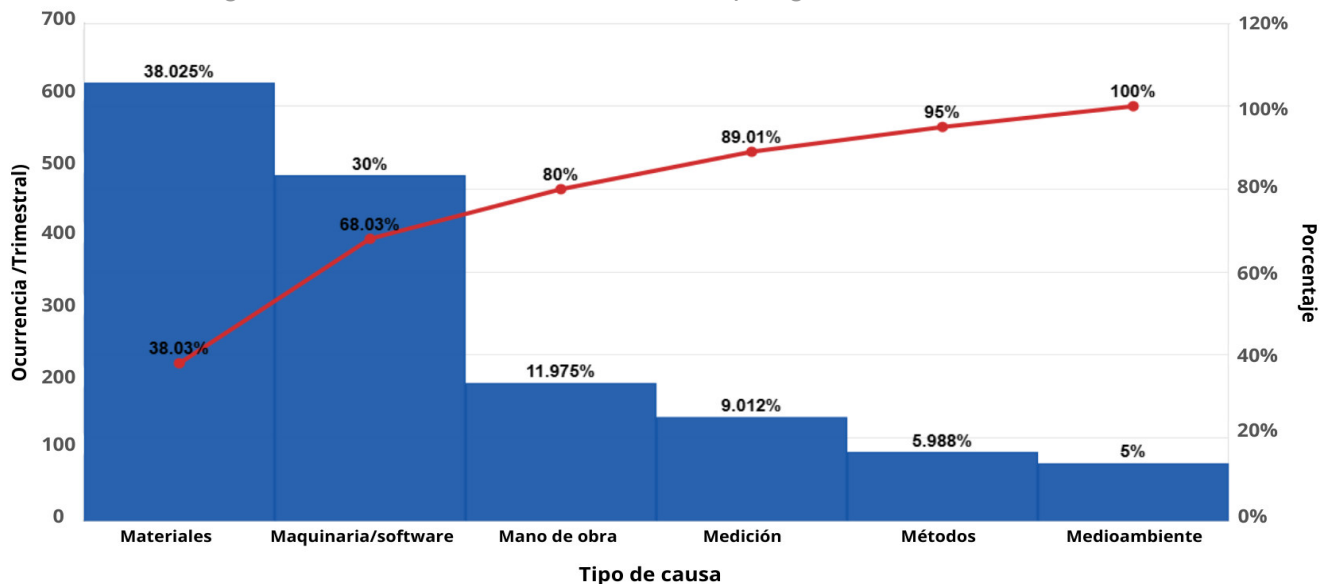
*Fuente: Propia, en base a registros internos de Trox Argentina.*

Con los datos obtenidos, se pudo ponderar la relevancia de todas las categorías como causantes de casos de scrap.




- Diagrama de Pareto

Con la frecuencia de ocurrencia de cada categoría se realizó un diagrama de Pareto, graficando la preponderancia de cada una, y que porcentaje del scrap generan.

Tabla 6. Diagrama de Pareto de las causas de scrap según la clasificación de las “6M”.



*Fuente: Propia, basada en Gutiérrez Pulido y de la Vara Salazar (2013).*

Firma Estudiante:  Rios Tomás Alejo Estudiante	Firma Docente Supervisor:  Ing. EMILIANO BALDINO	Firma tutor Organizacional:  Trox Argentina S.A Probito Héctor Coordinador TPS
--	---	--

El diagrama permite observar que las categorías de “Materiales” y “Maquinaria/software” presentan una gran magnitud en relación con las restantes.

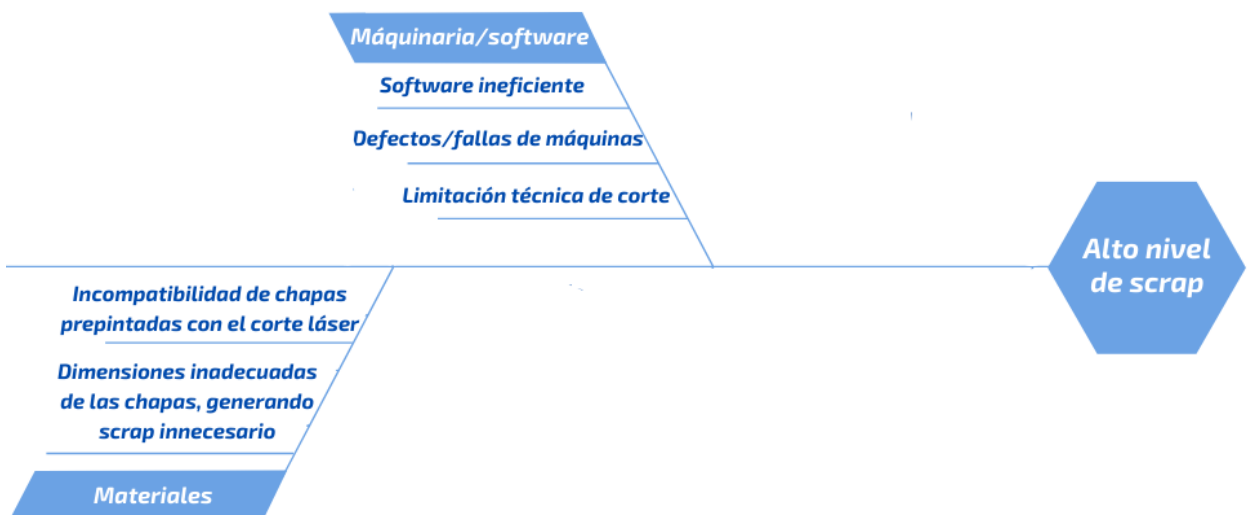
De acuerdo al **principio de Pareto** (o regla 80/20), el cual establece que en un sistema de causas-efectos aproximadamente el 80% de los efectos proviene del 20% de las causas, se puede tener una visión clara para la toma de decisiones ya que permite identificar áreas críticas.

En el caso del presente informe, existe una variación con respecto a los valores teóricos. Se concluye que aproximadamente el 33% de las causas (Materiales y Maquinaria/Software) generan el 68% del scrap.

- Identificación de las causas raíces

Una vez establecidas las dos categorías críticas a partir del principio de Pareto, el análisis se focalizó en las causas de “maquinaria/software” y “materiales”, excluyendo las restantes clases.

Tabla 7. Diagrama de Ishikawa reducido a partir del análisis de Pareto.






*Fuente: Propia, basada en Gutiérrez Pulido y de la Vara Salazar (2013).*

Con el objetivo de identificar las causas raíces de cada defecto nombrado dentro de estas dos categorías, se utilizó la técnica de “**los cinco ¿Por qué?**”, la cual consiste en que una vez que se determine una causa del problema, se realiza la pregunta, ¿Por qué esto sucede? o ¿Por qué esto es así?.




Al encontrar la respuesta, se debe reformular la pregunta al menos hasta cinco veces, lo que permite realizar una indagación profunda.

El resultado de aplicar esta técnica fué la identificación de las causas raíces de cada causa general de las categorías focalizadas. A continuación se detalla su desarrollo.

Firma Estudiante:	Firma Docente Supervisor:	Firma tutor Organizacional:
 Ríos Tomás Alejo Estudiante	 Ing. EMILIANO BALDINO	 Trox Argentina S.A Probito Héctor Coordinador TPS

Categoría **Maquinaria/software** como causante del alto nivel de scrap:

- Software ineficiente: Programas de nesting y cortes con bajo porcentaje de aprovechamiento de chapa.
    - ¿Por qué?
      - Falta de funciones y parámetros que optimicen el aprovechamiento.
    - ¿Por qué?
      - Porque el software y los métodos de nesting utilizados no incorporan técnicas modernas de optimización de material.
        - ¿Por qué?
          - El software de nesting utilizado fué incorporado hace más de 11 años y presenta funciones obsoletas.
      - ¿Por qué?
        - El proveedor de software actual no ofrece soporte ni compatibilidad de funcionalidades ya que tiene una nueva versión siendo comercializada.
- 
- Defectos / Fallas de máquinas: No conformidades de piezas/elementos generadas por fallos de las máquinas.
  - ¿Por qué?
    - Componentes faltantes, rotos o desgastados y fallas ocasionales de sistema.
  - ¿Por qué?
    - Producto de la sobrecarga de trabajo, desalineaciones, condiciones de trabajo inadecuadas, y vida útil de componentes superada.
  - ¿Por qué?
    - Falta de un plan de mantenimiento preventivo, controlando y supervisando las condiciones de operación.

<p>Firma Estudiante:</p>  <p>Ríos Tomás Alejo Estudiante</p>	<p>Firma Docente Supervisor:</p>  <p>Ing. EMILIANO BALDINO</p>	<p>Firma tutor Organizacional:</p>  <p>Trox Argentina S.A Probitto Héctor Coordinador TPS</p>
---	---	---

- Limitación técnica de corte: Elevada generación de scrap de nesting por restricciones en la operación de punzonado.
  - ¿Por qué?
 

Debido a que es necesario delimitar la chapa en marcos específicos para evitar que los golpes de punzonado corten fuera de estos marcos.
  - ¿Por qué?
 

Porque al golpear fuera de los límites establecidos, se puede generar rebaba de chapa, lo que aumenta el scrap, y se corre el riesgo de dañar las herramientas (punzones y matrices).
  - ¿Por qué?
 

Porque fuera de los marcos establecidos:

    - El corte no es lo suficientemente limpio y puede producir rebaba.
    - Los punzones pueden sufrir daños por no golpear completamente dentro de los límites de la chapa.
    - Los punzones y matrices pueden dañarse por golpear fuera del marco de seguridad inferior, ya que la chapa es sujeta por mordazas en esa zona para moverla, y un golpe de punzón en esa área podría dañar las mordazas de sujeción o las herramientas de corte.

Categoría **Materiales** como causante del alto nivel de scrap:




- Incompatibilidad de chapas prepintadas con el corte por láser: Los cortes de chapa prepintada blanca deben ser realizados en la punzonadora CNC sin posibilidad de ser procesada por láser, siendo los cortes por punzonadora más ineficientes.
  - ¿Por qué?
 

El esmaltado, producto del proceso superficial de pintado es dañado por la acción del corte por láser.
  - ¿Por qué?
 

Porque el calor intenso generado por el láser provoca que la pintura se quemara o se derrita, afectando su integridad y facilitando la aparición de rebaba y oxidación.

    - ¿Por qué?
 

Porque la pintura utilizada no tiene una resistencia




<p>Firma Estudiante:</p>  <p>Rios Tomás Alejo Estudiante</p>	<p>Firma Docente Supervisor:</p>  <p>Ing. EMILIANO BALDINO</p>	<p>Firma tutor Organizacional:</p>  <p>Trox Argentina S.A Probitto Héctor Coordinador TPS</p>
---	---	--

térmica suficiente para soportar las temperaturas de corte láser sin deteriorarse.

- ¿Por qué?  
Porque la pintura seleccionada está optimizada para otras propiedades (como resistencia a la corrosión en condiciones normales) y no se pensó en la compatibilidad con procesos de corte térmico.
- ¿Por qué?  
Porque el proceso de corte por punzonado había sido el estándar para este tipo de material, y no se había contemplado el corte láser en el proceso inicial de planificación de materiales.

- Dimensiones inadecuadas de las chapas, generando scrap innecesario: Las medidas de chapas utilizadas actualmente no son óptimas para todos los casos. Esto es causante de una gran cantidad del scrap de nesting principalmente al cortar paneles de distintas medidas.

- ¿Por qué?  
Porque solo se cuenta con un ancho fijo de chapa prepintada para cortar los paneles, y no siempre coincide con las dimensiones de los paneles requeridos.
- ¿Por qué?  
Porque la empresa solo adquiere un tipo de chapa prepintada con un ancho estándar para todos los proyectos.
- ¿Por qué?  
Porque los proveedores actuales solo comercializan chapas prepintadas en esa medida específica de ancho.
- ¿Por qué?  
Porque el proceso de selección de material ha priorizado otros factores (como costos, plazos de entrega, o confiabilidad) y no ha considerado la flexibilidad en las dimensiones de los materiales.

<p>Firma Estudiante:</p>  <p>Ríos Tomás Alejo Estudiante</p>	<p>Firma Docente Supervisor:</p>  <p>Ing. EMILIANO BALDINO</p>	<p>Firma tutor Organizacional:</p>  <p>Trox Argentina S.A Probitto Héctor Coordinador TPS</p>
---	---	---

- ¿Por qué?  
Porque, anteriormente, la empresa no identificó como un problema que debido a la variedad de tamaños en los paneles, la limitación de dimensiones de chapa podría afectar el aprovechamiento del material.

- Priorización de causas raíces

Una vez aplicada la técnica de los cinco ¿Por qué?, se obtuvieron entonces las causas raíces de los defectos mencionados.

- Ineficiencia de los programas de corte: El proveedor de software actual no ofrece soporte ni compatibilidad de funcionalidades ya que tiene una nueva versión siendo comercializada
- Defectos/Fallas de maquinaria generan no conformidades: Falta de un plan de mantenimiento preventivo, controlando y supervisando las condiciones de operación.
- Limitaciones técnicas de la operación de punzonado: Punzonar fuera de los marcos de delimitación puede generar rebaba y daños en los punzones, matrices o mordazas de sujeción.
- Limitaciones del material: La chapa prepintada blanca debe ser procesada únicamente en la máquina punzonadora porque no se había contemplado el corte por láser inicialmente en la planificación de materiales.
- Dimensiones inadecuadas: Las medidas actuales de chapa no son óptimas para todos los casos porque la empresa no identificó previamente que la limitación de dimensiones de chapa afectaría su aprovechamiento.

Con el objetivo de iniciar las acciones de mejora sobre el problema central, se realizó una priorización de las causas raíces, siendo el riesgo el factor a comparar entre ellas para ponderarlas.

Para establecer qué tan riesgosas son las causas raíces encontradas en lo que respecta a generación de altos niveles de scrap, se realizó una **matriz de riesgos**, en donde se evaluó el impacto, es decir, que tan severos serían los resultados de materializarse una causa raíz, y la probabilidad de ocurrencia de la misma.

La ponderación se realizó en niveles del 1 al 5 en ambas valoraciones dando lugar a una matriz de riesgos de 5 filas y 5 columnas.




<p>Firma Estudiante:</p>  <p>Ríos Tomás Alejo Estudiante</p>	<p>Firma Docente Supervisor:</p>  <p>Ing. EMILIANO BALDINO</p>	<p>Firma tutor Organizacional:</p>  <p>Trox Argentina S.A Probitto Héctor Coordinador TPS</p>
---	---	---

Tabla 8. Matriz de riesgos de 5x5




		Impacto →				
		1. Insignificante	2. Menor	3. Significativo	4. Mayor	5. Severo
Probabilidad ↑	5. Casi seguro	Medio 5	Alto 10	Muy alto 15	Extremo 20	Extremo 25
	4. Probable	Medio 4	Medio 8	Alto 12	Muy alto 16	Extremo 20
	3. Moderado	Bajo 3	Medio 6	Medio 9	Alto 12	Muy alto 15
	2. Poco probable	Muy bajo 2	Bajo 4	Medio 6	Medio 8	Alto 10
	1. Raro	Muy bajo 1	Muy bajo 2	Bajo 3	Medio 4	Medio 5

Fuente: Propia, basada en Hillson y Simon (2012).

La multiplicación entre los valores de la probabilidad e impacto, da como resultado el nivel de riesgo de cada causa raíz. Este valor permite identificar los riesgos más críticos que deben ser gestionados con mayor urgencia.

Las calificaciones fueron realizadas mediante el análisis de datos cuantitativos como el registro de scrap, muestreos de órdenes de fabricación y otras fuentes como la experiencia operativa, el análisis de la causa raíz y conocimiento del sector. A continuación se detalla la ponderación y los factores influyentes en la misma.

- Ineficiencia de los programas de corte: La generación de scrap por falta de técnicas y funciones de aprovechamiento es una problemática que aparece diariamente en el sector de chapistería por tener efecto en cada proceso de corte. Su impacto, si bien no es demasiado elevado, es consistente y directamente proporcional con el nivel de actividad del proceso.
- Defectos/Fallas de maquinaria generan no conformidades: No es un problema recurrente en la fábrica y suelen restablecerse una vez ocurrido el fallo. Sin embargo, en las ocasiones que las fallas y defectos de máquinas tienen lugar, el efecto suele ser considerable debido a tener que rechazar piezas o chapas enteras y la necesidad de detener los procesos, afectando a la productividad.
- Limitaciones técnicas de la operación de punzonado: Es una problemática cuya ocurrencia depende de la cautela de los planificadores al realizar los *nestings* y de los operadores al establecer los parámetros. En los casos en que no se tenga especial cuidado, hay una probabilidad moderada de aparición. El impacto de materializarse es considerable ya que piezas enteras deben ser rechazadas por no cumplir con los estándares, además de la amenaza que supone para la integridad del herramental que este riesgo se materialice.

Firma Estudiante:  Rios Tomás Alejo Estudiante	Firma Docente Supervisor:  Ing. EMILIANO BALDINO	Firma tutor Organizacional:  Trox Argentina S.A. Probito Héctor Coordinador TPS
--	---	---

- **Limitaciones del material:** Debido a la concientización y al hábito generado por la práctica de solo procesar chapa prepintada en la cortadora láser, son pocas las ocasiones en las que surge como causante de scrap.  
Sin embargo, en caso de suceder, esta causa raíz puede tener un elevado impacto debido a que se deberán desechar lotes enteros si es que los efectos aparecen en la línea de montaje. En caso de no aparecer, es probable que las consecuencias aparezcan una vez sean los equipos instalados por el cliente, como la oxidación, lo que impactaría en la satisfacción del cliente.
- **Dimensiones inadecuadas:** El sobredimensionamiento de la chapa en relación con los paneles ocurre periódicamente y es directamente proporcional con la cantidad de unidades de tratamiento de aire a fabricar, por lo que suele ocurrir diariamente.  
Presenta además un impacto muy elevado ya que el desperdicio de material suele ser significativo, desperdiciando grandes porciones superficiales de chapa.




Tabla 9. Calificación de las causas raíces en la matriz de riesgos

Causa raíz	Probabilidad de ocurrencia	Impacto de resultados	Riesgo
Dimensiones inadecuadas	5	4	20
Ineficiencia de los programas de corte	5	3	15
Limitaciones técnicas del punzonado	3	3	9
Limitaciones del material	2	4	8
Defectos/fallas de maquinaria	1	3	3

*Fuente: Propia, basada en Hillson y Simon (2012).*

De acuerdo con la criticidad de riesgo producto de la matriz de riesgos, las mejoras se centrarán en las causas raíces:

- Dimensiones inadecuadas**
- Ineficiencia de los programas de corte**

Firma Estudiante:  Ríos Tomás Alejo Estudiante	Firma Docente Supervisor:  Ing. EMILIANO BALDINO	Firma tutor Organizacional:  Trox Argentina S.A Probito Héctor Coordinador TPS
--	---	--

## V. MEJORAS

### 5.1 Propuesta de mejora

Una vez seleccionadas las causas raíces que mayor nivel de riesgo presentaron, se procedió con el desarrollo e implementación de las mejoras que focalicen en dichas causas raíces.

Debido a la especificidad obtenida sobre el origen las causas raíces, establecer las mejoras fué un proceso directo, siendo las problemáticas abordadas por las siguientes propuestas:

- Ineficiencia de los programas de corte
  - Mejora: Implementación de nuevo *software de nesting*.
  
- Dimensiones de chapa inadecuadas
  - Mejora: Aprovechamiento dimensional con nuevos *blanks* de acero.

En esta primera etapa de mejoramiento se tuvo en cuenta ambas causas raíces en simultáneo, por lo que la presente propuesta de mejora engloba las dos problemáticas en conjunto y su planificación, ejecución, medición y análisis fue realizado como un único proyecto, con ambas mejoras desarrolladas paralelamente.

### 5.2 Implementación de nuevo software de *nesting*




- Resumen

Con el objetivo de disminuir el scrap derivado del proceso de *nesting*, se realizó un análisis comparativo entre el software de *nesting* con el que contaba la empresa, la actualización de la versión del mismo y otros disponibles en el mercado, llegando a la conclusión de que adquirir un nuevo software generaría una mejora en la utilización de chapa.

- Visualización del problema

En primer lugar, es importante resaltar que la empresa cuenta con dos máquinas-herramienta para cortar chapas metálicas. La primera es una punzonadora CNC de accionamiento hidráulico fabricada en el año 2008, y la segunda es una cortadora láser a CNC del año 2019.

Ambas máquinas, eran programadas por softwares distintos, siendo los *nestings* de la punzonadora realizados con el software CAD/CAM (Diseño/Manufactura asistidas por

<p>Firma Estudiante:</p>  <p>Ríos Tomás Alejo Estudiante</p>	<p>Firma Docente Supervisor:</p>  <p>Ing. EMILIANO BALDINO</p>	<p>Firma tutor Organizacional:</p>  <p>Trox Argentina S.A Probitto Héctor Coordinador TPS</p>
---	---	---

computadora) de la marca *Metalix* en su versión de 2011. Por su parte, la cortadora láser era programada mediante un software específico de corte por láser en su versión demostrativa (Demo). Esto se debe a que la versión adquirida del primer software no era compatible con nuevas tecnologías como el corte por láser.

Esta forma de operar presentaba las siguientes problemáticas:

- Algoritmos de *nesting* poco eficientes (escasas funciones integradas y falta de gestión de remanentes)
- Falta de compatibilidad. Necesidad de utilizar un software distinto para cada proceso
- Soporte técnico limitado en el caso de la versión antigua y nulo en el software versión demo




- Mejora implementada

A partir del análisis de mercado en donde se realizaron comparaciones de precios y funcionalidades, se resolvió actualizar el software de *nesting* de la versión 2011 a la versión 2022 del mismo proveedor, utilizando la misma licencia, pero actualizando su alcance, permitiendo el acceso a la nueva versión sin la necesidad de adquirir una nueva licencia.

Además, esta versión más reciente permitió ser utilizada para la programación de los cortes por láser, logrando homogeneizar los procesos de corte de chapa mediante un solo software.

Esta modernización permitió contar con nuevas técnicas y funcionalidades, principalmente:

- Algoritmos de *nesting* más avanzados: Permitiendo realizar anidamientos con disposiciones más eficientes al utilizar la función de anidamiento automático a diferencia del uso anterior en donde se realizaban patrones lineales para luego ajustar manualmente.
- Manejo de remanentes reutilizables: El nuevo software incluyó la capacidad de establecer los cortes para formar los remanentes (Chapa sobrante), almacenarlos en su base de datos reflejando los almacenes físicos, y poder utilizarlos en trabajos posteriores si son de gran tamaño.
- Función de “compartir contorno de borde” : La nueva herramienta contó con la función de poder compartir un único borde entre piezas contiguas, pudiendo realizar un único corte para obtener varias piezas, minimizando el scrap generado como esqueleto de *nesting*.
- Mayor automatización: Gracias a la incorporación de herramientas como la generación automática de trayectoria de corte, detección de interferencias y la programación de procesos se redujo el trabajo manual y la posibilidad de error humano.

<p>Firma Estudiante:</p>  <p>Ríos Tomás Alejo Estudiante</p>	<p>Firma Docente Supervisor:</p>  <p>Ing. EMILIANO BALDINO</p>	<p>Firma tutor Organizacional:</p>  <p>Trox Argentina S.A Probito Héctor Coordinador TPS</p>
---	---	--

- Simulación y análisis previo al corte: La actualización permitió visualizar simulaciones dinámicas de los programas de corte antes de ser ejecutados en las máquinas. Ésto admite analizar desperdicios, disposiciones y duración en una simulación, permitiendo realizar ajustes convenientes.
- Optimización por agrupación en lotes: El nuevo software admitió utilizar una función de poder agrupar piezas y cortes de distintos lotes (pertenecientes a distintas órdenes de fabricación), función que previamente se realizaba de manera manual por los operadores.

De acuerdo a una muestra de 10 programas de corte tomada previa a la implementación, y realizados nuevamente luego de la misma, el aumento de la eficiencia fué de 4% para cada programa (cada chapa) con una desviación posible de 2%, es decir, el nuevo software permitió aumentar el aprovechamiento de la chapa entre un 2 % a 6%.

Es relevante también resaltar que la mejora permitió optimizar otros factores además del scrap, como la productividad de los programadores y operadores debido a una mejor usabilidad, contar con más datos de análisis y de reportes y permitir una futura integración con el sistema ERP de la empresa.




- Costo

El costo total de la adquisición de la nueva versión del software fue de 8.800 U\$S.

- Capacitación y procedimientos

En primer lugar, la capacitación inicial fué brindada por la empresa proveedora de manera remota únicamente a los encargados de realizar la programación de los cortes por CNC, es decir al sector de planificación y control de la producción, entre ellos el estudiante. Esta etapa inicial duró dos semanas y consistió en tres encuentros virtuales brindados por un especialista, y consultas vía e-mail, en donde se desarrolló la explicación e intercambio de información sobre el modo de instalación, configuración y utilización del software para su óptimo funcionamiento. El resultado de esta capacitación fué óptimo.

Posteriormente se realizó una capacitación interna enfocada a los operadores de las máquinas CNC, en donde de manera presencial, el departamento de planificación y control de la producción los entrenó en conjunto con el sector de TPS acerca del uso del nuevo software y las modificaciones en el proceso. La duración de la misma fué de tres días y consistió en explicaciones, consultas y ejercicios de uso.

<p>Firma Estudiante:</p>  <p>Ríos Tomás Alejo Estudiante</p>	<p>Firma Docente Supervisor:</p>  <p>Ing. EMILIANO BALDINO</p>	<p>Firma tutor Organizacional:</p>  <p>Trox Argentina S.A Probitto Héctor Coordinador TPS</p>
---	---	--

### 5.3 Aprovechamiento dimensional con nuevas dimensiones de *blanks* de acero y desarrollo de proveedores

- Resumen

Luego de identificar que la limitada variedad de dimensiones de chapas galvanizadas prepintadas era una causa raíz del scrap durante el corte con la punzonadora CNC, fue desarrollada la mejora restante, focalizando en el aprovechamiento dimensional mediante la introducción de nuevas medidas de hojas de acero y el desarrollo de proveedores. La mejora se ejecutó en dos etapas: primero, se estableció un acuerdo con un proveedor para suministrar chapas de menor ancho, lo que redujo el scrap de chapa prepintada significativamente por cada panel cortado. Posteriormente, a través de la colaboración con una subsidiaria en Brasil, se obtuvieron dimensiones adicionales más óptimas que permitieron una segunda reducción de scrap. Fueron además realizadas capacitaciones al personal para asegurar la correcta implementación de los nuevos procesos.

- Visualización del problema

A partir del análisis de los registros de desperdicios producidos por distintas causas, se evidenció una gran relevancia de el tipo y características del material trabajado como una fuente de scrap, siendo la falta de variedad de dimensiones de chapa galvanizada prepintada blanca la principal causa raíz de la generación de scrap en esta categoría, derivado del corte de paneles para el producto final. El corte de este tipo de material es realizado exclusivamente por la máquina punzonadora CNC.




La razón de esta problemática se explica por la poca variedad de dimensiones de chapas metálicas de este tipo, ya que solo se contaba con cinco medidas de largo y solo una de ancho, en contraste con la gran variedad de dimensiones de productos que Trox Argentina ofrece al mercado, con 10 opciones de medidas de ancho de paneles distintas.

El resultado de los programas de corte de paneles variaba según el caso, presentando aprovechamientos de chapa en ocasiones óptimos, tolerables y frecuentemente muy ineficientes, lo que resultaba en una causa relevante de generación de scrap de *nesting*.

- Mejoras implementadas

La propuesta de mejora fue realizada en base al previo desarrollo de la técnica de los cinco porqués, focalizando en realizar un análisis de las dimensiones de la materia prima en relación con los paneles cortados, con el objetivo de que sea un factor a considerar además del costo, plazo de entrega y confiabilidad al evaluar y desarrollar proveedores.

A partir de esta problemática, se realizó una mejora en la utilización de chapa, producto de un análisis dimensional, seguido por una evaluación y desarrollo de

<p>Firma Estudiante:</p>  <p>Ríos Tomás Alejo Estudiante</p>	<p>Firma Docente Supervisor:</p>  <p>Ing. EMILIANO BALDINO</p>	<p>Firma tutor Organizacional:</p>  <p>Trox Argentina S.A Probitto Héctor Coordinador TPS</p>
---	---	---

proveedores conforme al objetivo.

La primera actividad, el análisis dimensional, fue realizada por el estudiante mediante simulaciones de programas de corte con distintas medidas, estableciendo diferentes posibles medidas de ancho de chapa que podrían optimizar su aprovechamiento.

La necesidad de nuevas dimensiones y las distintas opciones fueron comunicadas a los proveedores a los que la compañía compraba chapa, logrando llegar a un acuerdo únicamente con uno de ellos. El principal limitante que se presentó en esta fase fue que Trox no fabrica de manera masiva, lo que llevaría a los proveedores a fabricar y almacenar por largos períodos bobinas de chapa de dimensiones poco demandadas en el mercado.

Producto de la evaluación de proveedores se consiguió una segunda opción de chapa aún más eficiente para los procesos de la empresa.

Por lo tanto, esta mejora fue realizada en las siguientes dos etapas sucesivas.

1- En primera instancia, a partir de un desarrollo de proveedores se logró un acuerdo con un proveedor para ser suministrada una medida de chapa galvanizada prepintada blanca de menor ancho, lo que permitió disminuir desperdicios. Esta nueva medida de chapa presentaba 763 mm de ancho, frente a la utilizada previamente de 1080 mm. Esto permitió aumentar en un 11,7% de media, el aprovechamiento de chapa prepintada al cortar un panel <sup>3</sup>.

Con respecto a los precios del material no se vió un beneficio relativo sustancial, ya que la chapa de ancho 1080 mm era suministrada por 2.8 U\$S/Kg, mientras que la de ancho 763 mm por 2.9 U\$S/Kg.

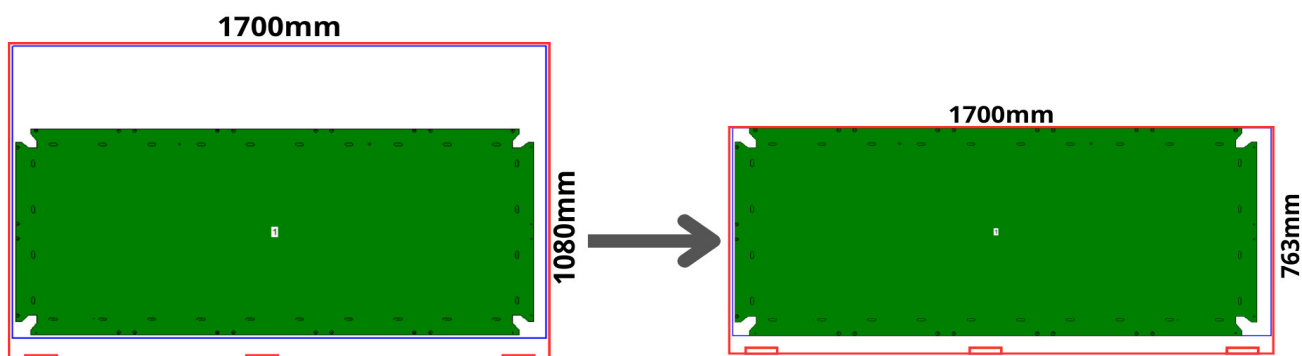





Figura 15. Programa de corte de un panel de 700 x 1630 mm con la chapa inicial de 1080 mm de ancho y comparación con la chapa de 763 mm. En este caso puntual se observa una reducción de desperdicio de 25,5 %.

Fuente: Memoria Trox Argentina.

<sup>3</sup> (Ver ANEXO C comparación de aprovechamientos de chapa para distintos tamaños de paneles)

<p>Firma Estudiante:</p>  <p>Ríos Tomás Alejo Estudiante</p>	<p>Firma Docente Supervisor:</p>  <p>Ing. EMILIANO BALDINO</p>	<p>Firma tutor Organizacional:</p>  <p>Trox Argentina S.A Probito Héctor Coordinador TPS</p>
---	---	---

2- En una segunda etapa, gracias al intercambio de información con colaboradores de la subsidiaria de Trox en Brasil, se obtuvieron las distintas medidas de chapas utilizadas en su fábrica y suministradas por proveedores del mercado Brasileño, las cuales fueron analizadas y se definió que sus medidas (de ancho 700 mm y 1020 mm) eran óptimas para las necesidades de Trox Argentina. Además, a partir de la consulta directa con los operarios del sector y de la realización de pruebas prácticas, se logró eliminar el obstáculo de colocar márgenes para la manipulación de la chapa por parte de la punzonadora al sujetar directamente las piezas (paneles) a cortar. Esta mejora del proceso permitió de media un aumento de 4,2% de aprovechamiento con respecto a la mejora anterior, es decir un aumento de 15,9% en la eficiencia de corte de chapa galvanizada prepintada blanca en paneles, con respecto a la situación inicial <sup>4</sup>.

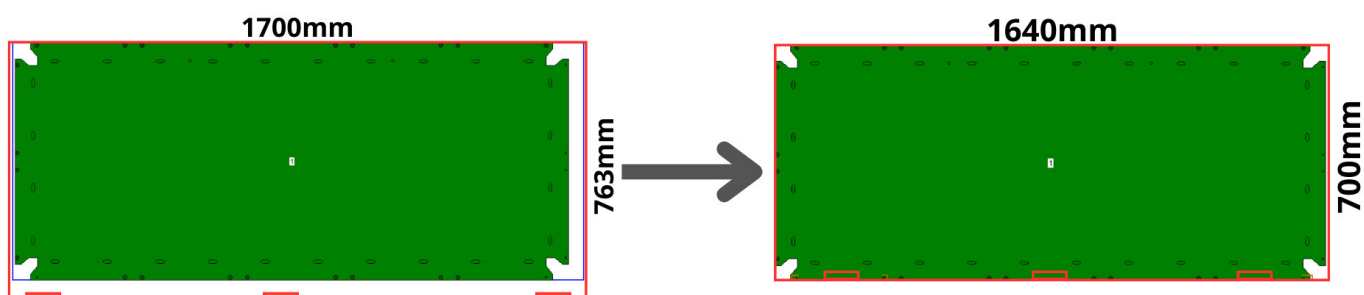


Figura 16. Programa de corte de un panel de 700 x 1630 mm con la chapa de 763 mm de ancho y comparación con la chapa de 700 mm (de Brasil). En este caso puntual se observa una mejora de 9,1 % del aprovechamiento en relación a la primera mejora (34,7 % con respecto a la situación inicial).

*Fuente: Memoria Trox Argentina.*

Otra ventaja obtenida en esta segunda etapa de la mejora fué el costo del material que, teniendo en cuenta incluso los gastos inherentes a su importación y gestión logística, resultó menor al del mercado nacional, siendo de 2.61 U\$S/Kg .

<sup>4</sup> (Para más detalles ver ANEXO C)




<p>Firma Estudiante:</p>  <p>Ríos Tomás Alejo Estudiante</p>	<p>Firma Docente Supervisor:</p>  <p>Ing. EMILIANO BALDINO</p>	<p>Firma tutor Organizacional:</p>  <p>Trox Argentina S.A Proberto Héctor Coordinador TPS</p>
---	---	--

Tabla 10. Análisis de los costos de importar 20 toneladas de chapa del proveedor brasileño como ejemplo de pedido.

	Precio unitario inicial (U\$S/Kg)	Cantidad (Kg)	Precio total inicial (U\$S)
TOTAL FOB (Chapa PPB)	1,83	20000	36600,00
COSTOS LOGÍSTICOS			Total (U\$S)
Derechos	10.8%		3952,80
Flete internacional			3283,40
Impuesto país	17.5%		6979,60
Depósito fiscal			500,00
Flete nacional			315,79
Despachante			500,00
<b>TOTAL</b>			<b>15531,59</b>
<b>Costo total (Precio total inicial + Costos logísticos) U\$S</b>			<b>52131,59</b>
<b>Precio unitario (landed) U\$S/Kg</b>			<b>2,61</b>

Fuente: Memoria Trox Argentina.

El precio de la chapa importada (de 2,61 U\$S/Kg) impactó reduciendo el precio promedio de la chapa prepintada, el cual fue calculado considerando la medida de chapa más conveniente para cada dimensión de panel por su aprovechamiento.

Las tres medidas presentan precios distintos, y la distribución porcentual de los casos en función de la eficiencia es la siguiente.

Tabla 11. Precios unitarios de cada medida y su ponderación según utilización.

Medidas	Precio unitario [U\$S / Kg]	Porcentaje de Kg comprados sobre el total de este tipo de material
Medida inicial	2,80	15,6%
Medida etapa 1 (763 mm)	2,90	8,4%
Medidas etapa 2 (700/1020 mm)	2,61	76,1%

Fuente: Propia.




Así, el precio final se obtiene ponderando el precio de cada medida por su participación porcentual en el total de los casos.

$$\text{Precio promedio ponderado (U$S/Kg)} = (2.8 \text{ U$S/Kg} \times 0.156) + (2.9 \text{ U$S/Kg} \times 0.084) + (2.61 \text{ U$S/Kg} \times 0.761)$$

$$\text{Precio promedio ponderado (U$S/Kg)} = (0.437 \text{ U$S/Kg}) + (0.244 \text{ U$S/Kg}) + (1.986 \text{ U$S/Kg})$$

$$\text{Precio promedio ponderado (U$S/Kg)} = 2.66 \text{ U$S/Kg}$$

El precio promedio de la chapa prepintada fue establecido en 2.66 U\$S / Kg.

Firma Estudiante:  Rios Tomás Alejo Estudiante	Firma Docente Supervisor:  Ing. EMILIANO BALDINO	Firma tutor Organizacional:  Trox Argentina S.A Probitto Héctor Coordinador TPS
--	---	---

- Costo

La implementación de esta mejora no presentó costos considerables. Sin embargo, existieron costos indirectos como los derivados del tiempo de negociación, de planificación, de compras, o de mano de obra, que por ser despreciables y para simplificar el análisis, no fueron tenidos en cuenta.

- Capacitación y procedimientos

La capacitación acerca de esta mejora fué realizada desde distintos enfoques.

Se realizaron capacitaciones al personal de planta sobre concientización en el uso y aprovechamiento de los insumos con el objetivo de generar una filosofía que busque tener en cuenta los efectos negativos sobre la economía de la empresa así como también sobre el medio ambiente. Estas capacitaciones fueron dos reuniones realizadas en la empresa.

Por otro lado, el departamento de suministros al localizar un proveedor del mercado extranjero sobre un insumo que anteriormente era abastecido localmente, debió ser capacitado desde su propia gerencia sobre el proceso de compra de este artículo específico al exterior.

Además, con las nuevas medidas de chapa, al modificarse el proceso de punzonado de paneles, el personal del sector de chapistería fué informado y capacitado mediante prácticas sobre el mismo.

Esta etapa de instrucción tuvo una duración de una semana.

#### 5.4. Análisis de riesgo de implementación

Una vez desarrolladas y analizadas las mejoras, y previamente a su implementación, se realizó un análisis de gestión de riesgos potenciales.

La gestión de riesgos resulta clave para anticipar y manejar posibles dificultades que puedan afectar cada fase de implementación ya que, cada una de las etapas de este proyecto –desde el análisis de datos inicial hasta la capacitación del personal y la implementación de nuevas herramientas– conlleva riesgos específicos que podrían interferir con los resultados esperados si no se gestionan adecuadamente.

Para asegurar el éxito del proyecto, se evaluaron los riesgos potenciales asociados a cada etapa, cuantificando su impacto [ I ] y probabilidad [ P ] según la misma matriz analizada previamente <sup>5</sup>. De esta manera, es posible priorizar los riesgos más críticos, desarrollar acciones de mitigación efectivas y establecer planes de acción específicos que permitan controlar y reducir la severidad de los efectos negativos que podrían surgir. La siguiente matriz organiza los riesgos en cada fase, detallando las acciones necesarias para que el proyecto avance sin contratiempos y logre sus objetivos de manera efectiva.

<sup>5</sup> Ver tabla 8







Firma Estudiante:	Firma Docente Supervisor:	Firma tutor Organizacional:
 Ríos Tomás Alejo Estudiante	 Ing. EMILIANO BALDINO	 Trox Argentina S.A Probitto Héctor Coordinador TPS

Tabla 12. Análisis de riesgos de las etapas de la implementación junto con sus posibles acciones de mitigación y planes de acción.




Etapa	Riesgo Potencial	I	P	Riesgo	Acción de Mitigación	Plan de Acción
		(1-5)	(1-5)	(I x P)		
Análisis inicial y diagnóstico	Datos incompletos o erróneos	4	3	12	Verificación y validación	Revisar datos históricos y realizar pruebas piloto para confirmar precisión antes de un análisis completo.
	Falta de colaboración de operarios	3	2	6	Comunicación y motivación	Realizar reuniones para explicar el objetivo y beneficios del proyecto, promoviendo su participación activa.
	Sesgo en la interpretación de observaciones	3	3	9	Estandarización de métodos de observación	Utilizar listas de verificación estructuradas y realizar observaciones cruzadas con diferentes analistas.
Observación del proceso	Falta de colaboración de operarios	3	2	6	Comunicación y motivación	Realizar reuniones para explicar el objetivo y beneficios del proyecto a los operarios.
Análisis de datos recopilados	Interpretación incorrecta de datos	4	3	12	Capacitación y revisión	Capacitar al equipo en análisis de datos y validar interpretaciones con supervisores experimentados.
Análisis de causas raíces	Identificación incorrecta de causas	5	2	10	Método estructurado	Aplicar herramientas como Ishikawa y revisión de causas con el equipo.
Desarrollo de propuestas	Propuestas de mejora poco viables	3	3	9	Validación de propuestas	Realizar un análisis de viabilidad técnica y económica junto a la gerencia antes de su implementación.
	Recursos insuficientes para implementar mejoras	4	3	12	Planificación presupuestaria	Evaluar la disponibilidad de recursos antes de comprometerse con las propuestas y preparar planes de contingencia.
	Falta de alineación con objetivos estratégicos	3	3	9	Involucrar a la gerencia	Confirmar que las propuestas de mejora están alineadas con las prioridades estratégicas de la organización antes de su desarrollo.
Implementación de mejoras	Fallos en el nuevo software de nesting	5	3	15	Pruebas previas y soporte técnico	Hacer pruebas de funcionamiento y asegurar soporte del proveedor de software.

<p>Firma Estudiante:</p>  <p>Rios Tomás Alejo Estudiante</p>	<p>Firma Docente Supervisor:</p>  <p>Ing. EMILIANO BALDINO</p>	<p>Firma tutor Organizacional:</p>  <p>Trox Argentina S.A. Probito Héctor Coordinador TPS</p>
---	---	---

Implementación de mejoras	No disponer de las dimensiones de chapa requeridas	5	2	10	Garantizar el suministro de medidas específicas	Acuerdos a largo plazo o de pago anticipado. Evaluar proveedores secundarios reduciendo la dependencia.
Capacitación del personal	Resistencia al cambio	3	4	12	Comunicación efectiva	Involucrar al personal desde el inicio y resaltar los beneficios de la mejora para sus tareas.
	Dificultades en la comprensión del nuevo software	3	3	9	Capacitación personalizada	Adaptar las capacitaciones al nivel de experiencia de los operarios y realizar sesiones prácticas.
	Falta de seguimiento post-capacitación	3	2	6	Refuerzos continuos	Establecer sesiones de seguimiento y retroalimentación periódica para garantizar el aprendizaje continuo.
Documentación de procedimientos	Falta de claridad en nuevos procedimientos	4	2	8	Revisión de procedimientos	Validar que la documentación sea clara y realizar revisiones periódicas con el equipo.
Medición y monitoreo de resultados	Datos no reflejan mejoras reales	4	3	12	Análisis detallado	Establecer KPIs claros y realizar revisiones semanales para garantizar precisión en los datos.
	Interpretaciones erróneas de los resultados	3	3	9	Validación externa	Solicitar auditorías externas o revisiones por parte de expertos en mejora continua.
	Falta de recursos para medir continuamente	3	2	6	Automatización de herramientas	Implementar herramientas digitales de monitoreo para reducir la carga manual de recolección de datos.

*Fuente: Propia, basada en Hillson y Simon (2012) y PMI (2017).*

En resumen, gestionar los riesgos en este proyecto de reducción de scrap permite anticipar posibles obstáculos y diseñar respuestas eficaces que aseguren el avance y éxito del proyecto. Establecer planes de acción específicos crea un marco de trabajo que ayuda a minimizar interrupciones y a mantener el proyecto alineado con sus objetivos.

Firma Estudiante:  Rios Tomás Alejo Estudiante	Firma Docente Supervisor:  Ing. EMILIANO BALDINO	Firma tutor Organizacional:  Trox Argentina S.A Probito Héctor Coordinador TPS
--	---	--

## VI. RESULTADOS

Debido a que la presente propuesta de mejora de la práctica profesional consta del conjunto de las dos mejoras implementadas paralelamente, el análisis y resultados finales son producto de la aplicación de ambas mejoras en simultáneo, como un proyecto único. Es decir, que el impacto final muestra el efecto de ambas mejoras aplicadas en conjunto.

### **6.1. Índice de scrap antes y después de la mejora**

La puesta en marcha final de las mejoras desarrolladas fué realizada en el mes de abril del año 2024. En el mes de mayo se registró una primera disminución según la medición por pesaje, sin embargo el resultado de este mes no se consideró para evaluar el resultado final ya que fue el primer mes de implementación, en donde se realizaron ajustes y se consolidó el aprendizaje sobre los nuevos procesos.

En los cuatro meses siguientes (de junio a septiembre) el índice de scrap se redujo de un 40,2 % de la situación inicial a un 35,9 % (en promedio).

Es decir, se registró una reducción del 4,3 % de la generación de scrap en términos relativos sobre el total de chapa consumida, o lo que es igual, se redujo un 10,7 % el total del scrap en términos absolutos.

Por lo tanto, el objetivo de reducción anual de scrap del 10 % planteado por la gerencia fue cumplido.

Se detalla a continuación los porcentajes del registro de pesaje de scrap, desde el inicio del año 2023 hasta septiembre del año 2024.




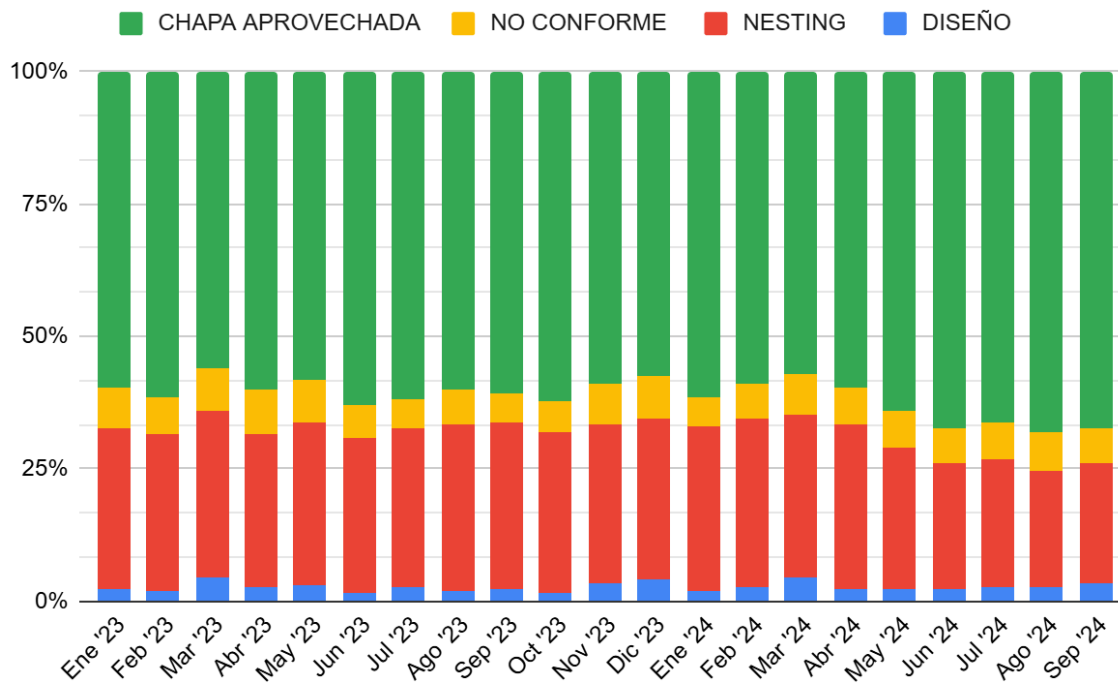
<p>Firma Estudiante:</p>  <p>Ríos Tomás Alejo Estudiante</p>	<p>Firma Docente Supervisor:</p>  <p>Ing. EMILIANO BALDINO</p>	<p>Firma tutor Organizacional:</p>  <p>Trox Argentina S.A Probalto Héctor Coordinador TPS</p>
---	---	---

Tabla 13. Evolución de la chapa utilizada y tipos de scrap en el último año y medio de actividad.




MES	TOTAL DE CHAPA CONSUMIDA			
	CHAPA APROVECHADA [%]	SCRAP MENSUAL [%]		
		DISEÑO	NESTING	NO CONFORME
Ene '23	59,7	2,2	30,3	7,8
Feb '23	61,4	1,9	29,6	7,1
Mar '23	56	4,4	31,4	8,2
Abr '23	60,1	2,6	28,9	8,4
May '23	58,3	3,1	30,7	7,9
Jun '23	63	1,7	29	6,3
Jul '23	61,7	2,5	30,2	5,6
Ago '23	60,1	2	31,3	6,6
Sep '23	60,7	2,2	31,7	5,4
Oct '23	62,1	1,6	30,3	6
Nov '23	58,9	3,5	29,8	7,8
Dic '23	57,4	4	30,5	8,1
Ene '24	61,6	1,8	31,2	5,4
Feb '24	58,8	2,8	31,5	6,9
Mar '24	57	4,6	30,6	7,8
Abr '24	59,8	2,4	31	6,8
May '24	61,7	2,8	27,8	7,7
Jun '24	64,3	3,2	24,9	7,6
Jul '24	63	3,4	25,2	8,4
Ago '24	64,9	2,8	24,6	7,7
Sep '24	64,2	3,4	25,5	6,9

Fuente: Propia, basada en registros de Trox Argentina.

Tabla 14. Evolución porcentual de la chapa utilizada y tipos de scrap en el último año y medio de actividad.



Fuente: Propia, basada en registros de Trox Argentina.

<p>Firma Estudiante:</p>  <p>Rios Tomás Alejo Estudiante</p>	<p>Firma Docente Supervisor:</p>  <p>Ing. EMILIANO BALDINO</p>	<p>Firma tutor Organizacional:</p>  <p>Trox Argentina S.A Probitco Héctor Coordinador TPS</p>
---	---	---

## 6.2. Análisis financiero

### Costos

Con los registros del sistema interno de gestión se obtuvo el total de kilogramos comprados de cada tipo de chapa del año 2023.

Para evaluar la mejora, se realizó el mismo análisis de datos para una actividad posterior a su aplicación. Para realizar una comparación coherente, buscando clarificar el impacto económico de la mejora, se tomó el mismo nivel de actividad del año 2023, con el mismo consumo total de chapa e igual precio de reventa.

Los datos con variaciones fueron el índice de scrap, de 40,2 % a 35,9 % y el precio de chapa prepintada blanca, que luego de la mejora, se redujo a 2.66 U\$S/Kg <sup>6</sup>.

Se aplicó el porcentaje de scrap a la totalidad de las chapas obteniendo el material desperdiciado anual según el índice (Antes y luego de aplicar la mejora). El índice fue aplicado uniformemente ya que no se contó con registros diferenciados por tipo de material del pesaje del scrap.




Solo se tuvieron en cuenta los costos de la compra de materia prima, dejando de lado en este estudio los costos indirectos como costos por procesamiento, horas-hombre, horas-máquina, traslados, etc.

$$SCRAP [Kg] = COMPRA ANUAL [Kg] \times (\% SCRAP)$$

MATERIAL	COMPRA TOTAL ANUAL [Kg]	Año 2023 (Antes de la mejora)	Luego de implementar la mejora
		40,2% DE SCRAP [Kg]	35,9% DE SCRAP [Kg]
Galvanizada	123.666	49.714	44.396
Prepintada Blanca	85.056	34.193	30.535
Inoxidable	10.758	4.325	3.862
Aluminio	3.750	1.508	1.346
TOTAL	223.230	93.757	80.140

Luego se obtuvo el costo de compra de la materia prima que termina como scrap con los precios unitarios de compra de cada tipo de material.

<sup>6</sup> Ver tabla 11

Firma Estudiante:  Rios Tomás Alejo Estudiante	Firma Docente Supervisor:  Ing. EMILIANO BALDINO	Firma tutor Organizacional:  Trox Argentina S.A Probitto Héctor Coordinador TPS
--	---	---

$$COSTO DE M.P. DE SCRAP [U\$S] = SCRAP [Kg] \times PRECIO DE COMPRA [U\$S/Kg]$$




MATERIAL	Año 2023 (Antes de la mejora)			Luego de implementar la mejora		
	SCRAP a 40,2% [Kg]	PRECIO DE COMPRA UNITARIO [U\\$S/Kg]	COSTO DE M.P. QUE TERMINA EN SCRAP [U\\$S]	SCRAP a 35,9% [Kg]	PRECIO DE COMPRA UNITARIO [U\\$S/Kg]	COSTO DE M.P. QUE TERMINA EN SCRAP [U\\$S]
Galvanizada	49.714	1,80	89.485	44.396	1,80	79.913
Prepintada Blanca	34.193	2,80	95.739	30.535	2,66	81.223
Inoxidable	4.325	3,50	15.137	3.862	3,50	13.517
Aluminio	1.508	9,10	13.718	1.346	9,10	12.251
TOTAL	93.757	-	214.079	80.140	-	186.905

Para el análisis de costos se tuvo en cuenta la reventa. El scrap ferroso es revendido en conjunto a un precio mucho menor que el de compra. Del aluminio no se obtuvieron datos, sin embargo es el material procesado en cantidades más bajas.

$$INGRESOS POR REVENTA [U\$S] = SCRAP [Kg] \times PRECIO DE REVENTA [U\$S/Kg]$$

MATERIAL	PRECIO DE REVENTA DE SCRAP [U\\$S/Kg]	Año 2023 (Antes de la mejora)		Luego de implementar la mejora	
		SCRAP a 40,2% [Kg]	REVENTA DE SCRAP [U\\$S]	SCRAP a 35,9% [Kg]	REVENTA DE SCRAP [U\\$S]
Galvanizada	0,12	49.714	5.965,6	44.396	5.327,5
Prepintada Blanca	0,12	34.193	4.103,1	30.535	3.664,2
Inoxidable	0,12	4.325	519,0	3.862	463,5
Aluminio	N/A	1.508	N/A	1.346	N/A
TOTAL	-	93.757	10.587,7	80.140	9.455,2

Con los datos del costo de materia prima que termina en scrap y los ingresos por su reventa, se obtuvo la pérdida derivada del problema central.

Firma Estudiante:  Rios Tomás Alejo Estudiante	Firma Docente Supervisor:  Ing. EMILIANO BALDINO	Firma tutor Organizacional:  Trox Argentina S.A Probito Héctor Coordinador TPS
--	---	--

$$\text{PÉRDIDA [U\$\$]} = \text{COSTO DE M. P. DE SCRAP [U\$\$]} - \text{INGRESOS POR REVENTA [U\$\$]}$$

MATERIAL	Año 2023 (Antes de la mejora)			Luego de implementar la mejora		
	COSTO DE M.P. QUE TERMINA EN SCRAP [U\\$\\$]	REVENTA DE SCRAP [U\\$\\$]	PÉRDIDA [U\\$\\$]	COSTO DE M.P. QUE TERMINA EN SCRAP [U\\$\\$]	REVENTA DE SCRAP [U\\$\\$]	PÉRDIDA [U\\$\\$]
Galvanizada	89.485	5.965,6	83.519	79.913	5.327,5	74.585
Prepintada Blanca	95.739	4.103,1	91.636	81.223	3.664,2	77.559
Inoxidable	15.137	519,0	14.618	13.517	463,5	13.054
Aluminio	13.718	N/A	13.718	12.251	N/A	12.251
<b>TOTAL</b>	<b>214.079</b>	<b>10.587,7</b>	<b>203.491</b>	<b>186.905</b>	<b>9.455,2</b>	<b>177.449</b>

Por lo tanto, las pérdidas económicas anuales derivadas del scrap de la materia prima antes de la mejora eran de 203.491 U\$\$ y luego de la mejora de 177.449 U\$\$.

### Ahorro de la mejora




La resta entre ambas pérdidas es el ahorro anual por la implementación de la mejora.

Tabla 15. Ahorro anual de la mejora.

MATERIAL	Año 2023 (Antes de la mejora)	Luego de implementar la mejora	AHORRO ANUAL [U\\$\\$]
	PÉRDIDA [U\\$\\$]	PÉRDIDA [U\\$\\$]	
Galvanizada	83.519	74.585	8.934
Prepintada Blanca	91.636	77.559	14.077
Inoxidable	14.618	13.054	1.564
Aluminio	13.718	12.251	1.467
<b>TOTAL</b>	<b>203.491</b>	<b>177.449</b>	<b>26.041</b>

*Fuente: Propia.*

Por lo tanto, teniendo en cuenta que el objetivo de reducir un 10% los desperdicios significa un ahorro anual de 20.350 U\$\$, se concluye que el objetivo anual fue cumplido también en términos de impacto económico.

Firma Estudiante:  Rios Tomás Alejo Estudiante	Firma Docente Supervisor:  Ing. EMILIANO BALDINO	Firma tutor Organizacional:  Trox Argentina S.A Probito Héctor Coordinador TPS
--	---	--

## Recupero de la inversión

Se realizó un análisis de recupero de la inversión o ROI (*Return of investment*) para evaluar la rentabilidad de la implementación de la mejora.

Para este análisis, la inversión fue la compra del nuevo software en abril del 2024, de 8.800 U\$. Para evaluar el período comprendido entre mayo y septiembre del 2024 se utilizaron los datos de scrap obtenidos de su pesaje <sup>7</sup>, realizando un análisis similar al realizado previamente sobre datos de costos a partir del índice de scrap, pero para cada mes en particular. Se obtuvieron los ahorros de cada mes según la comparación entre las pérdidas mensuales con el valor inicial de 40,2 % de scrap y las pérdidas resultantes de cada registro mensual del índice de scrap.

Se obtuvo también el ahorro promedio mensual, dado por la media del valor registrado de scrap entre junio y septiembre del 2024, dejando de lado al mes de mayo por ser el primer mes de implementación, ya que durante mayo se realizaron los aprendizajes correspondientes y diversos ajustes, resultando en un índice mayor que los meses posteriores. Se muestran a continuación los ahorros mensuales únicamente de los meses con registro de scrap.

	mayo 2024	junio 2024	julio 2024	agosto 2024	septiembre 2024
Scrap registrado	38,3 %	35,7 %	37 %	35,1 %	35,8 %
Ahorro mensual	\$1.181	\$2.252	\$1.717	\$2.500	\$2.211

Luego, se procedió a realizar el cálculo del ROI, tanto relativo como absoluto.

$$ROI \text{ ABSOLUTO [U\$]} = VALOR \text{ TOTAL DE AHORRO} - INVERSIÓN \text{ INICIAL}$$

$$ROI \text{ RELATIVO [\%]} = (ROI \text{ ABSOLUTO} / INVERSIÓN \text{ INICIAL}) \times 100$$

Los cálculos fueron aplicados a los meses con scrap registrado y además, se realizó un pronóstico proyectando el análisis de rentabilidad a los siguientes seis meses (de octubre del 2024 a marzo del 2025) para obtener una proyección anual. Para esto, se utilizó el ahorro anual obtenido con la mejora (26.041 U\$) pero en períodos mensuales para el análisis de los meses proyectados. Con un ahorro promedio mensual de 2170 U\$ para los meses proyectados, la proyección resultó simple y lineal, con el objetivo de visualizar una rentabilidad futura aproximada.

<sup>7</sup> Ver tabla 13




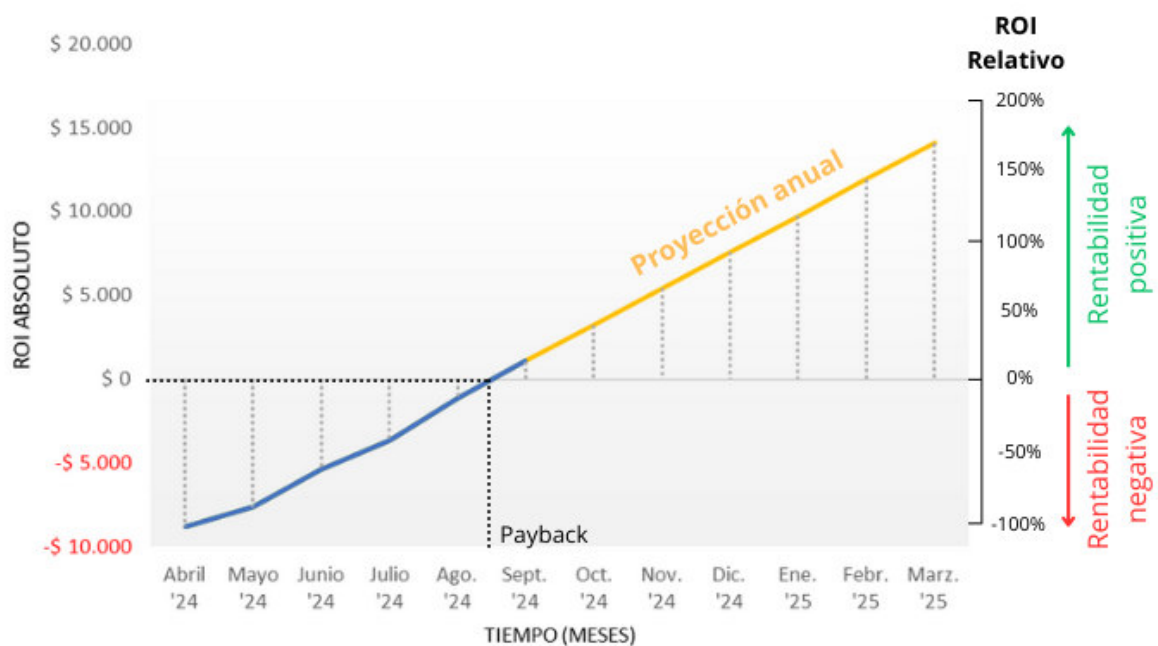
<p>Firma Estudiante:</p>  <p>Rios Tomás Alejo Estudiante</p>	<p>Firma Docente Supervisor:</p>  <p>Ing. EMILIANO BALDINO</p>	<p>Firma tutor Organizacional:</p>  <p>Trox Argentina S.A Probitto Héctor Coordinador TPS</p>
---	---	---

Tabla 16. Tabla con datos de ahorro y ROI anual.

Concepto	Inversión	Mayo '24	Jun. '24	Jul. '24	Ago. '24	Sept. '24	Oct. '24	Nov. '24	Dic. '24	Ene. '25	Feb. '25	Mar. '25
Ahorro mensual [\$]	\$0	1.181	2252	1717	2500	2211	2170	2170	2170	2170	2170	2170
ROI Absoluto [\$]	-8.800	-7.619	-5.367	-3.649	-1.150	1.061	3.232	5.402	7.572	9.742	11.912	14.082
ROI Relativo	-100%	-87%	-61%	-41%	-13%	12%	37%	61%	86%	111%	135%	160%




Fuente: Propia.

Tabla 17. Gráfica de ROI anual y Payback.



Fuente: Propia.

El período de recuperación de la inversión, o *Payback*, fue de cuatro meses y medio, registrándose entre el mes de agosto y septiembre del 2024.

<p>Firma Estudiante:</p>  <p>Rios Tomás Alejo Estudiante</p>	<p>Firma Docente Supervisor:</p>  <p>Ing. EMILIANO BALDINO</p>	<p>Firma tutor Organizacional:</p>  <p>Trox Argentina S.A Probitto Héctor Coordinador TPS</p>
---	---	---

### 6.3. Sustentabilidad y reducción del impacto ambiental

La implementación de este proyecto no solo contribuye a optimizar los costos operativos, sino que también genera un impacto significativo en la sustentabilidad medioambiental de TROX Argentina S.A. La reducción del índice de scrap implica un menor consumo de materia prima, lo que disminuye la demanda de recursos naturales y la energía necesaria para su extracción, procesamiento y transporte. Esta mejora repercute directamente en la huella de carbono de la empresa, reduciendo las emisiones asociadas a la fabricación y el manejo de los residuos. Además, al minimizar la generación de desperdicios, se contribuye a disminuir la presión sobre los sistemas de gestión de residuos y los vertederos, reforzando el compromiso de la organización con una producción más limpia y sostenible. Este enfoque integra las prácticas de mejora continua con los principios de economía circular, alineando los objetivos empresariales con las exigencias actuales de responsabilidad ambiental.




El proyecto permitió evitar la generación de 13,617 toneladas de scrap anual (de 93,757 Tn a 80,140 Tn). Si asumimos que, en promedio, cada tonelada de acero procesado genera 1,85 toneladas de CO<sub>2</sub> equivalente (según el World Steel Association), la reducción de emisiones se calcula como:

$$EMISIONES REDUCIDAS = SCRAP REDUCIDO \times EMISIONES POR Tn$$

$$EMISIONES REDUCIDAS = 13,617 Tn \times 1,85 TnCO_2/Tn$$

$$EMISIONES REDUCIDAS = 25,191 TnCO_2$$

La mejora permitió aproximadamente reducir 25,2 Toneladas de CO<sub>2</sub> equivalente por año. Este ahorro no solo representa un beneficio económico directo, sino también una contribución significativa hacia la sostenibilidad ambiental y el cumplimiento de metas corporativas de reducción de emisiones.

<p>Firma Estudiante:</p>  <p>Ríos Tomás Alejo Estudiante</p>	<p>Firma Docente Supervisor:</p>  <p>Ing. EMILIANO BALDINO</p>	<p>Firma tutor Organizacional:</p>  <p>Trox Argentina S.A Probitto Héctor Coordinador TPS</p>
---	---	---

## VII. CONCLUSIONES

### 7.1 El proyecto




El proyecto de reducción de scrap desarrollado en TROX Argentina S.A. representa una integración efectiva de los principios y herramientas de la ingeniería industrial con los desafíos contemporáneos de sostenibilidad, eficiencia y competitividad. A través de un análisis exhaustivo de las causas raíces, la implementación de un software avanzado de *nesting* y el desarrollo dimensional, se lograron resultados tangibles que trascienden la simple mejora operativa.

Desde el punto de vista técnico, la reducción del índice de scrap en un 4,3% evidencia la importancia de abordar las ineficiencias mediante herramientas de mejora continua y aplicación práctica. Estas acciones no solo optimizan el aprovechamiento de los recursos materiales, sino que también contribuyen a disminuir los costos operativos y a mejorar la productividad general del sistema. Además, el impacto positivo sobre la sostenibilidad ambiental refuerza el compromiso de TROX Argentina S.A. con una gestión responsable de sus procesos, marcando un avance hacia la reducción de la huella de carbono de sus operaciones.

En términos económicos, el proyecto demuestra que la inversión en innovación y optimización de procesos puede generar retornos significativos en plazos relativamente cortos, como lo refleja el *payback* de cuatro meses y medio.

A nivel organizacional, este trabajo destacó la relevancia de la colaboración interdisciplinaria y la capacitación del personal como factores clave para el éxito de cualquier proyecto de mejora. Al involucrar a los diferentes actores de la cadena productiva y fomentar una cultura de mejora continua, no solo se asegura la implementación efectiva de los cambios, sino también su sostenibilidad en el tiempo.

Finalmente, este proyecto se posiciona como un ejemplo concreto del valor agregado que puede aportar un enfoque integral en la ingeniería industrial. Al combinar el análisis técnico, la innovación de procesos, la gestión de recursos y la sostenibilidad ambiental, este trabajo no solo cumple con los objetivos iniciales, sino que también establece una hoja de ruta para futuros proyectos en la industria metalúrgica. Este caso de estudio reafirma la capacidad del ingeniero industrial para generar impacto positivo en diversos niveles, consolidándose como un agente de cambio en la búsqueda de un equilibrio entre eficiencia, rentabilidad y responsabilidad ambiental.

<p>Firma Estudiante:</p>  <p>Ríos Tomás Alejo Estudiante</p>	<p>Firma Docente Supervisor:</p>  <p>Ing. EMILIANO BALDINO</p>	<p>Firma tutor Organizacional:</p>  <p>Trox Argentina S.A Probito Héctor Coordinador TPS</p>
---	---	--




## 7.2 Reflexiones y oportunidades futuras

Disminuir el índice de scrap de 40,2% a 35,9% fue una mejora sustancial y derivó en ahorros relevantes, con un impacto a corto plazo, es importante realizar un seguimiento y correcciones continuas para sostener la mejora implementada en el largo plazo.

La reducción lograda en este proyecto, equivalente a un 10,7% del scrap inicial, representa un avance significativo en términos de reducción de costos, aumentando la competitividad de la empresa y fomentando la disminución de su huella de carbono.

El porcentaje de scrap restante, equivalente al 35,9%, continúa representando un valor considerable, sin embargo, está contemplado habitualmente en las cotizaciones de la empresa. Además es importante tener en cuenta que factores propios de la actividad de la empresa, como fabricar bajo pedido en lugar de masivamente, con baja estandarización, o no tratarse de procesos de alta precisión y eficiencia, derivan en índices estándar de scrap elevados.

Aunque es posible seguir reduciendo este porcentaje, el enfoque del proyecto se centró en atacar las causas raíz que generan la mayor proporción de scrap, priorizando el uso eficiente de los recursos limitados de la empresa. Las causas principales fueron identificadas, ponderadas y abordadas estratégicamente para garantizar el mayor impacto posible en la reducción de desperdicios. Si bien en el futuro podrían explorarse otras causas que contribuyen al scrap restante, es importante destacar que estas no tendrían el mismo nivel de impacto ni el porcentaje de reducción alcanzado en este proyecto, ya que las mejoras más significativas provienen de abordar los factores más críticos. Por lo tanto, este proyecto sienta una base sólida para futuras iniciativas, asegurando una gestión más eficiente de los materiales y fortaleciendo el posicionamiento competitivo de la empresa en el mercado.

<p>Firma Estudiante:</p>  <p>Ríos Tomás Alejo Estudiante</p>	<p>Firma Docente Supervisor:</p>  <p>Ing. EMILIANO BALDINO</p>	<p>Firma tutor Organizacional:</p>  <p>Trox Argentina S.A Probitto Héctor Coordinador TPS</p>
---	---	---

### 7.3 Prácticas profesionales supervisadas como espacio de formación




Al trabajar en esta primera etapa de mejora, se generó un gran conocimiento sobre la problemática, lo que permite al estudiante continuar trabajando de manera similar, en la búsqueda de objetivos.

Las oportunidades que brinda realizar una práctica profesional son principalmente las de ampliar el conocimiento del estudiante sobre cómo actuar profesionalmente con una mirada ingenieril y crítica, y de cómo poder trabajar aplicando los conocimientos y herramientas adquiridas en la formación universitaria, siendo este el principal objetivo de las mismas.

La carrera de grado permite obtener distintos conocimientos y razonamiento específico, lo cual diferencia a un trabajador profesional de uno no cualificado.




Es importante continuar la formación en todo ámbito al alcance del profesional, ya que es su responsabilidad procurar accionar correctamente en su campo.

Personalmente, el crecimiento y seguridad adquiridos como estudiante y profesional gracias a la presente práctica profesional fueron muy valiosos. Por estas razones, es primordial focalizar en la unión del desarrollo profesional con el académico.

<p>Firma Estudiante:</p>  <p>Ríos Tomás Alejo Estudiante</p>	<p>Firma Docente Supervisor:</p>  <p>Ing. EMILIANO BALDINO</p>	<p>Firma tutor Organizacional:</p>  <p>Trox Argentina S.A Probitto Héctor Coordinador TPS</p>
---	---	---

## VIII. BIBLIOGRAFÍA

- **Gvirtz, S.** (2000). *Textos para repensar el día a día escolar: Sobre cuerpos, vestuarios, espacios, lenguajes, ritos y modos de convivencia en nuestra escuela*. Santillana.  
Este libro fue utilizado como referencia principal para la elaboración, formalización y estructuración del problema en el informe, brindando herramientas metodológicas para una adecuada problematización.
  
- **Trox Argentina S.A.** (2024). *Página principal*. Recuperado de <https://www.trox.com.ar/>  
Se obtuvieron datos e imágenes de la referencia.
  
- **Gutiérrez Pulido, H., & de la Vara Salazar, R.** (2013). *Control estadístico de calidad y seis sigma: Un enfoque para la mejora de la calidad*. McGraw Hill.  
Utilizado como referencia principal para la aplicación de herramientas de mejora continua, tales como el diagrama de Ishikawa, el diagrama de Pareto y los 5 Porqués.
  
- **Bragg, S. J.** (2011). *Análisis financiero para la toma de decisiones*. McGraw Hill.  
Utilizado para la comprensión y aplicación de herramientas de análisis financiero.
  
- **Lloréns, J. M.** (2007). *Lean Manufacturing: Implementación y casos prácticos*. Ediciones Díaz de Santos.  
Información sobre Filosofía Lean, aplicación en reducción de desperdicios.
  
- **Hernández Meléndrez, E.** (2006). *Cómo escribir una tesis*. Recuperado de [http://biblioteca.ucv.cl/site/servicios/documentos/como\\_escribir\\_tesis.pdf](http://biblioteca.ucv.cl/site/servicios/documentos/como_escribir_tesis.pdf)  
Fuente utilizada para orientar el proceso de redacción, organización y presentación del informe.

<p>Firma Estudiante:</p>  <p>Ríos Tomás Alejo Estudiante</p>	<p>Firma Docente Supervisor:</p>  <p>Ing. EMILIANO BALDINO</p>	<p>Firma tutor Organizacional:</p>  <p>Trox Argentina S.A Probitto Héctor Coordinador TPS</p>
---	---	---




- **Groover, M. P.** (2007). *Manufactura y operaciones industriales* (4ª ed.). Prentice Hall.

Operaciones industriales. Utilizado por su sección dedicada al scrap industrial, especialmente del tipo metálico.

- **Hillson, D., & Simon, P.** (2012). *A short guide to risk matrix* (2ª ed.). Routledge. Matrices de riesgo

- **PMI (Project Management Institute).** (2017). *Guía de los fundamentos para la dirección de proyectos (PMBOK® Guide)* (6ª ed.). Project Management Institute.

Gestión de riesgos

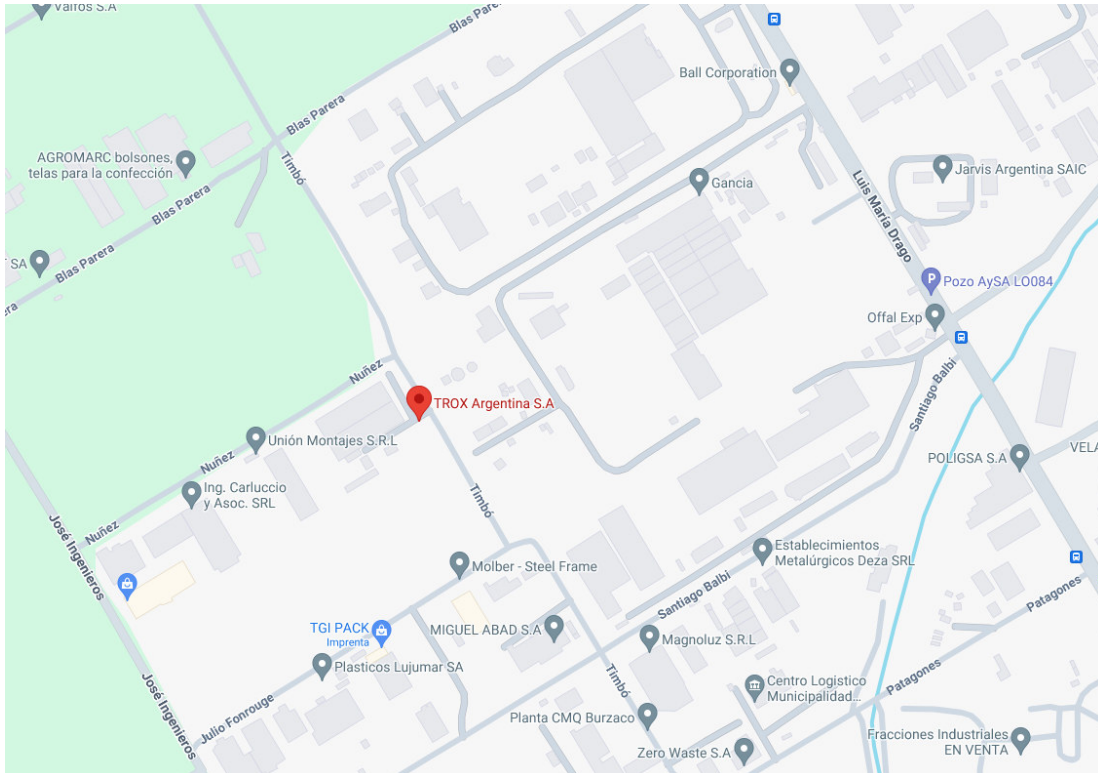
<p>Firma Estudiante:</p>  <p>Ríos Tomás Alejo Estudiante</p>	<p>Firma Docente Supervisor:</p>  <p>Ing. EMILIANO BALDINO</p>	<p>Firma tutor Organizacional:</p>  <p>Trox Argentina S.A Probitto Héctor Coordinador TPS</p>
---	---	---

## IX. ANEXOS




- Anexo A: Fotografía y localización de la empresa.



*Fuente: Página web, Trox Argentina.*



*Fuente: Google maps.*

<p>Firma Estudiante:</p>  <p>Rios Tomás Alejo Estudiante</p>	<p>Firma Docente Supervisor:</p>  <p>Ing. EMILIANO BALDINO</p>	<p>Firma tutor Organizacional:</p>  <p>Trox Argentina S.A Probitco Héctor Coordinador TPS</p>
---	---	--

- Anexo B: Vista parcial de planilla de registros de ocurrencia de scrap.




Fecha	Emisor	Sector de emisor	Tipo	Denominación de pieza	Código de pieza	Operación	OV	Item	Cant.	Defecto	Sector responsable
13/6/2024	C.Castillo	Manejadoras		Panel TKZ	930*1860	Armado	924097	42	1	Error de Diseño (ING)	ING
25/6/2024	C.Castillo	Manejadoras		Guia tipo "U"		Armado	924097	47	5	Sobranse	ING-PLA
25/6/2024	C.Castillo	Manejadoras		Techo interperie		Armado	924097	50	1	Sobranse	ING-PLA
25/6/2024	H.Campaño	Hierro		Mampara de Damper		Armado	924097	1	1	Error de ING	ing
25/6/2024	H.Campaño	Hierro		Panel fondo de bandeja	310*43 y 1820*930	Armado	924163	1	2	Error de Operario	Operador
28/6/2024	H.Campaño	Hierro		Refuerzo p/ mampara de Damper		Armado	924097	1	2	Modificación	ING-PLA
28/6/2024	C.Castillo	Manejadoras		Techo interperie		Armado	924097	50	1	Sobranse	ING-PLA
2/7/2024	A.Caliva	Aluminio		Panel TKX Inox		Armado	924087	4 y 6	4	Error de Diseño	ING-PLA
2/7/2024	A.Caliva	Aluminio		Soporte Omega de Ventilador	I - F3 - 00011	Armado	924097	54	2	Mal Plegado	Operador
2/7/2024	C.Castillo	Manejadoras		Mampara de Ventilador	I - 04 - 2381	Armado	924140	1 y 4	2	Error de Diseño	ING-PLA
2/7/2024	C.Castillo	Manejadoras		Cierres de Calado	I - F3 - 00011	Armado	924097	48-49-51	20	Sobranse	ING-PLA
2/7/2024	C.Castillo	Manejadoras		Mampara de Comp. Filtros.	I - 03 - 02385	Armado	924087	4 y 6	2	Sobranse	ING-PLA
2/7/2024	E.Zaragoza	Hierro		Mamparas Sup de Serp	I - 03 - 02644	Armado	924097	53	1	Mal Plegado	Operador
2/7/2024	C.Castillo	Manejadoras		Mamparas Sup de Serp	I - 03 - 01825	Armado	924097	48 y 49	2	Mal Plegado	Operador
2/7/2024	C.Castillo	Manejadoras		Perfil Base de Ventilador		Armado	924097	54	1	Sobranse	ING-PLA
2/7/2024	C.Castillo	Manejadoras		Panel TVX	310*1620	Armado	924097	53	2	Error de Diseño	ING-PLA
5/7/2024	P.Suñer	Rooftop		Mampara de Serpentina		Armado	924165	1	1	Sobranse	ING-PLA
5/7/2024	P.Suñer	Rooftop		Riel Tensor		Armado	924097	53	2	Sobranse	ING-PLA
5/7/2024	E.Zaragoza	Manejadoras		Cierre de calado	620*310	Armado	924097	53	6	Sobranse	ING-PLA
5/7/2024	H.Campaño	Hierro		Cierre de Calado	310*930	Armado	924164	1	2	Sobranse	ING-PLA
5/7/2024	E.Gomez	Manejadoras		Collar de Conexión Vent	0,7 (chapa)	Armado	924097	53	6	Sobranse	ING-PLA
5/7/2024	H.Campaño	Manejadoras		Soporte de Vent	930*1550	Armado	924097	53	1	Mal Plegado	Operador
10/7/2024	H.Campaño	Manejadoras		Cierres de Calado	620*930	Armado	924140	1 al 8	28	Error de Diseño	ing
12/7/2024	C.Castillo	Manejadoras		Techo interperie Inox	310*930	Armado	924140	1-4-6-7	4	Sobranse	ING-PLA
12/7/2024	C.Castillo	Manejadoras		Mamparas de Serpentina	310*620	Armado	924140		2	Sobranse	ING-PLA

Fuente: Memoria Trox Argentina

- Anexo C: Vista parcial de planilla con distintas medidas y cantidades de paneles procesados en el año 2023. Comparación de eficiencias (aprovechamiento) de chapas entre la situación inicial y las dos etapas de mejora.

Consumo de paneles 2023		INICIO (SOLO 1080 mm)			MEJORA ETAPA 1 (Con 763 mm)			MEJORA ETAPA 2 (Con medida 700 mm y 1020 mm)				
Descripción	Cantidad	X (mm)	Y (mm)	Eficiencia (%)	X (mm)	Y (mm)	Eficiencia (%)	X (mm)	Y (mm)	Peso unitario de chapa (kg)	Consumo anual (kg)	Eficiencia (%)
Panel 310x465mm	6	1080	1450	56,0	763	1700	58,5	763	1700	7,08	21,2	58,5
Panel 310x620mm	154	1080	1450	65,0	763	1450	68,1	763	1450	6,04	620,2	68,1
Panel 310x930mm	140	1080	1450	70,6	1080	1450	70,6	1080	1450	8,55	798,0	70,6
Panel 310x1240mm	92	1080	1450	62,0	763	1450	86,5	763	1450	6,04	555,7	86,5
Panel 310x1550mm	42	1080	1700	65,0	763	1700	91,6	763	1700	7,08	297,5	91,6
Panel 310x1860mm	26	1080	2050	65,0	763	2050	90,80	763	2050	8,54	222,0	90,8
Panel 310x2170mm	12	1080	2300	67,0	763	2300	94,0	763	2300	9,58	115,0	94,0
Panel 310x2480mm	12	1080	2600	68,0	763	2600	94,90	763	2600	10,83	130,0	94,9
Panel 465x930mm	1	1080	1450	66,0	1080	1450	66,0	1200	1020	6,21	6,2	84,5
Panel 465x1550mm	1	1080	1700	92,0	1080	1700	92,0	1080	1700	10,02	10,0	92,0
Panel 465x2170mm	1	1080	2300	94,3	1080	2300	94,3	1080	2300	13,56	13,6	94,3
Panel 620x465mm	8	1080	1450	59,0	763	1450	63,90	700	1330	4,72	37,8	75,9
Panel 620x620mm	169	1080	1450	60,0	763	1450	83,0	763	1450	6,04	1020,9	83,0
Panel 620x930mm	205	1080	1450	85,7	1080	1450	85,7	1080	1450	8,55	1752,8	85,7
Panel 620x1240mm	316	1080	1450	57,0	763	1450	82,2	700	1330	4,72	2983,1	95,7
Panel 620x1550mm	178	1080	1700	60,0	763	1700	86,8	700	1640	5,82	2072,0	96,0
Panel 620x1860mm	145	1080	2050	60,0	763	2050	85,8	700	1950	6,92	2007,0	96,3
Panel 620x2170mm	108	1080	2300	61,4	763	2300	88,8	700	2260	8,02	1732,5	96,5
Panel 620x2480mm	104	1080	2600	62,0	763	2600	89,5	700	3000	10,65	2214,6	82,7
Panel 930x930mm	133	1080	2050	88,4	1080	2050	88,4	1020	1020	5,27	1403,1	93,0
Panel 930x1240mm	462	1080	1450	84,1	1080	1450	84,1	1020	1330	6,88	6355,2	97,2
Panel 930x1550mm	254	1080	1700	88,8	1080	1700	88,8	1020	1640	8,48	4308,4	97,5
Panel 930x1860mm	200	1080	2050	87,8	1080	2050	87,8	1020	1950	10,08	4033,7	97,7
Panel 1860x465mm	1	1080	2050	91,1	1080	2050	91,10	1080	2050	12,09	12,1	91,1
Panel 2480x465mm	2	1080	2600	95,1	1080	2600	95,10	1080	2600	15,33	30,7	95,1
		<b>MEDIA</b>		<b>72,5</b>	<b>MEDIA</b>		<b>84,3</b>			<b>MEDIA</b>		<b>89,6</b>

Fuente: Memoria Trox Argentina.

Firma Estudiante:  Rios Tomás Alejo Estudiante	Firma Docente Supervisor:  Ing. EMILIANO BALDINO	Firma tutor Organizacional:  Trox Argentina S.A Probitico Héctor Coordinador TPS
--	---	--