

## Implementación de calidad desde la fuente en planta trefiladora de acero

Luis Iván Suero Álvarez  
Maestría en Gerencia de Ingeniería  
Dr. Héctor J. Cruzado  
Escuela Graduada  
Universidad Politécnica de Puerto Rico

**Resumen** — Este proyecto aborda los desafíos identificados en la planta de Aceros Largos de Kinnox, centrados en el proceso de trefilado de alambres de acero. Se ha detectado una cantidad significativa de productos fuera de especificaciones, generando complicaciones en las líneas de producción y reclamaciones de clientes. Además, se evidencia un incumplimiento reiterativo en auditorías de calidad en el informe de producción. Se desarrolla la estrategia de implementación de calidad desde la fuente, subrayando la relevancia de la capacitación del personal como eje transversal de la mejora. La metodología se enfocó en cuantificar desviaciones, identificando resistencia baja del material y variación del diámetro como causas principales. Mediante la aplicación de un análisis causa-efecto, se lograron implementar acciones de mejora que complementaron el entrenamiento del personal y los mecanismos de seguimiento.

**Términos claves** — Calidad desde la fuente, Capacitación, Pareto, Trefilado.

### INTRODUCCIÓN

Kinnox, una empresa dedicada a la producción y comercialización de productos derivados de los aceros, ubicada en Santo Domingo Oeste, sector de Los Alcarrizos. En la planta de Aceros Largos, específicamente en el proceso de trefilado se ha identificado una cantidad considerable de productos fuera de especificaciones (alambre de acero corrugado y liso), que dificulta su procesamiento posterior en las demás líneas de producción, y genera reclamos a los clientes de pedidos de este proceso, como se muestra en la Figura 1.

Adicionalmente, la no conformidad sobre la falta de llenado del apartado de control de calidad en el informe de producción por parte de los operadores se ha convertido en un incumplimiento

reiterativo del acápite 8.5.1.c de la norma ISO 9001:2015, y norma de certificación de producto INTEC 402:2020 evidenciándose en los últimos ciclos de auditoría de manera consecutiva, según se muestra en la Figura 2.

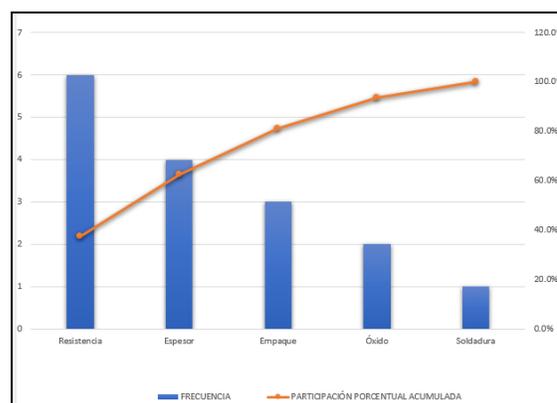


Figura 1

Pareto de reclamos de 2021-2023 en planta trefiladora

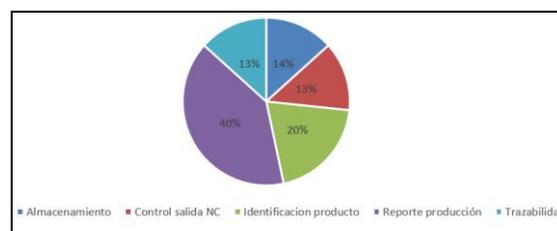


Figura 2

Resumen de hallazgos de auditoría en trefilado para el periodo 2021-2023

### REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

Trefilar es el proceso de reducción de diámetro de un alambre mediante la laminación en frío, pasando a través de diferentes etapas de dado de reducción. “En este proceso esencial en la producción de alambres, se presenta como una tarea rigurosa desde el punto de vista de la materia, el estiramiento que los granos equiaxiales experimentan en la superficie más que en el núcleo debido a la deformación heterogénea inherente” [1].

En este proceso coinciden una serie de variables que logran la conformidad del producto; velocidad de operación, porcentaje de reducción entre otras, destacando el papel preponderante del diámetro (d) de los alambres y su correspondiente dado en el proceso de trefilar. Además, se señala la asociación entre números de calibre y diámetros, destacando que números más altos indican diámetros más bajos, ejemplificado por el sistema AWG [2]. Por ejemplo, el calibre 16 implica un diámetro de 0.062 in (1.575 mm), mientras que un calibre 10 implica un diámetro de 0.135 in (3.429 mm).

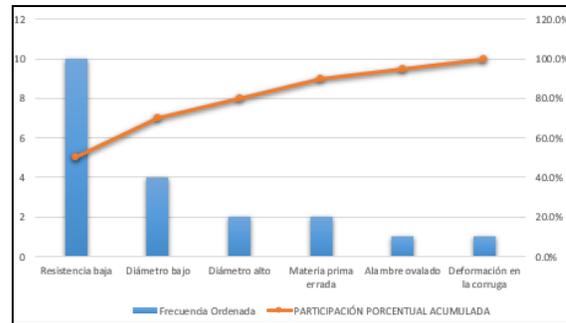
Una vez configurados los parámetros operativos, se hace vital controlar las características del producto y evidenciar su conformidad a lo largo del proceso. En muchas organizaciones el seguimiento a la conformidad del producto es responsabilidad exclusiva de un equipo para la gestión de la calidad, el cual opera fundamentándose en muestreos, conocidos como inspectores o aseguradores de la calidad. Otro enfoque es el de calidad desde la fuente, planteamiento que parte como la responsabilidad de cumplir con las especificaciones del producto o servicio directamente desde la producción. Sin importar el enfoque, en las diversas nociones del costo de calidad, una gestión eficaz debería situarse por debajo del 3% del costo del producto, versus las estimaciones ordinarias que van de un 15 a un 20% [3].

La principal herramienta para implementar calidad desde la fuente es la capacitación del personal. En el ámbito del desarrollo de habilidades, se ha destacado la aceptación global del entrenamiento de instrucción laboral de cuatro etapas donde se explican los objetivos, se demuestra cómo se hace, se observa el empleado hacer la tarea hasta que la aprenda, y se le instruye a quien buscar en caso de dudas [4].

## METODOLOGÍA

El planteamiento metodológico se basó en cuantificar las desviaciones que se presentaron con

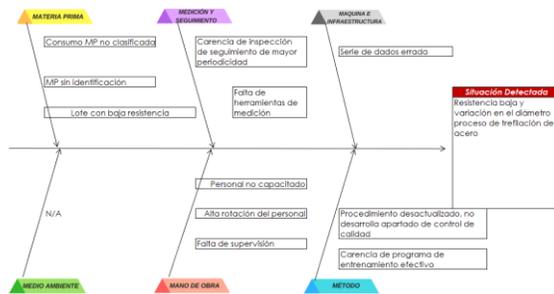
mayor frecuencia estructurando los datos en un diagrama Pareto (mostrado en la Figura 3), establecer un análisis causa-raíz, proponiendo acciones que mitiguen o disminuyan los fallos de mayor incidencia desde el entrenamiento del personal, y gestionar una dinámica de seguimiento logrando la sostenibilidad de estas mejoras en el tiempo.



**Figura 3**  
Pareto de desviaciones detectadas en planta en periodo de noviembre a enero

Se evidenciaron la resistencia baja del material y la variación del diámetro como las principales causas de las desviaciones, representando un 80% de las fallas en el periodo observado. Es destacable la coincidencia de estos parámetros con los reclamos reportados por los clientes (Figura 1). La resistencia viene dada por la materia prima, dependiendo directamente de sus propiedades mecánicas, mientras que la diferencia en el diámetro ocurre por un mal ajuste de la trefiladora en el caso del diámetro bajo, y para el diámetro alto aparte de la mala configuración se presenta la falta de seguimiento y medición al producto.

Se procedió a desarrollar un análisis causa-efecto aplicando el diagrama Ishikawa con todo el personal involucrado, incluyendo operadores en la reunión tanto por conocimiento técnico como para promover la compenetración con el proyecto y cohesión del grupo, en aras de identificar y trabajar las posibles causas raíz. El diagrama es mostrado en la Figura 4.



**Figura 4**  
**Diagrama causa-efecto desviaciones en trefilado**

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Fruto de los análisis anteriores, se desarrollaron las actividades mostradas en la Tabla 1 para la implementación del proyecto de mejora. Se centraron los esfuerzos en los parámetros que de mayor incidencia para la medición y seguimiento; resistencia y diámetro. Siendo la resistencia determinada mediante un ensayo mecánico por el inspector de calidad, al operador al estar ya capacitado pasa a medir y controlar el diámetro en planta, el inspector ya no tiene la necesidad de hacer validaciones constantes en piso, pudiéndose centrar en los ensayos de laboratorio, hecho que se traduce en un mayor muestreo de materia prima, logrando una mejor clasificación para producción, reduciendo los problemas de resistencia.

**Tabla 1**  
**Implementación actividades de mejora**

#	Descripción de la actividad	Responsable
1	Actualización plan inspección, énfasis en parámetros más incidentes y su frecuencia de medición	Supte. AC
2	Entrenamiento del personal operativo	Coord. AC, Enc. Prod.
3	Establecimiento de pruebas que evidencien capacitación	Supte. AC, Enc. RRHH
4	Seguimiento operadores en el llenado de los reportes, evidenciando cotejo periódico en registro	Insp. Cal, Enc. Prod.
5	Reportes de producción, solo se pueden cerrar si cuenta con firma de autorización del calidad de turno	Insp. Cal, Enc. Prod.
6	Establecimiento de capacitación de calidad en el programa de entrenamiento para operadores de nuevo ingreso, valorándolo como un punto crítico en la evaluación	Supte. AC, Enc. RRHH
7	Concentración de los inspectores de calidad en análisis y clasificación de materia prima para trefilado	Supte. AC, Coord. AC
8	Actualización procedimientos, descripciones de puestos	Supte. AC, Supte. Prod., Enc. RRHH

Una vez entrenado el personal operativo, se estableció entrenamiento desde el programa de inducción de personal nuevo, debido a la alta rotación del proceso (16%), se hizo vital gestionar la inclusión del personal desde un inicio, formando

esta un apartado importante en su evaluación trimestral para la decisión de fijación en el puesto de trabajo. El apoyo por parte de los encargados de producción es crítico, ya que junto con el inspector de calidad dan el seguimiento para que la dinámica de trabajo se mantenga en el tiempo, haciendo la validación de calidad en el registro de producción un punto neurálgico para el cierre del reporte y posteriormente del turno.

Durante la implementación del proyecto se hizo latente la necesidad de implementar un mecanismo de motivación del personal. Pese a que el trabajo en planta se está realizando con mayor criterio, el operador siente que su carga laboral ha aumentado. Como una ampliación del proyecto sería conveniente el desarrollo de un sistema de incentivos orientados a recompensar el mantenimiento de los compromisos asumidos con la nueva metodología de trabajo, que impactan positivamente el descenso de reclamos de clientes al proceso y disminuyen generación de producto no conforme.

## CONCLUSIÓN

El enfoque en los parámetros críticos, resistencia y diámetro, llevó a una mejora significativa en la clasificación de la materia prima, reduciendo los problemas de resistencia al poder concentrar el inspector de calidad en el muestreo de materia prima, y asegurando un control más efectivo del diámetro que pasa a ser responsabilidad del operador. La capacitación del personal, incluyendo la integración desde el programa de inducción, demostró ser esencial para mantener un personal bien preparado y comprometido.

Se logró establecer un marco sólido para la mejora continua y la gestión de la calidad desde la fuente. Las acciones implementadas no solo abordaron las no conformidades actuales, sino que también sentaron las bases para prácticas sostenibles que promueven la excelencia operativa y la satisfacción del cliente.

## **REFERENCIAS**

- [1] Enghag, Per., Steel Wire Technology, 2009, 4<sup>th</sup> ed.
- [2] Wright Roger, Wire Technology: Process Engineering and Metallurgy, 2011, 2<sup>nd</sup> ed.
- [3] Jacobs and Chase, Operations and Supply Chain Management, 2022, 17<sup>th</sup> ed.
- [4] Lussier, Management fundamentals concepts, applications, and skill development, 2018, 8<sup>th</sup> ed.