

UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DE LAS AMÉRICAS

FACULTAD DE INGENIERÍA

**TRABAJO FINAL DE GRADUACIÓN PARA OPTAR POR EL GRADO DE
BACHILLER EN INGENIERÍA INDUSTRIAL**

Título de la investigación

**Propuesta de un sistema de estandarización y control de procesos en la fabricación de
resistencias de bandas de cerámicas en la empresa Elyon Industrial S.A.**

Nombre del estudiante

Pablo Chacón Morúa

Tutor

Ing. Jorge Navarrete Picado

Sede Aranjuez

Julio, 2026

DEDICATORIA

Este proyecto lo quiero dedicar primeramente a mi niño interior, le quiero decir que sí se pudo, que lo que algún día era algo intangible, inalcanzable, hoy es algo real. Y decirle a ese niño que lo amo mucho, que este título es para él porque nunca perdió el norte a pesar de las muchas rutas que tomamos para llegar donde queríamos y decirle que este es solo uno de los logros que la Vida nos va a dar.

También, quiero dedicar este título a mis padres que desde siempre han anhelado verme ya graduado, así que mis “tatas” quiero decirles que esto es para ustedes también... lo logré! Logré ser uno de los pocos titulados de la familia, que aunque para algunas familias esto es algo normal, en la mía pues es algo importante. Les dedico este título por darme parte del sustento para poder llegar a este punto.

Y por último y no menos importante le quiero dedicar esto a una persona muy importante en mi Vida que ha estado en parte de este proceso... a Michelle, mi amor que le dedico este logro que será uno de los miles que vamos a tener en la Vida. Y quiero recordarle que esto es una muestra de que nuestro límite es el cielo.

AGRADECIMIENTO

Quiero agradecer a Dios primeramente por darme la oportunidad de vivir este momento con mis seres queridos y por darme la oportunidad de demostrarme a mí mismo la capacidad que tengo para crear, diseñar en algo que amo como lo es la ingeniería

Además, le agradezco a mi amor Michelle por apoyarme en todos los sentidos, para yo poder concluir este grado de ingeniería, gracias por ser mi equipo y en todo momento apoyarme. Te amo

Agradezco a mi familia por apoyarme siempre en este proceso tan importante y por darme el impulso en momentos que quise desistir.

RESUMEN EJECUTIVO

El presente proyecto se desarrolló en el taller de fabricación de resistencias de banda cerámica de Elyon Industrial S.A., con el objetivo de proponer un sistema de estandarización y control de procesos que contribuyera a reducir los tiempos de las órdenes de producción y a mejorar el desempeño operativo.

El diagnóstico inicial, realizado sobre 108 órdenes de producción del período comprendido entre el 5 de enero y el 27 de marzo de 2026, evidenció que el taller operaba sin estandarización formal. El proceso de fabricación dependía del conocimiento empírico del operario y de instrucciones verbales, sin documentación técnica ni control de inventario. Esta situación generó un costo total de ineficiencias de \$9,524.67 en el período, donde el 32.41% de las órdenes presentaron interrupciones por falta de material, el 28.70% se entregaron tarde y el 25% requirió reproceso.

Mediante la aplicación de herramientas de análisis se identificaron las causas concretas de las deficiencias del proceso. El diagrama de Pareto evidenció que cuatro causas concentraban cerca del 79% de las interrupciones, siendo la falta de materia prima la principal con un 32.41%. El análisis de modo y efecto de falla (AMFE) determinó que las etapas de mayor riesgo eran la verificación de materiales y la planificación de la producción, con números de prioridad de riesgo de 648 y 504 respectivamente, lo que las señaló como los puntos críticos a intervenir. Finalmente, la técnica de los 5 Porqués permitió rastrear el origen de la variabilidad y los defectos hasta su causa raíz, concluyendo que esta era la ausencia de instrucciones formales de trabajo y de un sistema de control de inventario, y no la falta de capacidad técnica del personal. En conjunto, estas tres herramientas coincidieron en señalar que el problema era de carácter organizativo y documental, lo que orientó la propuesta hacia la estandarización del proceso y la digitalización del control mediante un sistema ERP.

Como solución se desarrolló un sistema integral compuesto por dos propuestas complementarias. La primera consiste en la implementación del sistema ERP Odoo mediante tres módulos integrados (Inventario, Manufactura y Compras) que digitalizan el control del stock en tiempo real, gestionan las órdenes de fabricación con trazabilidad completa y automatizan el reabastecimiento mediante un punto de reorden. La segunda consiste en el diseño del Procedimiento Operativo Estándar POE-FAB-001, que establece por primera vez un estándar documentado de 16 pasos con parámetros técnicos fijos y siete criterios de aceptación medibles para la fabricación de resistencias cerámicas.

La viabilidad económica de la propuesta se evaluó mediante cuatro herramientas financieras, considerando una inversión inicial de \$5,293.46 y un beneficio anual estimado de \$34,288.81. Los resultados confirmaron la conveniencia del proyecto: un período de recuperación de la inversión de 1.89 meses, un Valor Actual Neto de \$77,157.24, una Tasa Interna de Retorno muy superior a la tasa mínima de rendimiento esperada (10%) y una relación Costo-Beneficio de \$10.51. Estos indicadores demuestran que la propuesta es altamente rentable, al sustentarse en recursos internos y software de bajo costo frente a un beneficio significativo derivado de la eliminación de ineficiencias.

Se concluye que la implementación del sistema ERP Odoo y el POE digital constituye una solución viable y rentable que atiende directamente las causas de los problemas identificados, sentando además una base técnica replicable en otras áreas de la empresa.

Contenido

Dedicatoria	1
Agradecimiento	2
Declaración jurada.....	3
Carta de resolución del tutor del TFG	4
Carta de aprobación del lector	14
Carta revisión filológica	15
Carta incorporación de modificaciones al TFG	16
Resumen ejecutivo	17
Capítulo I Introducción	31
Generalidades De La Empresa	32
Historia.....	32
Misión de la empresa	32
Visión de la empresa.....	32
Estructura organizacional.....	33
Ubicación	33
Portafolio.....	34
Planteamiento Del Problema	34
Objetivos.....	35
Objetivo general.....	35
Objetivos específicos	35
Justificación	36
Beneficios administrativos.....	36
Beneficios económicos	37

	20
Beneficios legales	37
Beneficios operativos	37
Antecedentes.....	38
Artículos científicos	38
Tesis	42
Proyecciones	45
Capítulo II Marco Teórico.....	46
Conceptos Generales	46
Definiciones relacionadas al tema TFG	46
Conceptos propios de la industria	51
Indicadores relacionados con el tema TFG.....	54
Herramientas para la recolección de datos.....	56
Herramientas de estadística.....	57
Herramientas Para Describir El Problema.....	61
Mapa de procesos.....	61
Diagrama de flujo	63
SIPOC	65
FODA.....	67
Herramientas Para Medir Las Consecuencias	69
Diagrama de Pareto	69
Análisis de la demanda	70
Estudio de tiempos	72
Herramientas Para Analizar Las Causas.....	75
AMFE	76

	21
Diagrama de Ishikawa (Causa – Efecto).....	81
Técnica de los Cinco Por Qué.....	82
Herramientas Para La Propuesta.....	84
Estandarización de procesos	84
Modelo de Punto de Reorden.....	85
Metodología ABC.....	86
Herramientas Para El Control De La Propuesta	88
Diagrama de Gantt	88
Herramientas de análisis económico	90
Cálculo de los costos, gastos, ingresos e inversión.....	90
Van (valor actual neto).....	94
TIR (tasa interna de retorno).....	95
PRI (período de recuperación de la inversión)	96
Costo – Beneficio.....	97
Capítulo III Marco Metodológico	98
Enfoque.....	99
Enfoque cualitativo	99
Enfoque mixto.....	101
Alcance	102
Estudio exploratorio	103
Estudio descriptivo.....	103
Estudio correlacional	103
Estudio explicativo.....	104
Diseño	105

Diseño experimental	106
Diseño no experimental	106
Diseño transaccional	107
Diseño longitudinal	108
Variables	108
Muestra	112
Instrumentos	113
Recolección de Datos	115
Método de Análisis	117
Cronograma	119
Capítulo IV Análisis de la situación.....	122
Descripción Del Problema.....	122
Diagrama de Pareto de ingresos por producto	123
Mapa de procesos.....	125
Diagrama de flujo	127
SIPOC	130
FODA.....	132
Medición De Las Consecuencias.....	134
Diagrama de Pareto.....	134
Análisis de la Demanda	137
Estudio de Tiempos.....	139
Medición de defectos	150
Análisis De Las Causas	167
AMFE	167

	23
Ishikawa.....	170
Técnica de Cinco Porqué.....	172
Capítulo V Propuesta	175
Propuesta	175
Propuesta 1	175
Propuesta 2.....	176
Control De La Implementación	212
Análisis Económico	214
Determinación del beneficio	214
Determinación de la inversión y los costos operativos.....	215
Parámetros de evaluación	216
PRI	216
VAN.....	216
TIR	217
C/B	219
Resumen de resultados.....	220
Capítulo VI Conclusiones y recomendaciones.....	221
Conclusiones.....	221
Recomendaciones	224
Apéndices	226
Apéndice I.....	226
Referencias	227
Artículos Científicos.....	227
Páginas Web	227

Libros.....	227
Tesis.....	230

Tablas

Tabla 1 Variables	109
Tabla 2 Muestra.....	112
Tabla 3 Instrumentos	114
Tabla 4 Recolección de Datos	116
Tabla 5 Análisis de los datos.....	118
Tabla 6 Ingresos por tipo de productos	123
Tabla 7 SIPOC	131
Tabla 8 Pareto Causas de Interrupciones de proceso	135
Tabla 9 Estado por cumplimiento de entrega.....	138
Tabla 10 Resumen de los indicadores estadísticos.....	144
Tabla 11 Tipos de defectos en el proceso de fabricación.....	151
Tabla 12 Resumen por costos de ineficiencias.....	152
Tabla 13 Costo de hora extra por mes.....	153
Tabla 14 Costo de pérdida de material por tipo de defecto y mes	155
Tabla 15 Costo del tiempo de interrupción por mes	160
Tabla 16 Costo Total de Ineficiencias por mes	161
Tabla 17 Lista de materiales BOM	163
Tabla 18 Costeo proporcional de materiales por resistencia cerámica	163
Tabla 19 Costo de pérdida de material por tipo de defecto.....	164
Tabla 20 Resumen total de costos por ineficiencias	165

Tabla 21 AMFE.....	168
Tabla 22 Matriz de selección de sistema ERP	177
Tabla 23 Tabla comparativa de Sistemas ERP.....	177
Tabla 24 Puntaje ponderado final por sistema ERP	178
Tabla 25 Análisis de Modulo de Inventario	181
Tabla 26 Beneficios de módulo de inventario.....	185
Tabla 27 Análisis de implementación de módulo de manufactura	186
Tabla 28 Beneficios de Modulo de Manufactura	190
Tabla 29 Análisis de Implementación de Modulo de compras	191
Tabla 30 Beneficios de módulo de compras	193
Tabla 31 Análisis de situación sobre el estándar de fabricación de resistencias.....	201
Tabla 32 Especificaciones técnicas estándar POE-FAB-001	201
Tabla 33 Lista de materiales de POE-FAB-001	202
Tabla 34 Criterios de aceptación	211
Tabla 35 Beneficios del POE digitalizado para Elyon Industrial S.A.	212
Tabla 36 Determinación de beneficio	214
Tabla 37 Costos operativos de la inversión.....	215
Tabla 38 Flujo de caja de proyecto	216
Tabla 39 Pruebas para la obtención de la TIR	218
Tabla 40 Resumen de resultados	220

Figuras

Figura 1 Organigrama de la empresa	33
Figura 2 Fórmula del tiempo estándar.....	55

Figura 3 Fórmula de productividad.....	55
Figura 4 Fórmula de Media aritmética.....	57
Figura 5 Fórmula Desviación Estándar.....	58
Figura 6 Fórmula Frecuencia Acumulada.....	59
Figura 7 Fórmula Frecuencia Relativa.....	60
Figura 8 Fórmula promedio móvil simple.....	60
Figura 9 Simbología de fórmula Promedio móvil simple.....	61
Figura 10 Mapa de procesos.....	62
Figura 11 Flujograma.....	64
Figura 12 Simbología de flujograma.....	64
Figura 13 Representación gráfica SIPOC.....	66
Figura 14 Matriz FODA.....	68
Figura 15 Representación de Diagrama de Pareto.....	70
Figura 16 Fórmula de Demanda promedio.....	71
Figura 17 Fórmula índice de rotura.....	72
Figura 18 Fórmula Tiempo Observado.....	73
Figura 19 Fórmula de Suplemento Imprevisto.....	74
Figura 20 Fórmula de Tiempo Estándar.....	75
Figura 21 Tabla de gravedad.....	78
Figura 22 Tabla de ocurrencia.....	78
Figura 23 Tabla de detección.....	79
Figura 24 Estructura típica de un AMFE.....	79
Figura 25 Fórmula NPR.....	80
Figura 26 Simbología NPR.....	80

Figura 27 Diagrama Ishikawa	82
Figura 28 Método de los 5 Porqués.....	83
Figura 29 Fórmula de Punto de Reorden	86
Figura 30 Fórmula de Stock de seguridad.....	86
Figura 31 Aplicación de Análisis ABC	87
Figura 32 Representación de Diagrama de Gantt.....	89
Figura 33 Fórmula de Costo total.....	91
Figura 34 Fórmula de Utilidad esperada	92
Figura 35 Fórmula de Margen Contribución.....	93
Figura 36 Fórmula VAN	95
Figura 37 Fórmula TIR	96
Figura 38 Fórmula PRI.....	97
Figura 39 Fórmula Costo - Beneficio.....	97
Figura 40 Desglose de Trabajo.....	120
Figura 41 Cronograma de Actividades.....	121
Figura 42 Ingresos por tipo de productos (USD)	124
Figura 43 Mapa de procesos - Situación actual.....	126
Figura 44 Flujograma del proceso productivo	128
Figura 45 FODA.....	133
Figura 46 Diagrama de Pareto Causas de interrupción del proceso productivo	136
Figura 47 Demanda promedio.....	137
Figura 48 Porcentaje de Atrasos.....	138
Figura 49 Cumplimiento de entregas de resistencias de cerámica.....	139
Figura 50 Media de tiempo de ciclo de Enero	140

Figura 51 Mediana de tiempos de ciclo Enero	140
Figura 52 Moda de tiempo de ciclo Enero	140
Figura 53 Desviación estándar de tiempo de ciclo Enero	141
Figura 54 Coeficiente de variación Enero	141
Figura 55 Media de tiempo de ciclo Febrero	141
Figura 56 Mediana de tiempo de ciclo de Febrero.....	142
Figura 57 Moda de tiempo de ciclo Febrero	142
Figura 58 Desviación Estándar de tiempo de ciclo Febrero.....	142
Figura 59 Coeficiente de variación de tiempo de ciclo Febrero	142
Figura 60 Media de ciclo de tiempo Marzo	143
Figura 61 Mediana de tiempo de ciclo de febrero.....	143
Figura 62 Moda de tiempo de ciclo de Marzo	143
Figura 63 Desviación estándar de tiempo de ciclo Marzo	143
Figura 64 Coeficiente de variación de tiempo de ciclo Marzo	144
Figura 65 Gráfico de Media del tiempo de ciclo por mes.....	145
Figura 66 Gráfico de la Mediana de horas por mes	146
Figura 67 Gráfico Moda de tiempo por mes	147
Figura 68 Gráfico de Mínimo de tiempo de ciclo por mes	147
Figura 69 Máximo de tiempo de ciclo por mes.....	148
Figura 70 Gráfico Desviación Estándar del tiempo de ciclo por mes.....	149
Figura 71 Gráfico de Coeficiente de Variación de tiempo de ciclo por mes	150
Figura 72 Gráfico de tipo de defectos en resistencias de cerámicas	151
Figura 73 Gráfico por Costo total de ineficiencias por mes.....	153
Figura 74 Gráfico por costo de horas extras por mes.....	154

Figura 75 Fórmula de Costo de Material	154
Figura 76 Gráfico por Costos por defecto de resorte irregular por mes.....	156
Figura 77 Gráfico por Costos por defecto de Caja fuera de ajuste por mes.....	157
Figura 78 Gráfico por Costos por defecto de Fisura de cerámica por mes	158
Figura 79 Gráfico por Costos por defecto de Empalme defectuoso por mes.....	159
Figura 80 Gráfico de costo de tiempo por interrupción del proceso en el mes.....	160
Figura 81 Gráfico Costo Total de Ineficiencias por mes	162
Figura 82 Costo de Material Perdido por Tipo de Defecto	165
Figura 83 Costo Total de ineficiencias por Categoría.....	166
Figura 84 Gráfico del NPR.....	169
Figura 85 Ishikawa	170
Figura 86 Técnica de los Cinco Porqué	173
Figura 87 Puntaje ponderado por Sistema ERP	179
Figura 88 Configuración inicial del sistema	180
Figura 89 Registro de producto	182
Figura 90 Módulo de inventario.....	183
Figura 91 Alerta de reabastecimiento activa	183
Figura 92 Ficha de aisladores de cerámica.....	184
Figura 93 Regla de reabastecimiento	185
Figura 94 Ejemplo de orden de fabricación	186
Figura 95 Ejemplo de orden de fabricación- revisión de stock.....	187
Figura 96 KANBAN	189
Figura 97 Movimientos de inventario de la orden	189
Figura 98 Información de reabastecimiento.....	191

Figura 99 Módulo de compras generada automáticamente.....	192
Figura 100 Detalle de solicitud	193
Figura 101 Diagrama de flujo del proceso con integración de módulo Odoo	195
Figura 102 Diagrama de flujo completo con la integración de sistema Odoo	197
Figura 103 Flujo del proceso productivo del taller con sistema de estandarización propuesto ...	199
Figura 104 Corte de lámina inoxidable por láser	204
Figura 105 Verificación de longitud	205
Figura 106 Etapa de coser los resortes	206
Figura 107 Empalme eléctrico	207
Figura 108 Cerrar y fijar con cierre barril	208
Figura 109 Inspección dimensional de resistencia.....	208
Figura 110 Inspección de cierre según dimensión	209
Figura 111 Prueba eléctrica final	210
Figura 112 Gantt - Plan de implementación.....	213

CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN

Las empresas de manufactura requieren de controles y estándares que permitan desarrollar sus operaciones de manera eficiente y eficaz. En entornos industriales donde se trabaja con órdenes de producción y procesos productivos continuos, la ausencia de mecanismos claros de control dificulta el seguimiento del desempeño operativo y la identificación de oportunidades de mejora a lo largo de la cadena de valor. En este contexto, la ingeniería industrial desempeña un papel fundamental al aportar enfoques orientados a la estandarización, el control y la optimización de los procesos productivos.

El presente proyecto se desarrolla en una empresa costarricense dedicada a la fabricación de resistencias de bandas cerámicas, las cuales son utilizadas en distintos procesos industriales donde la calefacción constituye un elemento crítico. La empresa Elyon Industrial S.A. atiende tanto el mercado nacional como el regional y opera bajo un esquema productivo que requiere un adecuado control de sus procesos para garantizar el cumplimiento de los requerimientos del cliente y la continuidad operativa.

Asimismo, la organización presenta deficiencia en la estandarización y planeamiento del proceso productivo, particularmente en aquellos asociados a la gestión de materiales, la planeación y la ejecución de la producción, las cuales pueden ser abordadas mediante la estandarización y el fortalecimiento de los mecanismos de control. Lo anterior permite orientar los esfuerzos hacia una mejora integral del desempeño del sistema productivo.

La realización de este proyecto resulta relevante para la empresa, ya que el fortalecimiento del control y la estandarización de los procesos productivos contribuye a mejorar la eficiencia operativa, optimizar el uso de los recursos y apoyar la toma de decisiones. Adicionalmente, el proyecto es viable debido a que se desarrolla en un entorno real, con acceso a la información necesaria para analizar la situación actual y formular una propuesta orientada a mejorar la organización de los procesos. Esta investigación se basa en la línea de investigación de Diseño, desarrollo o mejoramiento de sistemas productivos o de servicios.

La estructura del trabajo se organiza en seis capítulos. El Capítulo I presenta la introducción al estudio, las generalidades de la empresa, el planteamiento del problema, los objetivos, la justificación, los antecedentes y las proyecciones del proyecto. El Capítulo II desarrolla el marco teórico, en el cual se abordan los conceptos relacionados con la estandarización y el control de

procesos. El Capítulo III describe el marco metodológico que orienta el desarrollo del estudio. En el Capítulo IV se expone el análisis de la situación actual del proceso productivo. El Capítulo V presenta la propuesta de mejora y los mecanismos de control asociados. Finalmente, el Capítulo VI expone las conclusiones y recomendaciones derivadas del estudio.

Generalidades De La Empresa

La presente sección tiene como propósito describir de manera general la empresa en la cual se desarrolla el estudio, con el fin de contextualizar el entorno organizacional y productivo que enmarca la investigación. Se exponen aspectos relevantes como la historia, misión, visión, estructura organizacional, ubicación y principales líneas de negocio de Elyon Industrial, permitiendo comprender el contexto operativo donde se identifica la problemática en sí del análisis. Esta información facilita ubicar el área de producción de resistencias cerámicas dentro de la organización y entender su relación con las demás áreas funcionales de la empresa.

Historia

Elyon Industrial es una empresa costarricense fundada en el año 2013 con el objetivo de atender a la industria mediante la venta de material eléctrico industrial y la provisión de soluciones técnicas especializadas. Desde sus inicios, la empresa ha orientado sus operaciones a suplir soluciones industriales de alto rendimiento y calidad para diferentes sectores productivos de Costa Rica y Centroamérica. A lo largo de su trayectoria, la organización ha ampliado su portafolio de productos y servicios, incorporando áreas como automatización, control y potencia eléctrica, así como soluciones térmicas como lo son resistencias a medida y proyectos de cualquier índole en el ámbito de calefacción. Este crecimiento ha permitido consolidar su presencia en el mercado industrial regional.

Misión de la empresa

La misión de Elyon Industrial consiste en brindar soluciones industriales eléctricas y de temperatura con tecnología, precisión y servicio, impulsando la eficiencia y sostenibilidad de sus clientes.

Visión de la empresa

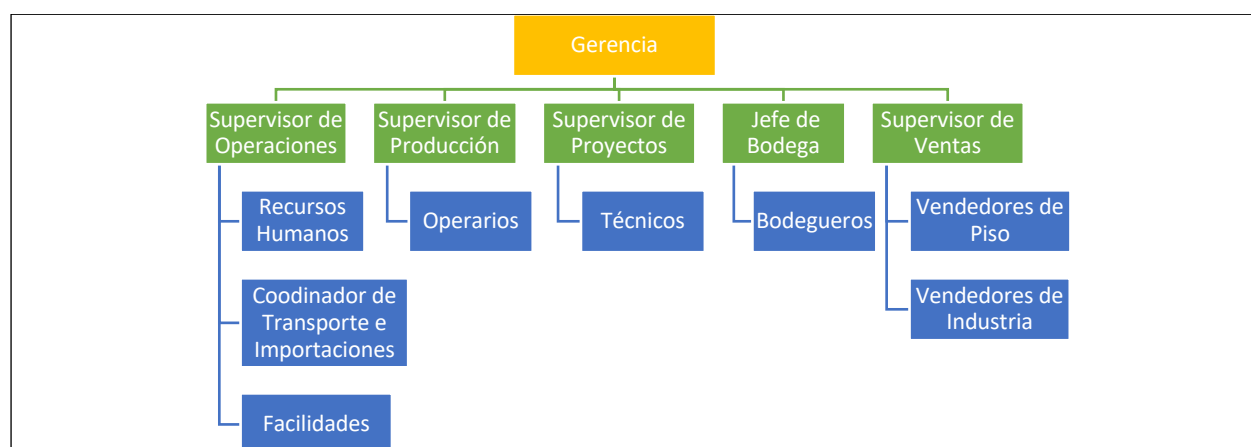
La visión se orienta a convertirse en un referente latinoamericano en soluciones integrales para la industria eléctrica y de temperatura, reconocido por su innovación, calidad técnica y compromiso

con el desarrollo sostenible. Estos lineamientos reflejan el enfoque estratégico de la organización hacia la excelencia operativa y el fortalecimiento de su posicionamiento en el mercado.

Estructura organizacional

Elyon Industrial cuenta con una estructura organizacional funcional conformada por distintas áreas que permiten el desarrollo de sus operaciones. Entre estas se incluyen los departamentos de gerencia y supervisión, ventas, bodega, transporte, administración, proyectos y taller de producción según la Figura 1 Organigrama de la empresa. Cada área cumple funciones específicas dentro de la organización y contribuye al cumplimiento de los objetivos empresariales. El taller de producción se encarga de la fabricación de soluciones térmicas, incluyendo resistencias industriales, y forma parte integral del proceso operativo de la empresa.

Figura 1 Organigrama de la empresa



Nota: Pablo Chacón Morúa

Ubicación

La empresa Elyon Industrial desarrolla sus operaciones en Costa Rica, contando con presencia en las provincias de San José y Heredia. Dispone de oficinas administrativas, bodegas y un taller de producción, desde donde se gestionan las actividades comerciales, logísticas y productivas. Estas instalaciones permiten coordinar de manera eficiente el abastecimiento de materiales, la atención de proyectos y la fabricación de soluciones industriales destinadas al mercado nacional y regional.

Portafolio

Dentro de su portafolio, Elyon Industrial se especializa en la fabricación e importación de resistencias industriales y termocuplas, manteniendo disponibilidad de inventario y capacidad de producción orientada a soluciones térmicas. Adicionalmente, la empresa representa marcas líderes a nivel internacional y ofrece productos y servicios relacionados con automatización, iluminación industrial, neumática y ahorro energético. Esta diversidad de líneas de negocio permite a la organización brindar soluciones integrales a distintos sectores industriales.

Planteamiento Del Problema

En la empresa Elyon Industrial S.A., específicamente en el taller de fabricación de resistencias de banda cerámica, se ha identificado una deficiente estandarización y planeamiento del proceso productivo, particularmente en lo relacionado con la gestión y control de la materia prima. Actualmente, el proceso opera sin un sistema formal que integre la planificación de compras, el control de inventarios y la ejecución estandarizada de las actividades productivas, lo que genera variabilidad operativa y falta de coordinación entre las etapas del proceso. Esta situación evidencia una debilidad estructural en la organización del sistema productivo.

Entre las principales causas de esta situación se encuentra la ausencia de procedimientos documentados para la reposición y control de materiales, la inexistencia de lineamientos claros para la planificación de compras según demanda productiva, la dependencia del conocimiento empírico del personal operativo y la falta de indicadores que permitan monitorear el desempeño del proceso.

Asimismo, el desorden en la organización del flujo productivo y la débil planificación operativa dificultan la sincronización entre abastecimiento y producción. Esta falta de integración entre las áreas involucradas limita la capacidad del taller para anticipar necesidades de materiales y gestionar de manera preventiva los recursos requeridos para la ejecución eficiente de las órdenes de trabajo.

Como consecuencia, se presentan faltantes recurrentes de materia prima durante la ejecución de órdenes de producción, compras de emergencia, interrupciones en el flujo de trabajo, generación de cuellos de botella y uso ineficiente de los recursos disponibles.

Estas condiciones afectan la continuidad de la cadena productiva y repercuten directamente en el cumplimiento de los tiempos de entrega al cliente, impactando el desempeño operativo y la imagen

empresarial. Además, la gestión reactiva del proceso incrementa la presión sobre el personal operativo, dificulta la planificación a corto y mediano plazo y limita el aprovechamiento óptimo de la capacidad instalada del taller.

En este contexto, surge la siguiente interrogante de investigación: ¿Cómo proponer un sistema de estandarización y control de procesos para el taller de producción de resistencias de cerámica de la empresa Elyon Industrial S.A.?

Objetivos

Los objetivos del presente trabajo final de graduación orientan el desarrollo de la investigación y delimitan el alcance del estudio en el área de producción de resistencias de cerámicas de Elyon Industrial. A través de estos se establece el propósito general del proyecto y las acciones específicas que se requieren para analizar la situación actual del proceso productivo, identificar sus principales deficiencias y proponer mejoras fundamentadas en herramientas de la Ingeniería Industrial. De esta manera, los objetivos constituyen la guía estructural que permite organizar el análisis, la propuesta y la validación de los resultados obtenidos.

Objetivo general

Proponer un sistema de estandarización y control de procesos para el taller de producción de resistencias de cerámica de la empresa Elyon Industrial S.A., mediante el análisis del proceso productivo y la aplicación de herramientas de mejora de procesos, que contribuya a la reducción de los tiempos de las órdenes de producción y a la mejora del desempeño operativo.

Objetivos específicos

Describir la deficiente estandarización del proceso productivo en el taller de fabricación de resistencias de cerámica de la empresa Elyon Industrial S.A.

Medir las consecuencias de la deficiente estandarización del proceso productivo.

Analizar las causas que generan la deficiente estandarización del proceso productivo en el taller de fabricación de resistencias de cerámica de la empresa Elyon Industrial S.A.

Desarrollar un sistema de estandarización y control de procesos basado en herramientas de mejora de procesos para el taller de producción de resistencias de cerámica de la empresa Elyon Industrial S.A.

Establecer mecanismos de control e indicadores de desempeño que permitan dar seguimiento a la propuesta.

Justificación

El presente proyecto se justifica en la necesidad de ordenar, estandarizar y controlar el proceso productivo del taller de fabricación de resistencias de cerámicas de la empresa Elyon Industrial S.A., debido a los atrasos recurrentes en el cumplimiento de las órdenes de producción y a las deficiencias en la gestión interna del proceso. Estas situaciones evidencian una falta de control operativo que impacta negativamente la eficiencia del taller, el uso de los recursos y la capacidad de respuesta de la empresa ante los requerimientos del mercado.

Actualmente, la ejecución del proceso productivo se ve condicionada por la ausencia de procedimientos documentados, la dependencia de personal más antiguo y la variabilidad en la disponibilidad y selección de la materia prima, lo cual impide una planificación adecuada y dificulta la estandarización de los tiempos de producción. Esta situación provoca interrupciones en el flujo de trabajo, compras no planificadas y un incremento en los costos operativos asociados a la gestión reactiva del proceso.

En este contexto, el proyecto plantea la aplicación de criterios y principios de la Ingeniería Industrial para analizar el proceso productivo actual y proponer un sistema de estandarización y control que permita fundamentar la gestión operativa en información estructurada y criterios técnicos. Este enfoque busca apoyar la toma de decisiones operativas y administrativas, así como fortalecer el control interno del proceso productivo.

Finalmente, el desarrollo de esta propuesta permitirá a la empresa contar con una base técnica que respalde la mejora continua de sus procesos productivos, facilite la aplicación de las prácticas propuestas en otras áreas de la organización y contribuya al fortalecimiento de su desempeño operativo, administrativo y competitivo en el mercado industrial.

Beneficios administrativos

La realización de este proyecto se justifica a nivel administrativo, ya que la estandarización y el control de los procesos productivos proporcionan información estructurada para la toma de decisiones operativas y gerenciales. La definición de procedimientos y el uso de registros formales permiten mejorar la planificación, el seguimiento del desempeño del proceso y la gestión de los

recursos disponibles para la producción. Además, una correcta organización de la información facilita la identificación de desviaciones de lo que realmente se requiere, apoya el control interno y contribuye a una gestión más eficiente del área productiva, alineada con los objetivos generales de la empresa.

Beneficios económicos

La falta de control genera sobrecostos operativos, compras no planificadas, uso ineficiente de materia prima y reprocesos, que se puede traducir a cantidades de dinero gastados innecesariamente. La implementación de sistemas estandarizados ayudará a controlar los costos operativos, mejorar el uso de los recursos, reducir excedentes en compras no planificadas con precios de emergencia y reduce pérdidas asociadas a la mala gestión.

Beneficios legales

El desarrollo de este proyecto se justifica desde el ámbito legal, ya que contribuye al fortalecimiento del cumplimiento normativo y a la reducción de riesgos operativos y administrativos dentro de la empresa. La estandarización de los procesos productivos y la formalización de la documentación asociada permiten mejorar la trazabilidad de las actividades, así como el control interno de la información. Asimismo, la implementación de procedimientos estandarizados y registros controlados respalda el cumplimiento de los requisitos contractuales y de calidad establecidos por la organización. Estas condiciones facilitan la preparación de la empresa ante futuras auditorías internas y fortalecen la gestión responsable de sus procesos productivos.

Beneficios operativos

Desde el punto de vista operativo, este proyecto se justifica debido a la necesidad de ordenar y estandarizar el proceso productivo del taller de fabricación de resistencias de cerámicas. La ausencia de procedimientos definidos y la dependencia de personas clave generan interrupciones, cuellos de botella y variabilidad en la ejecución de las actividades. La propuesta de estandarización permitirá clarificar las tareas, mejorar el flujo del proceso y facilitar la continuidad operativa del taller. Asimismo, contribuirá a una mejor coordinación entre las etapas del proceso productivo, fortaleciendo la eficiencia en la gestión diaria de las órdenes de producción.

Antecedentes

En el desarrollo del presente proyecto se realizó una revisión documental de antecedentes provenientes tanto de artículos científicos publicados en revistas indexadas como de trabajos finales de graduación relacionados con la mejora de procesos productivos, la estandarización operativa, la gestión de inventarios y el control de la producción en entornos industriales. La selección de estas fuentes permitió identificar estudios que abordan problemáticas similares a las observadas en el taller de fabricación de resistencias de cerámicas de Elyon Industrial.

La recopilación de tesis y artículos científicos posibilita analizar enfoques metodológicos previamente aplicados, herramientas de Ingeniería Industrial utilizadas y resultados alcanzados en contextos productivos comparables. Esta revisión contribuye a validar la pertinencia de las técnicas seleccionadas para el presente estudio y a sustentar teóricamente la propuesta de mejora orientada a la estandarización y fortalecimiento del control operativo en el área de producción.

Artículos científicos

Bravo Fernández (2023), en el artículo Aplicación de herramientas Lean Manufacturing (5S, Andon y Tiempo Estándar) para el aumento de la productividad en el área de producción de una empresa metalmecánica, publicado en la revista científica Industrial Data, desarrolló un estudio aplicado con el objetivo de incrementar la productividad en el área de producción de una empresa del sector metalmecánico. La investigación se enfocó específicamente en los procesos de corte, granallado y pintura, analizando el desempeño productivo del área antes y después de la implementación de herramientas Lean Manufacturing.

La metodología empleada incluyó la aplicación de 5S para la estandarización del orden y limpieza, el sistema Andon para el control visual de incidencias, el estudio de tiempos para determinar tiempos estándar y el uso del Mapa de Flujo de Valor (VSM) como herramienta de diagnóstico del proceso. La muestra estuvo conformada por el conjunto de operaciones del área de producción evaluadas durante el periodo de análisis, utilizándose registros reales de producción y mediciones directas de tiempos para la comparación de resultados en la situación inicial y posterior.

Los resultados evidenciaron un incremento en la productividad promedio de 0.26 a 0.33 toneladas por sol invertido, lo que representa una mejora significativa en el desempeño del proceso productivo. Asimismo, se observó una reducción de ineficiencias asociadas a desorden, tiempos improductivos y falta de estandarización. El estudio concluye que la implementación estructurada

de herramientas Lean Manufacturing impacta positivamente la eficiencia operativa y el aprovechamiento de los recursos en entornos industriales.

Bello Parra, Parra Ferié y Valarezo Molina (2023), en el artículo titulado “Diseño de un procedimiento para la estandarización de procesos en empresas agroproductivas como vía de incremento de su competitividad”, publicado en la revista *Episteme*, desarrollaron una investigación orientada a estructurar un procedimiento metodológico para la estandarización de procesos en Pymes agroproductivas de la provincia de Manabí, Ecuador. El estudio estuvo fundamentado en la necesidad de fortalecer la competitividad interna y externa de estas organizaciones, mayoritariamente de carácter familiar.

Los autores evidencian la falta de organización y formalización de los procesos productivos genera ineficiencia, variabilidad y dificultades para sostener ventajas competitivas en el mercado. El procedimiento propuesto se estructuró en dos fases: (I) estructuración interna de la empresa y (II) estandarización de los procesos operativos o claves. Dentro de las herramientas aplicadas se incluyeron la gestión por procesos, matrices de ponderación para la selección de procesos críticos, flujogramas, fichas de proceso, técnicas de ingeniería de métodos y estudio de tiempos, análisis del valor añadido (VAC, VAE y SVA) e integración de principios de Lean Manufacturing para la identificación de desperdicios y mejora continua.

La recopilación de información se realizó mediante revisión bibliográfica, análisis de documentación y sesiones de trabajo con equipos empresariales. La muestra del estudio estuvo conformada por nueve candidatos evaluados inicialmente para determinar su nivel de experiencia, de los cuales siete expertos (tres académicos y cuatro empresariales) fueron seleccionados para el procedimiento.

La validación se desarrolló mediante el método Delphi, lo que evidenció consenso entre los expertos respecto a la aplicabilidad e impacto del procedimiento. Aunque la investigación no contempló una muestra productiva específica para medición empírica de resultados operativos, se concluye que la estandarización de procesos, apoyada en herramientas de análisis de tiempos y Lean Manufacturing, contribuye a disminuir la variabilidad, mejorar la repetitividad y fortalecer la competitividad organizacional.

Quintana Sequeira, Fuentes Espinoza y Godínez Duriez (2023), en el artículo titulado “Aplicación de técnicas Lean Manufacturing: Estudio de caso del taller de producción de ‘Print Colors’ S.A.”,

publicado en la revista científica El Higo, desarrollaron un estudio de caso con el objetivo de evaluar el mejoramiento de la productividad mediante la aplicación de herramientas Lean Manufacturing en un sistema productivo real. La investigación se enfocó en el análisis del proceso de fabricación del cinturón lumbar talla “L”, seleccionado por su relevancia dentro del taller de producción. El estudio adoptó un enfoque mixto, combinando análisis cualitativo y cuantitativo para diagnosticar el estado actual del proceso y proponer mejoras.

Las herramientas Lean implementadas incluyeron el programa 5S, el Value Stream Mapping (VSM), el trabajo estandarizado y eventos Kaizen, además de la filosofía Japanese Work Organization (JWO). Para la recopilación de datos se emplearon técnicas como observación directa en piso de planta, diagnóstico situacional, cronometraje de operaciones para la determinación de tiempos estándar y análisis del flujo de valor. Asimismo, se realizó una comparación de indicadores antes y después de la implementación, considerando variables como tiempo de procesamiento, trabajo en proceso (WIP) y lead time como principales métricas de desempeño.

Los resultados evidenciaron mejoras significativas en el sistema productivo, destacándose la reducción del lead time de 6.88 días a 1.06 días, la disminución del inventario en proceso de 494 a 198 unidades y el incremento del porcentaje de actividades que agregan valor de 1.6% a 9.7%. Adicionalmente, el programa 5S alcanzó un 69% de eficacia en el pilar disciplina, consolidando la estandarización como base para la mejora continua. Los autores concluyen que la implementación de herramientas Lean permitió optimizar el flujo productivo y reducir desperdicios, demostrando la efectividad de estas metodologías en entornos manufactureros.

Sánchez, J., y Lalaleo, G. (2024). El artículo titulado “Estandarización de los procesos productivos para mejorar la eficiencia en la empresa CAPOLIVERY” tuvo como objetivo analizar y mejorar los procesos productivos de una empresa textil ubicada en Ambato, Ecuador, mediante la estandarización de sus operaciones. La investigación se desarrolló bajo un enfoque cuantitativo, realizando inicialmente un diagnóstico del sistema productivo actual mediante observación directa y entrevistas con el personal clave, incluyendo gerente, jefe de producción y operarios. Para la recolección de datos se aplicaron estudios de tiempos y movimientos utilizando cronómetros y hojas de registro, además de recopilar información cualitativa sobre el proceso productivo.

En cuanto a las herramientas empleadas, se utilizaron el diagrama de flujo de procesos para visualizar las etapas productivas, el diagrama de Ishikawa para identificar causas raíz de los

problemas detectados, el diagrama de precedencias para analizar la secuencia lógica de las tareas y determinar cuellos de botella, así como análisis estadísticos como cálculo de rango, promedio, coeficiente de variación, eficiencia productiva y capacidad de producción.

Como resultado, el estudio permitió identificar falta de estandarización, tiempos muertos, cuellos de botella en la confección de cuellos y deficiencias en la distribución de recursos. A partir de ello se diseñó una propuesta de mejora que incluyó la redistribución de tareas y la estandarización de procesos, lo que contribuyó a mejorar la eficiencia operativa, reducir tiempos de producción y aumentar la capacidad productiva de la empresa.

Escudero-Santiago Bruce (2025), en el artículo “Mejora de la eficiencia en el proceso revisión de estado de envases aplicando herramientas de Lean Manufacturing”, publicado en Ingeniería Investigación y Tecnología (FI-UNAM), demostró que la aplicación de herramientas Lean incrementa la eficiencia del proceso de control de calidad de envases al eliminar o reducir actividades que no agregan valor.

El estudio parte de un problema operativo donde el proceso no contaba con un método estandarizado para identificar defectos ni una distribución ordenada del trabajo entre operarios, lo cual generaba ineficiencia, retrabajos y uso no óptimo de recursos, planteando como hipótesis que la implementación de Lean mejoraría la eficiencia y reduciría el retrabajo (segunda revisión de cajas completas).

Las herramientas Lean aplicadas incluyeron AMEF (FMEA) para identificar fallas y desperdicios, 5S para ordenar y estandarizar el entorno de trabajo, gráfica de equilibrio de operarios para balanceo de cargas, y manufactura celular para establecer flujo continuo. La muestra y los datos del estudio se construyeron a partir del proceso real de “revisión de estado de envases”: en la situación inicial se registró que, de 193 cajas revisadas, 51 cajas fueron revisadas nuevamente.

Para el análisis de tiempos se realizaron 10 mediciones (muestras) de cada actividad del método de revisión, calculando tiempos de ciclo. Los resultados mostraron un incremento de la eficiencia de hasta 28% respecto a la línea base, con reducción de recursos para niveles similares de producción y una disminución marcada del retrabajo: las segundas revisiones de cajas completas pasaron de aproximadamente 26.4% a cerca de 3% tras la implementación.

Adicionalmente, la mejora se sustentó en la estandarización del método de trabajo, la redistribución de actividades en un diseño celular (reducción de operarios requeridos según el rediseño del

balanceo) y el fortalecimiento de condiciones de orden y limpieza mediante 5S, concluyendo que Lean aporta evidencia cuantitativa y operativa para optimizar procesos repetitivos y de inspección, especialmente cuando existe variabilidad por falta de estándares.

Tesis

Rodríguez (2021), en su trabajo titulado “Diseño del sistema de programación y control de la producción de rótulos de la empresa Impresiones Amerrique S.A.”, desarrollado para optar por el grado de Bachillerato en Ingeniería Industrial en la Universidad Internacional de las Américas (Costa Rica), tuvo como objetivo estructurar un sistema formal de programación y control de la producción en una empresa que operaba de manera empírica.

En el diagnóstico de la situación actual se emplearon herramientas como diagrama de flujo del proceso, análisis FODA, metodología 5W y 2H, diagrama de Ishikawa y gráfico de Pareto para identificar las principales causas de desorden, reprocesos y atrasos en la producción. Para el análisis cuantitativo se utilizó muestreo probabilístico con técnica de muestreo aleatorio simple.

La recolección de datos se realizó mediante registros productivos del sistema, mediciones directas en planta, uso de cronómetro y procesamiento en Excel, considerando indicadores como porcentaje de producto no conforme, pérdidas económicas, productos atrasados y errores en despacho.

Entre los principales resultados se determinó que el 15% de los trabajos presentaban incumplimiento en fechas de entrega, existía una pérdida del 4% en rollos de vinil y 6% en rollos de lona, generando pérdidas mensuales aproximadas de ₡35.000 en materia prima, además de errores en despacho equivalentes al 10% de los trabajos y pagos de 32 horas extra mensuales por falta de capacitación y desorganización del sistema productivo.

El estudio concluyó que la ausencia de un sistema formal de programación y control era la causa principal de los reprocesos y pérdidas económicas, evidenciando la necesidad de estructurar procedimientos estandarizados y mecanismos de control para mejorar la eficiencia operativa.

Hidalgo (2022), en la tesis titulada “La gestión por procesos y la productividad de la fábrica de mangueras ICOPLAST”, desarrollada para optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería Comercial en la Universidad Nacional de Chimborazo (Ecuador), analizó la relación entre la gestión por procesos y la productividad organizacional. Dentro de las herramientas y metodologías aplicadas se utilizaron encuestas estructuradas mediante cuestionario, el procesamiento estadístico

de la información a través del software SPSS, y como propuesta de mejora se planteó la aplicación del método Kaizen, específicamente el ciclo PDCA y la metodología de las “5S”.

En cuanto a la recolección de datos, se aplicó un cuestionario de 16 preguntas dividido en dos categorías (gestión por procesos y productividad), dirigido a los colaboradores de la fábrica, considerando como población y muestra a los 50 trabajadores de la empresa, sin necesidad de cálculo muestral. Los resultados evidenciaron que la empresa no gestionaba adecuadamente sus procesos, lo que afectaba su productividad; asimismo, se concluyó que una gestión por procesos mal definida incrementa el riesgo de disminución en la producción y pérdida de ingresos.

Finalmente, se determinó que la implementación de estrategias basadas en Kaizen contribuiría a reorganizar los procesos, reducir desperdicios y mejorar la productividad de la organización.

Del Cisne (2023) desarrolló la tesis titulada “Propuesta de implementación de herramientas Lean Manufacturing para reducir tiempos de preparación en la línea de ensamble de cocinas y cocinetas en la empresa Fibroacero S.A.”, presentada para optar por el grado de Maestría en Producción y Operaciones en la Universidad Politécnica Salesiana, Ecuador. El estudio tuvo como objetivo reducir los tiempos de preparación en la línea de ensamble mediante la aplicación de herramientas específicas de Lean Manufacturing.

Entre las herramientas empleadas se encuentran Kanban para el abastecimiento continuo y reposición oportuna de materiales, Value Stream Mapping (VSM) para identificar desperdicios en el flujo del proceso, SMED para la reducción del tiempo de preparación o setup, Jidoka para la prevención de errores dentro del proceso productivo, y la metodología 5S para la organización y estandarización del área de trabajo.

La recolección de datos se realizó mediante análisis del proceso productivo en la línea de ensamble, evaluación de tiempos de preparación, revisión del historial de desperdicios y estudio del flujo de abastecimiento de materiales. Se efectuó análisis del tiempo de set-up como desperdicio asociado a espera, identificando actividades internas y externas susceptibles de mejora.

Como resultado, la aplicación de SMED permitió reducir el tiempo de preparación mediante la conversión de actividades internas en externas cuando fue posible. Asimismo, la implementación de Kanban generó un sistema de alerta para la reposición de materiales antes de su agotamiento, disminuyendo tiempos muertos por falta de abastecimiento. La aplicación de VSM permitió

identificar desperdicios críticos y establecer mejoras estructuradas en el flujo productivo, contribuyendo a la optimización del proceso de ensamble.

Gallegos (2024) desarrolló la tesis titulada “El desarrollo organizacional y la productividad de la empresa Agrícola y Pecuaria Todo Agro Cía. Ltda.”, presentada para optar por el grado de Licenciatura en Administración de Empresas en la Universidad Nacional de Chimborazo, Ecuador. El estudio tuvo como propósito determinar cómo el desarrollo organizacional incide en la productividad empresarial.

Para ello se aplicaron herramientas de análisis estratégico y organizacional como: análisis PESTEL, análisis de las Fuerzas Competitivas de Porter, perfil estratégico, análisis DAFO y CAME, además de la construcción de matriz de consistencia y matriz de operacionalización de variables. Asimismo, se realizó análisis financiero mediante evaluación de estados y ratios financieros del período 2021–2023.

La recolección de datos se efectuó mediante la aplicación de encuestas estructuradas dirigidas a los trabajadores de la empresa, complementadas con el análisis de información financiera histórica y documentación interna de la organización. La muestra no se aplicó y se analizó a nivel de población. Como resultado, se aceptó la hipótesis alternativa que establece que el desarrollo organizacional sí incide en la productividad de la empresa. Además, el análisis financiero evidenció un crecimiento del 27% en el total de activos y un incremento del 57% en el patrimonio entre 2021 y 2023, así como un crecimiento del 143% en la utilidad en ese mismo periodo.

El estudio concluye que existe una relación directamente proporcional entre desarrollo organizacional y productividad.

Cid (2025) desarrolló el trabajo titulado “Propuesta de mejora del tiempo de atención para los trámites del área de Cajas de una cooperativa costarricense de ahorro y crédito”, presentado para optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería Industrial en la Universidad Internacional de las Américas, Costa Rica. El estudio se enfocó en analizar la eficiencia operativa del área de cajas mediante la aplicación de herramientas propias de la Ingeniería Industrial, entre las que se utilizaron análisis FODA, diagrama de proceso, estudio de tiempos, gráfico de Pareto bajo el principio 80/20, diagrama de Ishikawa basado en las 6M, técnica de los 5 Porqués entre otros.

La recolección de datos se realizó a partir de la extracción de información del sistema administrador de sucursales, registrando tiempos de espera y atención correspondientes al periodo enero–julio

2025, además de sesiones estructuradas de votación jerárquica para priorizar causas críticas y análisis estadístico mediante medidas como media, desviación estándar y rango intercuartílico.

Como resultado, se determinó que el tiempo promedio real de atención ascendía a 14.62 minutos, superando la meta institucional de 8 minutos; tras la implementación de mejoras relacionadas con estandarización de procesos, capacitación del personal, optimización de validaciones e integración tecnológica, se logró una reducción comprobada del 38.9 %, alcanzando un tiempo proyectado de 9.06 minutos validado estadísticamente.

Proyecciones

Se proyecta que el desarrollo del estudio permita establecer una base técnica para la estandarización del proceso de producción de resistencias de cerámicas en el taller de Elyon Industrial. La aplicación de herramientas de Ingeniería Industrial facilitará la definición de procedimientos operativos claros, contribuyendo a una mayor consistencia en la ejecución de las actividades y una mejora en el control del flujo productivo.

Se espera que la propuesta genere lineamientos para un mejor control y planificación de la materia prima utilizada en la producción de resistencias de cerámicas. La implementación de controles básicos de inventario permitirá mejorar la disponibilidad de insumos críticos, reducir faltantes durante la producción y disminuir la dependencia de compras reactivas, fortaleciendo la continuidad del proceso productivo.

Se proyecta que la documentación de procedimientos y criterios técnicos reduzca la dependencia operativa de funciones concentradas en el supervisor de producción. Esto permitirá una mayor autonomía del personal operativo, disminuyendo tiempos de espera internos y mejorando la distribución de responsabilidades dentro del taller, lo cual contribuirá a un entorno de trabajo más ordenado y eficiente.

Se espera que la mejora en la planificación de la producción, el control de inventarios y la estandarización de procesos contribuya a reducir costos operativos asociados a compras de emergencia, reprocesos y tiempos improductivos. Aunque la cuantificación económica será desarrollada en el análisis financiero correspondiente, el estudio servirá como base técnica para identificar oportunidades de optimización de costos y apoyar la toma de decisiones orientadas a mejorar la rentabilidad.

CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO

El presente capítulo desarrolla la base teórica que respalda la investigación enfocada en la estandarización y el fortalecimiento del control del proceso productivo en el taller de fabricación de resistencias de banda cerámica de la empresa Elyon Industrial S.A. En esta sección se abordan los conceptos fundamentales relacionados con la gestión por procesos, el control operativo, la mejora continua y las herramientas propias de la Ingeniería Industrial que permiten analizar y ordenar sistemas productivos. Asimismo, se incluyen técnicas metodológicas y herramientas estadísticas que servirán para describir la situación actual, medir el desempeño del proceso y sustentar la propuesta de mejora planteada. La información presentada se fundamenta en libros especializados en operaciones, calidad y control de procesos, con el fin de garantizar coherencia académica y aplicabilidad práctica dentro del contexto real del taller de producción.

Conceptos Generales

A través del desarrollo de esta sección se presentan los fundamentos teóricos que permiten comprender la estructura y funcionamiento de los procesos productivos en entornos manufactureros. Se analizan conceptos relacionados con la gestión por procesos, la estandarización operativa, el control del desempeño y la mejora continua, los cuales constituyen la base para abordar la problemática identificada en el taller de fabricación de resistencias de banda cerámica de la empresa Elyon Industrial S.A.

Estos conceptos permiten contextualizar técnicamente la ausencia de planeamiento y control en la gestión de la materia prima y en la ejecución de las órdenes de producción. Asimismo, los fundamentos teóricos desarrollados en este apartado respaldan las etapas posteriores del estudio, ya que proporcionan el marco conceptual necesario para describir el proceso actual, medir sus consecuencias en términos operativos, analizar las causas que generan variabilidad y atrasos, y finalmente estructurar una propuesta orientada a la estandarización y fortalecimiento del control del sistema productivo. De esta manera, los conceptos generales no se presentan de forma aislada, sino que se vinculan directamente con la realidad operativa del taller y con los objetivos planteados en la investigación.

Definiciones relacionadas al tema TFG

Para sustentar técnicamente el presente estudio, se desarrollan los conceptos fundamentales propios de la ingeniería industrial y la gestión de operaciones. Estos incluyen términos como proceso de

manufactura, gestión de la producción, estandarización de procesos, inventario y capacidad productiva, los cuales permiten comprender la dinámica del sistema analizado. La definición de estos conceptos proporciona el marco conceptual necesario para interpretar las herramientas aplicadas y contextualizar el problema identificado.

Proceso de manufactura.

Puede entenderse como el conjunto de actividades organizadas que permiten transformar insumos en productos terminados, mediante la utilización de recursos físicos, humanos y tecnológicos. En el ámbito industrial, los procesos productivos no solo varían según el tipo de producto elaborado, sino también en función del volumen requerido y la diversidad de artículos que la empresa es capaz de fabricar. Esta diferenciación es clave para comprender cómo se estructuran los sistemas productivos dentro de una organización.

Tal como indica Bowersox et al (2024), explican que:

Hay cuatro tipologías básicas de manufactura que definen los procesos de producción de una compañía en relación con el volumen de producción requerido y la variedad de productos que se pueden elaborar fácilmente. Las empresas que requieren altos volúmenes de producción de una variedad reducida de productos quizá no utilicen los mismos procesos básicos que aquellas que producen cantidades pequeñas de muchos bienes diferentes. El proceso básico también difiere en cuanto al costo de manufactura por unidad y otros asuntos críticos como el grado de inversión de capital, la participación del cliente y el uso de equipo generalizado frente a especializado (p. 136).

Esta clasificación permite comprender que el tipo de proceso adoptado influye directamente en la estructura operativa, los costos y el nivel de control requerido. En el caso del taller de fabricación de resistencias de banda cerámica, el sistema productivo responde a un modelo de producción por lotes con variabilidad en los pedidos, lo que demanda mayor coordinación en la planificación de materia prima y en la estandarización de las actividades operativas.

La cadena de suministro.

Puede entenderse como el conjunto de procesos y actividades interrelacionadas que permiten la integración de proveedores, fabricantes, distribuidores y clientes, con el objetivo de generar valor

a través del flujo eficiente de materiales, información y recursos. Este enfoque no se limita únicamente al transporte o almacenamiento, sino que implica una coordinación estratégica entre las distintas funciones organizacionales, tales como compras, manufactura, logística y distribución.

En este sentido, Bowersox et al (2024) definen la administración de la cadena de suministro de la siguiente manera:

La administración de la cadena de suministro es un conjunto de procesos para integrar de manera efectiva y eficiente a proveedores, fabricantes, centros de distribución, distribuidores y minoristas, de modo que los productos se tengan y distribuyan en cantidades correctas, a las ubicaciones correctas y en el momento adecuado para minimizar los costos del sistema, mientras se obtiene la propuesta de valor deseada por el consumidor (p. 9).

Esta definición permite comprender que la cadena de suministro no solo se centra en el movimiento físico de productos, sino en la coordinación eficiente de todos los actores involucrados, asegurando equilibrio entre costo, servicio y generación de valor. Desde esta perspectiva, cualquier deficiencia en la planificación de materiales o en la ejecución de procesos internos puede afectar el desempeño global del sistema.

En términos operativos, la administración de la cadena de suministro busca asegurar que los productos se encuentren en las cantidades correctas, en el lugar adecuado y en el momento oportuno, minimizando el costo total del sistema sin afectar la propuesta de valor hacia el cliente. Este enfoque integrador permite comprender que las decisiones tomadas en una etapa del proceso impactan directamente en las demás, por lo que la coordinación y el flujo continuo resultan fundamentales para el desempeño global de la organización.

Gestión por procesos.

La gestión por procesos puede entenderse como una forma de organizar el trabajo dentro de una empresa considerando cómo se relacionan las actividades entre sí. En lugar de analizar cada área de manera aislada, este enfoque permite observar cómo las diferentes tareas se conectan a lo largo del proceso productivo hasta obtener un resultado final. De esta manera, se busca que las operaciones se desarrollen de forma coordinada, facilitando el flujo de trabajo y contribuyendo a generar mayor valor para el cliente. Según el autor sobre el concepto indica que:

La gestión de procesos ya la hemos visto, pretende la adecuada estructuración y funcionamiento de estos mediante la aplicación del ciclo de mejora continua, mientras que la gestión por procesos implica ir más allá, intenta establecer una visión de la organización a través de sus procesos, conceptualizando el negocio mediante una cadena de procesos que tiene como inicio el cliente (requisitos del cliente) y como destino ese mismo cliente (satisfacción del cliente), poniendo el acento en la interfuncionalidad. (Pardo, 2017,p. 53)

Esta definición resalta que la gestión por procesos no solo organiza actividades, sino que orienta toda la estructura organizacional hacia la satisfacción del cliente. En el contexto de esta investigación, la gestión por procesos es importante porque permite analizar el taller de producción de resistencias de banda cerámica de Elyon Industrial S.A. como un sistema donde todas las actividades están relacionadas entre sí, y no de forma aislada. Esto facilita identificar problemas en la coordinación entre la materia prima y la ejecución de las órdenes de producción, lo cual actualmente genera atrasos y desorden en el flujo de trabajo.

Mejora continua.

La mejora continua se relaciona con la revisión constante de los procesos productivos con el fin de identificar oportunidades de mejora en su funcionamiento. A través de este enfoque se busca optimizar el uso del tiempo, los recursos y las actividades que forman parte del proceso, procurando que las operaciones se realicen de una manera más eficiente. De esta forma, la organización puede mejorar gradualmente su desempeño y obtener mejores resultados en el sistema productivo. Tal como afirma Cruelles, (2018) “La mejora de procesos consiste en optimizar la efectividad y la eficiencia, mejorando también los controles, reforzando los mecanismos internos para responder a las contingencias y las demandas de nuevos y futuros clientes.” (p. 501).

Esta definición resalta dos aspectos clave: la optimización de la eficiencia y el fortalecimiento de los controles internos, elementos que resultan coherentes con el objetivo de fortalecer el control operativo en el taller de resistencias de banda cerámica de Elyon Industrial.

Estandarización de procesos.

Constituye un elemento fundamental dentro de la gestión por procesos, ya que permite establecer lineamientos claros sobre la forma en que deben ejecutarse las actividades dentro de la organización. Cuando los procesos no están definidos ni documentados, cada colaborador puede

ejecutar las tareas de manera distinta, generando variabilidad, reprocesos y dificultades en el control operativo. La estandarización de procesos “implica formalizar la forma en que se ejecutan las actividades, diferenciando claramente entre el proceso (qué se hace) y el procedimiento (cómo se hace), asegurando que dicha forma de trabajo quede documentada y controlada.” (Pardo, 2017,p.20)

Gestión de la producción.

En una empresa industrial, la producción requiere la coordinación de diferentes elementos como las personas, los materiales, los tiempos y los recursos técnicos. Por esta razón, la gestión de la producción permite organizar y dirigir las actividades necesarias para que el proceso productivo se desarrolle de manera ordenada. Esto facilita el cumplimiento de los compromisos adquiridos por la empresa y contribuye al adecuado funcionamiento de sus operaciones. El autor Cruelles (2018) considera que:

La gestión de la producción se define como la disciplina encargada de organizar y coordinar los diferentes recursos y agentes involucrados dentro de una empresa y su entorno, con el objetivo de satisfacer a los clientes de acuerdo con los compromisos establecidos, procurando hacerlo al menor costo posible (p.698).

En relación con esta investigación, la gestión de la producción es clave para entender las deficiencias que presenta el taller de resistencias de banda cerámica de Elyon Industrial S.A., ya que actualmente no existe una adecuada coordinación entre los recursos, especialmente en lo relacionado con la materia prima, los tiempos de producción y la planificación de las órdenes de trabajo. Esta falta de organización genera atrasos, interrupciones y un uso ineficiente de los recursos disponibles.

Inventario.

En los procesos productivos, la disponibilidad de materiales influye directamente en la continuidad de las operaciones. Cuando no existe un control adecuado sobre las existencias, pueden generarse interrupciones en la producción o incrementos innecesarios en costos de almacenamiento. Por ello, el manejo del inventario forma parte importante dentro de la gestión operativa de una empresa industrial. Bautista (2023) establece que “En sentido amplio, un stock o existencia es una reserva cualquiera no empleada que posee valor económico o, mejor dicho, que posee utilidad” (p. 16).

Esta definición permite comprender que el inventario no solo representa materiales almacenados, sino recursos con valor económico cuya adecuada planificación resulta fundamental para evitar interrupciones en el proceso productivo.

En el contexto de esta investigación, el inventario juega un papel fundamental en las deficiencias identificadas en el taller de resistencias de banda cerámica de Elyon Industrial S.A., ya que actualmente no existe un control adecuado sobre las existencias de materia prima, lo que provoca faltantes durante la producción y la necesidad de realizar compras de emergencia. Esta situación genera interrupciones en el flujo de trabajo y afecta directamente el cumplimiento de las órdenes de producción.

Capacidad productiva.

En los sistemas productivos, resulta necesario conocer cuánto puede producir realmente la empresa en un período determinado, considerando los recursos disponibles y las condiciones de operación. Esta información permite planificar la producción, estimar tiempos de entrega y evaluar si la estructura actual es suficiente para atender la demanda. Según la fuente el término es “La capacidad de producción o capacidad productiva es la cantidad de producto o servicio que puede alcanzarse con una estructura productiva dada durante un cierto período de tiempo.” (Cruelles, 2018,p.705)

Esto implica que la capacidad no depende únicamente de la demanda, sino de los recursos disponibles como mano de obra, maquinaria, tecnología y organización del trabajo. Por lo tanto, conocer la capacidad productiva permite ajustar planes de producción, estimar tiempos de entrega y evaluar posibles cuellos de botella dentro del sistema.

En el contexto de esta investigación, la capacidad productiva es un elemento clave para comprender las limitaciones del taller de resistencias de banda cerámica de Elyon Industrial S.A., ya que la falta de estandarización y planificación afecta directamente el aprovechamiento de los recursos disponibles. Actualmente, la ausencia de control en los procesos y en la gestión de la materia prima dificulta estimar con precisión cuánto puede producir el taller en un período determinado, lo que genera atrasos y desajustes en los tiempos de entrega.

Conceptos propios de la industria

Para dar contexto al análisis que se desarrolla en esta investigación, resulta necesario abordar algunos conceptos propios de la industria manufacturera que influyen directamente en el

funcionamiento del taller de resistencias de banda cerámica de Elyon Industrial S.A. Estos conceptos permiten comprender los principios técnicos y operativos que intervienen en la gestión de la producción, el control de procesos y la utilización de recursos dentro del sistema productivo. Asimismo, facilitan la interpretación de las herramientas de análisis utilizadas en el estudio y su relación con las condiciones reales del entorno industrial. De esta manera, el desarrollo de estos conceptos proporciona un marco de referencia que contribuye a entender la problemática analizada y sustenta la propuesta de mejora planteada en la investigación.

Corriente eléctrica.

Antes de mencionar el término de resistencias eléctricas cerámicas, es necesario definir el concepto de corriente eléctrica, ya que esta determina el comportamiento del elemento resistivo dentro del circuito. García et al (2022) mencionan lo siguiente:

Al flujo de carga eléctrica a través de un medio conductor se denomina corriente eléctrica. La unidad de medida de la corriente eléctrica es el amper [A] y se representa con la letra i si es una corriente eléctrica constante y con una $i(t)$ si varía respecto al tiempo (p. 19).

La corriente eléctrica representa el movimiento de electrones a través de un conductor y constituye una de las magnitudes fundamentales para el análisis de circuitos eléctricos en corriente continua.

Tensión eléctrica.

También conocida como voltaje, es la magnitud que impulsa el movimiento de cargas dentro de un circuito eléctrico, permitiendo que exista flujo de corriente a través de un conductor. García et al. (2022) mencionan lo siguiente:

Se define como una fuerza electromotriz externa o un diferencial de potencial existente entre dos (2) puntos capaces de generar el movimiento de cargas entre esos puntos. Se representa con la letra v si es constante o $v(t)$ si varía a través del tiempo, su unidad de medida es el volt [V] (p. 18)

En el caso de las resistencias eléctricas cerámicas, la tensión aplicada es la variable que, en combinación con la corriente y la resistencia del material, determina la potencia térmica generada por el dispositivo. En el contexto de esta investigación, la tensión eléctrica es un factor relevante dentro del proceso de fabricación de resistencias de banda cerámica en Elyon Industrial S.A., ya

que influye directamente en el funcionamiento y desempeño del producto final. Una correcta aplicación y control de la tensión permite garantizar que las resistencias operen bajo condiciones adecuadas, generando la potencia térmica requerida sin comprometer la calidad o seguridad del dispositivo.

Potencia eléctrica.

Representa la cantidad de energía que un elemento puede transmitir o absorber en un intervalo de tiempo determinado, siendo un parámetro fundamental en el análisis del desempeño de dispositivos eléctricos. Tal como lo confirma García et al (2022) “El trabajo transmitido o absorbido en un determinado tiempo manteniendo una velocidad constante, se denomina potencia eléctrica.” (p.21).

En el análisis de resistencias eléctricas cerámicas, la potencia eléctrica es especialmente relevante, ya que determina la cantidad de energía transformada en calor durante su funcionamiento. En el contexto de esta investigación, la potencia eléctrica es un parámetro clave en la fabricación de resistencias de banda cerámica en Elyon Industrial S.A, ya que está directamente relacionada con el desempeño térmico del producto final. Una adecuada definición y control de la potencia permite asegurar que las resistencias generen la cantidad de calor requerida según su aplicación, evitando fallas por sobrecalentamiento o bajo rendimiento.

Resistencias Cerámicas.

Dentro del ámbito industrial, existen distintos dispositivos diseñados para generar calor a partir de energía eléctrica, los cuales son utilizados en procesos donde se requiere control térmico. Entre estos se encuentran las resistencias cerámicas, ampliamente empleadas en aplicaciones de calefacción industrial debido a su capacidad para soportar altas temperaturas y operar en condiciones exigentes. Según la empresa Tempo Electric Heater Corporation, (s.f.) una resistencia de cerámica “Una bobina de resistencia helicoidal, hecha de alambre de níquel-cromo, se ensarta con precisión a través de ladrillos aislantes cerámicos especialmente diseñados, formando una estera calefactora flexible.” (párr.1#)

Esta configuración permite una distribución uniforme del calor y una alta eficiencia térmica, características relevantes en la fabricación de resistencias de banda cerámica para aplicaciones industriales. En el contexto de esta investigación, las resistencias cerámicas representan el producto principal del taller de Elyon Industrial S.A., por lo que su correcta fabricación es fundamental para el desempeño del proceso productivo. La complejidad en su construcción, que involucra materiales

específicos y una adecuada distribución del calor, requiere que las actividades de producción se realicen de forma ordenada y controlada.

Indicadores relacionados con el tema TFG

Con el propósito de evaluar el desempeño del sistema productivo, se incorporan indicadores que permiten medir de manera objetiva la eficiencia operativa y el comportamiento del proceso. Entre ellos se consideran variables como el tiempo estándar, la capacidad productiva y la eficiencia basada en tiempo, así como métricas asociadas al control de inventarios. Estos indicadores constituyen parámetros cuantificables que facilitan el análisis de la situación actual y la evaluación posterior de la propuesta de mejora.

Tiempo Estándar.

Para poder evaluar el rendimiento de una operación, es necesario contar con una referencia que indique cuánto debería tardar una tarea bajo condiciones normales de trabajo. En este contexto aparece el concepto de tiempo estándar, utilizado como base para organizar la producción, estimar cargas de trabajo y analizar posibles desviaciones en el desempeño del proceso. En sistemas productivos como el taller de resistencias cerámicas, este indicador resulta clave para reducir la variabilidad en los tiempos de fabricación. Cruelles (2018) define el tiempo estándar (TE) como:

El tiempo requerido para que un operario de tipo medio, plenamente cualificado y adiestrado, que trabaja a un ritmo normal, lleve a cabo una tarea según el método establecido. Se determina sumando el tiempo asignado a cada uno de los elementos u operaciones que componen la tarea afectados por el correspondiente suplemento de descanso fijo y variable, y la proporción de tareas frecuenciales. Se mide en tiempo hombre (horas-hombre o minutos-hombre) y en tiempo máquina (p. 495).

En la Figura 2 Fórmula del tiempo estándar desde el punto de vista matemático, el tiempo estándar se calcula mediante:

Figura 2 Fórmula del tiempo estándar

$$T_{\text{estándar}} = T_{\text{observado}} \times (1 + F)$$

Donde:

- $T_{\text{observado}}$: Tiempo promedio observado de ejecución.
- F : Factor de suplementación (en porcentaje).

Nota: Cuatrecasas (2020)

Productividad.

El concepto de productividad según Cruelles (2018) es:

En un proceso de fabricación intervienen los materiales y un tiempo de ejecución necesario para realizar procesos de transformación de los materiales, en los que interviene la mano de obra. La productividad es un ratio que mide el grado de aprovechamiento de los factores que influyen a la hora de realizar un producto, se hace entonces necesario el control de la productividad. (p. 730)

En la Figura 3 Fórmula de productividadFigura 3 Fórmula de productividad se puede apreciar matemáticamente la fórmula de productividad:

Figura 3 Fórmula de productividad



$$\text{Productividad} = \frac{\text{Producción}}{\text{Factores}}$$

Nota: Cruelles (2018)

Herramientas para la recolección de datos

Para obtener información confiable y estructurada del proceso productivo, se emplearán herramientas de recolección de datos que permitan registrar y documentar la operación real del sistema. En este estudio se utilizará una hoja de observación para el registro de tiempos y actividades mediante cronometraje, así como una lista de chequeo para verificar el cumplimiento de procedimientos y el estado del inventario. Estas herramientas constituyen la base empírica para el análisis técnico posterior.

Hoja de registro.

En los estudios de tiempos dentro de entornos productivos, es común utilizar instrumentos que permitan registrar de manera ordenada la duración de cada actividad. Entre estos instrumentos se encuentra la hoja de registro, la cual facilita la recopilación sistemática de datos relacionados con la ejecución de las operaciones. Según el autor Gutiérrez (2020) una hoja de registro es:

Es un formato creado para recolectar datos, de tal forma que su registro sea sencillo y sistemático. En el mundo digital de hoy estas ideas y principios de la hoja de verificación debe aplicarse al diseño de bases de datos adecuadas para el registro de los resultados de calidad. Una característica que debe reunir una buena hoja de verificación es que visualmente ofrezca un primer análisis que permita apreciar la magnitud y localización de los problemas principales (p. 192).

El mismo autor explica cuáles son los pasos para aplicar esta herramienta:

1. Determinar qué situación se necesita evaluar y el objetivo que se persigue. A partir de lo anterior, definir qué tipo de datos se requieren.
2. Establecer el periodo durante el cual se obtendrán los datos.
3. Diseñar el formato o la base de datos apropiado. Cada hoja de verificación debe llevar la información completa sobre el origen de los datos: fecha, turno, máquina, proceso, quién toma los datos. Una vez obtenidos, se analizan e investigan las causas de su comportamiento. Asimismo, hay que buscar mejorar los formatos de registro de datos, para que cada día sean más claros y útiles (p. 192).

Registro documental (BOM).

Dentro del análisis de procesos productivos, la revisión de documentos internos de la empresa permite obtener información relevante sobre el funcionamiento del sistema. En este sentido, pueden considerarse registros como el Bill of Materials (BOM), las órdenes de producción y los históricos de consumo de materia prima, ya que estos documentos aportan datos técnicos y operativos que facilitan la comprensión de la estructura del producto y el comportamiento de los materiales a lo largo del tiempo. Jacobs y Chase (2018) señalan que “es la descripción completa de los productos y consigna materiales, piezas y componentes, además de la secuencia en que se elaboran los productos” (p. 563).

Herramientas de estadística

Para analizar e interpretar la información recolectada, se aplicarán herramientas estadísticas básicas que permitan transformar los datos en resultados cuantificables. En particular, se empleará la media aritmética para obtener valores promedio representativos del proceso y la desviación estándar para evaluar la variabilidad de los tiempos observados. Estas herramientas facilitan un análisis objetivo y respaldan técnicamente las conclusiones del estudio.

Media aritmética.

Es una medida de tendencia central ampliamente utilizada en el análisis de datos, ya que permite obtener un valor representativo de un conjunto de observaciones. Según Monroy,(2024) el concepto de esta herramienta es:

La media se calcula sumando los valores de la serie de los cuales se desea obtener el promedio y luego se divide el resultado entre el número de datos que se consideran en la suma. Por ejemplo, si consideramos una variable aleatoria X , de la cual se han tomado medidas X_1, X_2, X_n (p. 36).

Según el autor anterior la media de las” n ” medidas se encuentra la Figura 4 Fórmula de Media aritmética de la siguiente manera:

Figura 4 Fórmula de Media aritmética

$$\bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{n}$$

Nota: Monroy (2024)

Donde:

- $\bar{x}$ = Media aritmética
- x_i = Cada observación
- n = Número total de datos

Desviación estándar.

Es una medida estadística de dispersión que permite cuantificar el grado de variabilidad de un conjunto de datos respecto a su media aritmética. Este indicador permite evaluar qué tan homogéneos o dispersos se encuentran los valores observados.

Monroy (2024) define la desviación estándar como:

La desviación estándar es una de las medidas de resumen que más se utiliza para distribuciones, y desempeña un papel importante en la estadística. Es importante observar que las unidades en las que se expresa la desviación estándar son las mismas que las de la media (p. 56)

En la Figura 5 Fórmula Desviación Estándar se expresa mediante la siguiente fórmula:

Figura 5 Fórmula Desviación Estándar

Series simples	Series de frecuencia	Series de clases y frecuencias
$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n - 1}}$ Donde: x_i = Valores de x $\bar{x}$ = Valor de la media n = Número de elementos	$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n f_i (x_i - \bar{x})^2}{n - 1}}$ Donde: f_i = Frecuencias	$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n f_i (\gamma_i - \bar{x})^2}{n - 1}}$ Donde: γ_i = Valor de la marca de clase o punto medio de la clase.

Nota: Monroy (2024)

Un valor bajo de desviación estándar indica que los datos se encuentran cercanos a la media, lo que sugiere estabilidad en el proceso. Por el contrario, un valor elevado evidencia mayor variabilidad en los tiempos registrados, lo cual puede afectar la confiabilidad del tiempo estándar calculado. En este sentido, una alta dispersión puede ser señal de inconsistencias en la ejecución de las actividades, diferencias en el desempeño de los operarios o ausencia de métodos estandarizados.

Por ello, analizar este indicador permite identificar oportunidades de mejora orientadas a reducir la variabilidad y lograr procesos más controlados y predecibles.

Frecuencia acumulada (Fa).

La frecuencia acumulada permite ver el comportamiento total de la información conforme se avanza en la serie, lo que facilita identificar concentraciones y analizar tendencias dentro del conjunto de datos. Esto resulta útil, por ejemplo, para visualizar cuántas órdenes o tiempos de proceso se encuentran dentro de ciertos rangos acumulados. Según el autor Monroy (2024) indica que:

Es la suma de cada una de las frecuencias absolutas que tiene la serie hasta llegar al total de elementos. Se inicia repitiendo el primer valor; el siguiente valor es igual al primero más el segundo, el tercero es igual al segundo más el tercero, y se continúa de esta manera (p.30).

En la Figura 6 Fórmula Frecuencia Acumulada se puede observar cómo se expresa la fórmula:

Figura 6 Fórmula Frecuencia Acumulada

$$N_i = \sum_{k=1}^i n_k$$

Nota: Hernández (2016)

Frecuencia relativa (Fr).

Por otro lado, para entender el peso que tiene cada dato dentro del total, se utiliza la frecuencia relativa, la cual permite expresar los resultados en términos porcentuales. Esto facilita mucho la interpretación, ya que permite comparar fácilmente qué valores tienen mayor o menor presencia dentro del conjunto de datos. En aplicaciones prácticas, este indicador es clave para identificar cuáles elementos tienen mayor impacto dentro de un proceso o sistema. Según el autor Monroy

(2024) “Es la división de cada uno de los valores de la frecuencia absoluta entre el número total de datos y el resultado se multiplica por 100 para expresar su valor en porcentaje.” (p.29).

En la Figura 7 Fórmula Frecuencia Relativa se observa cómo se representa matemáticamente el concepto

Figura 7 Fórmula Frecuencia Relativa

$$f_R = \frac{f_i}{n} = \frac{\text{frecuencia en la clase } i}{\text{total de datos}}$$

Nota: Franco et al. (2016)

Promedio móvil simple.

Para aplicar este método, es necesario calcular primero el promedio móvil simple y según el autor Jacobs y Chase (2018), indica lo siguiente:

Promedio móvil simple es cuando la demanda de un producto no crece ni baja con rapidez, y si no tiene características estacionales, un promedio móvil puede ser útil para eliminar las fluctuaciones aleatorias del pronóstico. La idea aquí es calcular simplemente la demanda promedio de los periodos más recientes (p.450).

En la siguiente Figura 8 Fórmula promedio móvil simple y Figura 9 Simbología de fórmula Promedio móvil simple se puede expresar matemáticamente:

Figura 8 Fórmula promedio móvil simple

$$F_t = \frac{A_{t-1} + A_{t-2} + A_{t-3} + \dots + A_{t-n}}{n}$$

Nota: Jacobs y Chase (2018)

Figura 9 Simbología de fórmula Promedio móvil simple

donde

$$\begin{aligned}
 F_t &= \text{Pronóstico para el siguiente periodo} \\
 n &= \text{Número de periodos por promediar} \\
 A_{t-1} &= \text{Suceso real en el periodo pasado} \\
 A_{t-2}, A_{t-3} \text{ y } A_{t-n} &= \text{Sucesos reales hace dos periodos, hace tres periodos} \\
 &\quad \text{y así sucesivamente, hasta hace } n \text{ periodos}
 \end{aligned}$$

Nota: Jacobs y Chase (2018)

En el contexto de esta investigación, la fórmula del promedio móvil simple permite estimar la demanda de producción en el taller de resistencias de banda cerámica de Elyon Industrial S.A., a partir de datos históricos de órdenes de trabajo. Este método facilita obtener un valor promedio de la producción en períodos anteriores, lo cual resulta útil para planificar la cantidad de materia prima requerida y organizar las actividades productivas. Debido a que actualmente no existe una planificación formal en el taller, la aplicación de este método contribuiría a reducir la incertidumbre en la demanda, evitar faltantes de materiales y mejorar la programación de las órdenes de producción.

Herramientas Para Describir El Problema

Con el objetivo de comprender de manera estructurada la situación actual del taller de resistencias de banda cerámica de Elyon Industrial S.A., se emplearán herramientas que permitan visualizar y analizar el funcionamiento del proceso productivo y la gestión de inventarios. En este sentido, se utilizará el mapa de procesos y el diagrama de flujo como instrumentos que facilitan la identificación de etapas, actividades y posibles puntos críticos. Estas herramientas permiten representar gráficamente el sistema, evidenciando desorden operativo, ausencia de estandarización y fallas en el control de materia prima.

Mapa de procesos

Dentro del análisis organizacional, resulta necesario contar con herramientas que permitan visualizar cómo se estructuran y relacionan los distintos procesos de una empresa. Una de las representaciones más utilizadas para este fin es el mapa de procesos, el cual permite observar de manera integrada los procesos estratégicos, operativos y de apoyo, facilitando la comprensión del funcionamiento global del sistema. Pardo (2017) define el mapa de procesos como: “Una

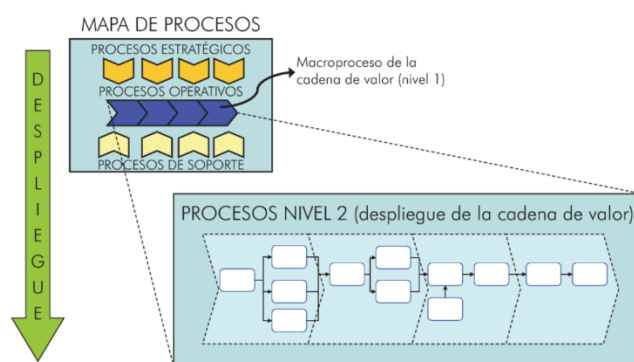
representación gráfica de la secuencia e interacción de todos los procesos de una organización. Es una representación global, y no hay que confundirla con el flujograma, que se utiliza para representar gráficamente un proceso de manera individual.” (p. 67)

El mismo autor explica los pasos para poder utilizar la herramienta:

El mapa de procesos se debe crear sobre la clasificación de procesos que la organización haya escogido (por ejemplo, estratégicos, operativos y de soporte), previa identificación exhaustiva de los procesos existentes. Como ya se ha comentado, la tarea de identificación es la más complicada y requiere de cierta práctica para no obviar procesos, no mezclarlos por tamaños o no confundirlos con otras cuestiones. Una vez clasificados, es necesario distribuir espacialmente los procesos y dibujar las relaciones entre ellos; sobre todo, son interesantes las de los procesos operativos, que en muchos mapas de procesos de los existentes no se muestran en detalle (p. 67).

Continuando con el autor anterior explica acerca de la Figura 10 Mapa de procesos siguiente:

Figura 10 Mapa de procesos



Nota: Pardo (2017)

En la Figura 10 Mapa de procesos se muestra un mapa de procesos genérico, elaborado según la clasificación clásica, donde aparecen ordenados los procesos por categorías (estratégicos, operativos y de soporte). La secuencia de los procesos operativos a un nivel de descripción macro constituye la cadena de valor. Para un adecuado entendimiento de las relaciones entre procesos, suele ser necesario desplegar con un mayor nivel de detalle los correspondientes a la cadena de valor.

El nivel 2 de la figura muestra los procesos constituyentes de cada una de las fases de la cadena de valor, convenientemente secuenciados e interrelacionados (p. 67).

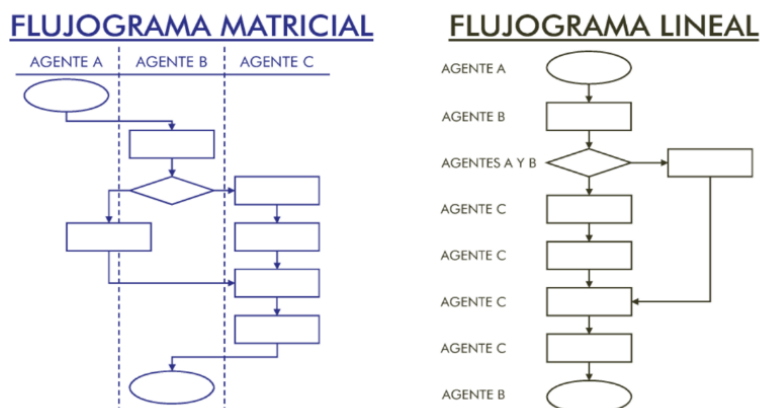
Diagrama de flujo

Para comprender la secuencia de actividades que conforman un proceso productivo, suele recurrirse a representaciones gráficas que permitan visualizar el orden en que se desarrollan las operaciones. Entre las herramientas más utilizadas para este fin se encuentra el diagrama de flujo, el cual permite mostrar de forma estructurada las etapas del proceso, las decisiones involucradas y la relación entre sus distintas actividades. Pardo (2017) señala que:

El diagrama de flujo o flujograma es una representación gráfica de la secuencia de actividades que forman un proceso. Los flujogramas son de fácil elaboración e interpretación, constituyendo una alternativa muy apropiada para documentar los procesos, de un solo vistazo pueden entenderse con rapidez, incluso no estando familiarizado con esta herramienta (p. 72).

En la Figura 11 Flujograma se destaca como está estructurado un flujograma y para comprender a detalle su elaboración el autor anterior explica los pasos para elaborar un flujograma primero se deben reunir los agentes que intervienen en el proceso, contando con uno o dos representantes por cada tipo de participante para garantizar una visión clara y participativa. Con su colaboración, se enlistan las actividades iniciando por la acción que detona el proceso, como una solicitud de un cliente o el inicio de una programación, y se analiza la secuencia preguntando constantemente qué ocurre después de cada tarea (Pardo, 2017, p. 73).

Durante este desarrollo se anotan los responsables de cada actividad y los puntos de decisión con sus posibles alternativas. Finalmente, se selecciona el tipo de diagrama, se representa gráficamente la secuencia con los símbolos acordados y se señalan las entradas y salidas del proceso para delimitar su alcance (Pardo, 2017, p. 73).

Figura 11 Flujograma

Nota: Pardo (2017)

En la Figura 12 Simbología de flujograma se puede detallar la simbología que se utiliza en esta herramienta

Figura 12 Simbología de flujograma

Símbolo	Nombre	Descripción
	Elipse u óvalo	Indica el inicio y el final del diagrama de flujo Está reservado a la primera y a la última actividad Un proceso puede tener varios inicios y varios finales
	Rectángulo o caja	Se utiliza para definir cada actividad o tarea Debe incluir siempre un verbo de acción Las cajas se pueden numerar
	Rombo	Aparece cuando es necesario tomar una decisión. Incluye siempre una pregunta
	Flecha	Utilizada para unir el resto de símbolos entre sí, indicando la dirección secuencial de las actividades
	Símbolos de entrada y salida	Se utilizan para representar entradas necesarias para ejecutar actividades del proceso, o para recoger salidas generadas durante el desarrollo del mismo El símbolo de entrada elegido se conectará con una flecha hacia la actividad que lo emplea El símbolo de salida elegido se conectará con una flecha desde la actividad de la que surge hacia el símbolo de salida
	Conectores	Usados para representar conexiones con otras partes del flujograma o con otros procesos. Si el proceso es largo y el diagrama de flujo no cabe en una hoja, se suele utilizar algún símbolo para conectar una hoja con otra. Una letra o un número en el interior del símbolo indica que la secuencia enlaza con un símbolo equivalente. También se pueden utilizar para vincular el proceso que estamos dibujando con otro proceso relacionado

Nota: Pardo (2017)

En el contexto de esta investigación, el diagrama de flujo permite representar de manera visual y ordenada las actividades que conforman el proceso de fabricación de resistencias de banda cerámica en el taller de Elyon Industrial S.A. Esta herramienta facilita la comprensión del proceso productivo, permitiendo identificar la secuencia de actividades, los puntos de decisión y la interacción entre las diferentes etapas. Además, contribuye a evidenciar ineficiencias, retrabajos o interrupciones que afectan el flujo normal de producción.

En el taller de Elyon Industrial S.A., el diagrama de flujo se aplicará para documentar el proceso actual de fabricación, desde la recepción de la materia prima hasta la finalización del producto. Esto permitirá identificar fallas en la planificación, falta de coordinación entre actividades y posibles cuellos de botella en la producción. A partir de este análisis, se podrán establecer procedimientos estandarizados y mejorar la organización del trabajo, contribuyendo a una mayor eficiencia en la ejecución de las órdenes de producción y un mejor control del proceso.

SIPOC

El diagrama SIPOC se utiliza como una herramienta inicial para entender de forma general cómo está estructurado un proceso antes de entrar a un análisis más detallado. Básicamente, permite ubicar los elementos clave que intervienen, desde quién provee los insumos hasta quién recibe el resultado final, lo que ayuda a tener una visión clara y ordenada del flujo del proceso. Además, facilita identificar rápidamente posibles puntos críticos, relaciones entre etapas y oportunidades de mejora, especialmente en procesos donde no existe una estandarización bien definida o hay variabilidad en su ejecución. Según Escobedo (2021) indica lo siguiente:

Proporciona una perspectiva gráfica de las etapas del proceso en conjunto con proveedores clave, entradas, salidas y usuarios. Es una herramienta que nos permite analizar un proceso relativo a sus parámetros para así conocer completamente su impacto en la cadena de valor (p.293).

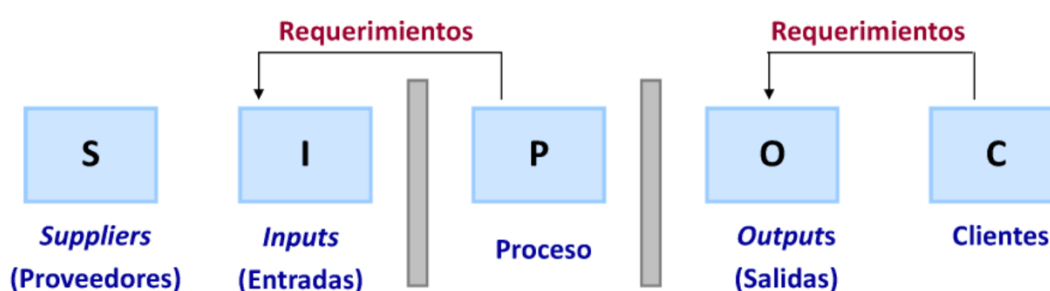
El mismo autor menciona lo siguiente sobre los elementos clave de un diagrama SIPOC son:

1. Proveedores: proporcionan las entradas al proceso.
2. Entradas: recursos que el proceso requiere.
3. Requerimientos de las entradas: lo que el proceso requiere de las entradas (por lo general, deben ser medibles, cuantificables).

4. Proceso: la actividad que transforma las entradas en salidas.
5. Salidas: productos o servicios proporcionados por el proceso.
6. Clientes: receptores de las salidas y quienes establecen los requerimientos (p.60).

En la Figura 13 Representación gráfica SIPOC se puede observar cómo se analiza la herramienta de la siguiente manera:

Figura 13 Representación gráfica SIPOC



Nota: Escobedo (2021)

El procedimiento para elaborarlo es el siguiente:

1. Identificar procesos y sus límites.
2. Identificar las salidas.
3. Identificar los clientes para cada salida.
4. Hacer una lista de los requerimientos para cada salida.
5. Identificar las entradas.
6. Identificar al proveedor para cada entrada.
7. Hacer una lista de los requerimientos para cada entrada (p.62).

Para efectos de esta investigación, el SIPOC se utiliza para ordenar y entender de forma general cómo funciona el proceso dentro del taller de producción de resistencias de cerámica de la empresa Elyon Industrial S.A. Básicamente, permite ubicar quién provee los materiales, qué entra al proceso, cómo se transforma y qué se entrega al cliente final. Esto ayuda a tener una visión clara

del flujo completo y a detectar puntos donde se pueden estar generando atrasos o variabilidad en las órdenes. De esta forma, el SIPOC sirve como punto de partida para el análisis del proceso y orienta las siguientes etapas de mejora enfocadas en la estandarización y el control operativo.

FODA

Para el análisis de la situación actual del proceso productivo, es necesario utilizar herramientas que permitan identificar tanto factores internos como externos que afectan el desempeño del sistema. En este sentido, el análisis FODA se convierte en una herramienta clave para estructurar el diagnóstico y orientar la toma de decisiones dentro del proceso de mejora.

Como lo menciona el autor Cuatrecasas (2017) “el análisis FODA consiste en realizar una evaluación sistemática del entorno interno y externo de una organización para determinar sus capacidades competitivas y anticipar riesgos o ventajas estratégicas” (p. 94).

A partir de esta base, se pueden establecer pasos claros para su aplicación dentro de un proceso organizacional. De acuerdo con Cuatrecasas (2017), los pasos para realizar un análisis FODA se estructuran en las siguientes etapas:

- a) Identificar y listar las fortalezas internas, es decir, los elementos positivos que dan ventaja competitiva o funcional.
- b) Identificar las debilidades internas, aquellas condiciones que limitan la eficiencia o competitividad.
- c) Analizar las oportunidades externas, como cambios en el entorno, tecnología o comportamiento del mercado que podrían ser aprovechados.
- d) Detectar las amenazas externas, es decir, riesgos derivados del entorno económico, normativo o competitivo.
- e) Clasificar y priorizar los factores según su impacto e influencia.
- f) Establecer estrategias que combinen estos factores (FO, DO, FA, DA) (p. 95).

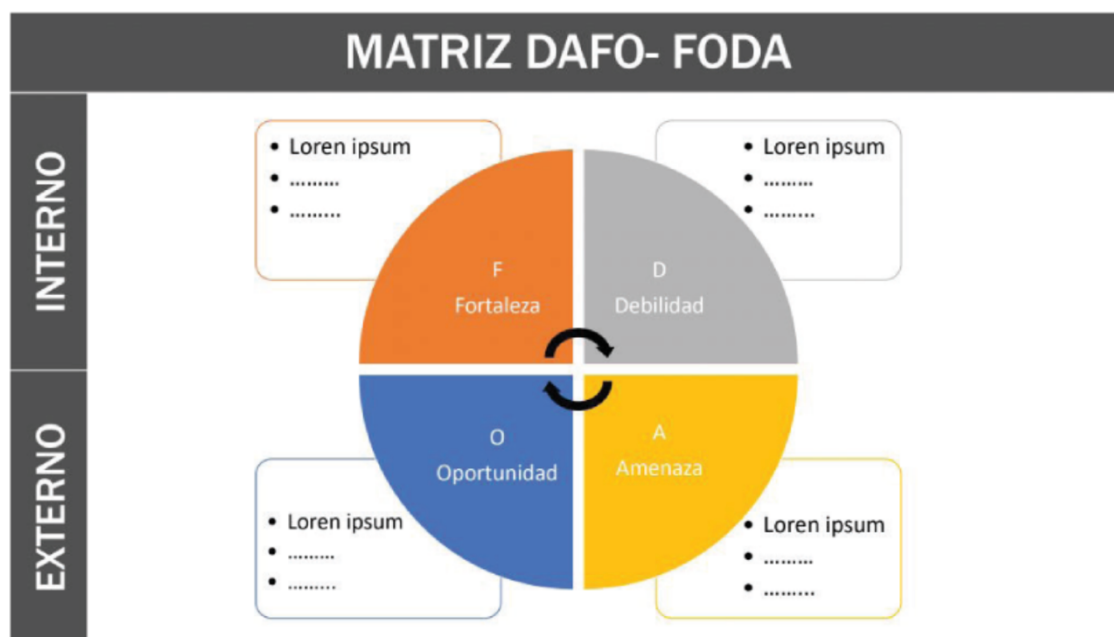
Es importante destacar que esta herramienta no se enfoca en el cálculo numérico, sino en el análisis estratégico del entorno y del sistema. En este sentido, el mismo autor señala que “el FODA no mide el rendimiento, sino que detecta el posicionamiento relativo ante variables internas y externas” (Cuatrecasas ,2017, p. 95).

A partir de la aplicación del análisis FODA, es posible establecer combinaciones estratégicas que permitan definir líneas de acción concretas, tales como potenciar fortalezas para aprovechar

oportunidades, reducir debilidades, enfrentar amenazas o desarrollar estrategias defensivas según el contexto del sistema analizado.

Con base en lo anterior, el análisis FODA permite visualizar de manera estructurada los factores internos y externos que influyen en el desempeño del proceso productivo, facilitando la identificación de elementos clave para la toma de decisiones. A través de esta herramienta, es posible sintetizar la información analizada y establecer una relación clara entre fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas. En la Figura 14 Matriz FODA se presenta una matriz que se aplicará en el taller de producción de resistencias de cerámica de la empresa Elyon Industrial S.A., como parte del diagnóstico de la situación actual del proceso.

Figura 14 Matriz FODA



Nota: Sanchez (2023)

Finalmente, en el caso del taller de producción de resistencias de banda cerámica de Elyon Industrial S.A., la aplicación del análisis FODA permitirá identificar de forma estructurada las principales debilidades relacionadas con la falta de estandarización, así como las oportunidades de mejora en la gestión de la materia prima y organización del proceso productivo. Esto facilitará la formulación de estrategias orientadas a mejorar la eficiencia operativa, reducir interrupciones en la

producción y fortalecer el desempeño general del taller, contribuyendo directamente al desarrollo de la propuesta de mejora planteada en la investigación.

Herramientas Para Medir Las Consecuencias

Con el fin de cuantificar el impacto derivado de la falta de estandarización y del descontrol en inventarios, se aplicarán herramientas técnicas que permitan evaluar objetivamente las consecuencias del problema. En este sentido, se empleará el análisis de demanda para examinar el comportamiento del consumo de materia prima y el estudio de tiempos para evaluar el rendimiento operativo mediante el cálculo del tiempo estándar, la capacidad productiva y la eficiencia basada en tiempo. Estas herramientas permiten transformar la situación observada en datos medibles.

Diagrama de Pareto

El diagrama de Pareto se utiliza como una herramienta clave para analizar datos y priorizar problemas dentro de un proceso. Su principal aporte es que permite identificar de forma clara cuáles son las causas o factores que tienen mayor impacto, facilitando la toma de decisiones enfocadas en lo realmente importante. Además, su uso ayuda a organizar la información de manera visual, permitiendo entender rápidamente dónde se concentran la mayoría de los inconvenientes y, a partir de ahí, definir acciones concretas para mejorar el desempeño del proceso. Según el autor Escobedo (2021) indica que:

Es una gráfica de barras para datos de conteo o categóricos, ordenados en orden descendente con respecto a su frecuencia y unidos a una ojiva que mide la frecuencia acumulada. Se utiliza para visualizar rápidamente qué factores de un problema, qué causas o qué valores en una situación determinada son los más importantes y, por ello, cuáles hay que atender de forma prioritaria, a fin de solucionar el problema o mejorar la situación (p.139)

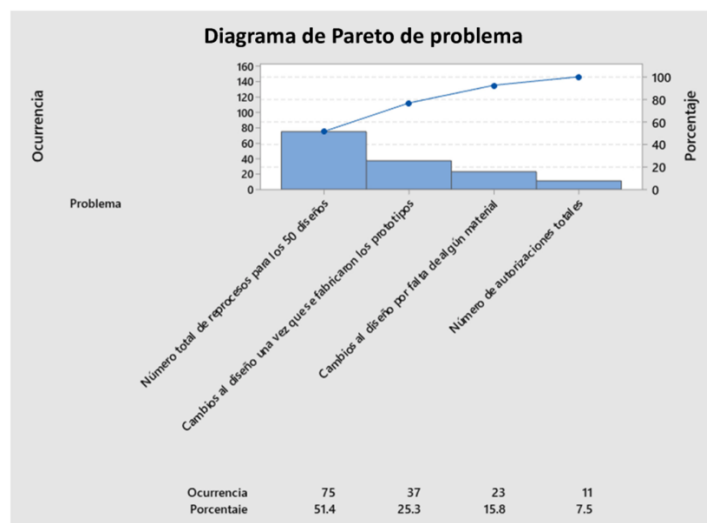
Continuando con el mismo autor indica que el procedimiento de elaboración es el siguiente:

1. Decidir qué problemas se van a investigar y cómo recoger los datos.
2. Diseñar una hoja para recoger los datos.
3. Recoger los datos de frecuencias y ordenarlos de mayor a menor.
4. Calcular los totales acumulados.
5. Calcular los porcentajes y sus acumulados.

6. Realizar la gráfica (p.140).

En la Figura 15 Representación de Diagrama de Pareto se puede apreciar el resultado de la herramienta completa de la siguiente manera

Figura 15 Representación de Diagrama de Pareto



Nota: Escobedo (2021)

Análisis de la demanda

El análisis de la demanda es una herramienta que permite examinar la cantidad y comportamiento temporal de solicitudes, transacciones o llegadas a un sistema. Según Cuatrecasas (2020), “el análisis de la demanda se orienta a conocer el comportamiento de la necesidad de servicio a lo largo del tiempo, para así coordinar la capacidad instalada con la carga real del proceso” (p. 195).

Pasos del análisis de demanda según Cuatrecasas (2020):

- Identificar el servicio, producto o proceso del cual se requiere analizar la demanda.
- Establecer el período de observación (por día, semana, mes y franja horaria).
- Registrar el número de unidades demandadas o clientes atendidos por intervalo de tiempo.
- Determinar la frecuencia de llegada o tasa promedio.
- Representar gráficamente la demanda para detectar patrones (picos, caídas y estacionalidad).

f) Estimar la demanda futura utilizando modelos de proyección o series temporales. (p. 195).

Demanda promedio.

Posteriormente la demanda promedio es importante ya que según el autor indica que “la demanda durante el tiempo de reemplazo es en realidad un estimado o un pronóstico del uso esperado del inventario desde el momento de hacer un pedido hasta el momento en que se recibe” (Jacobs y Chase, 2018, p. 530) En la Figura 16 Fórmula de Demanda promedio se puede apreciar como se expresa matemáticamente:

Figura 16 Fórmula de Demanda promedio

$$\bar{d} = \frac{\sum_{i=1}^n d_i}{n}$$

Nota: Jacobs y Chase (2018)

Indicador de Tasa de Quiebres de Inventario.

La tasa de quiebres de inventario es un indicador utilizado para medir la frecuencia con la que se presentan faltantes de materia prima que afectan la continuidad del proceso productivo. Un quiebre de inventario ocurre cuando la cantidad disponible de un material es insuficiente para satisfacer la demanda requerida. Según el autor la definición es:

El índice de rotura calcula el porcentaje de pedidos no entregados sobre el total de pedidos. Los valores altos de este indicador implican roturas de stock habituales. El índice de rotura puede expresarse en unidades o por cantidades totales de venta (Solorzano, 2018, p. 56).

Como se puede apreciar en Figura 17 Fórmula índice de rotura la permite cuantificar el nivel de incumplimiento en la entrega de pedidos dentro de la operación. Esta se calcula dividiendo la cantidad de pedidos no entregados entre el total de pedidos solicitados, y posteriormente multiplicando el resultado por cien para expresarlo en porcentaje. Este indicador resulta clave para evaluar la eficiencia del proceso logístico, ya que permite identificar fallas en la planificación, disponibilidad de inventario o ejecución operativa. Asimismo, facilita el seguimiento del

desempeño a lo largo del tiempo y sirve como base para la toma de decisiones orientadas a reducir los niveles de rotura y mejorar el cumplimiento de la demanda.

Nota: Solorzano (2018)

Figura 17 Fórmula índice de rotura

$$\text{Índice de rotura} = \frac{\text{Pedidos no entregados}}{\text{Pedidos totales}} \times 100$$

Donde:

- Pedidos no entregados corresponde a las ocasiones en que la producción se ve interrumpida o retrasada por insuficiencia de materia prima.
- Pedidos totales puede expresarse en días, semanas o meses.

Este indicador permite evaluar la efectividad del modelo de punto de reorden implementado en el taller de producción de resistencias de banda cerámica de Elyon Industrial S.A., ya que mide la cantidad de pedidos no entregados debido a la falta de materia prima. Una disminución en el índice de rotura evidenciaría una mejora en la planificación y reposición de inventarios, lo que contribuiría a reducir interrupciones en la producción y a mejorar el cumplimiento de las órdenes de trabajo.

Estudio de tiempos

En el análisis de procesos productivos, resulta necesario conocer cuánto tiempo requiere cada actividad dentro de una operación. Para este propósito se emplea el estudio de tiempos, una técnica ampliamente utilizada en la ingeniería industrial para analizar la duración de las tareas bajo condiciones definidas de trabajo. A través de la medición sistemática de las operaciones, es posible identificar variaciones en la ejecución, establecer referencias de desempeño y evaluar la eficiencia del proceso. Esta información permite contar con una base objetiva para la planificación de la producción y el análisis del rendimiento operativo. Según el autor, la definición del concepto es:

El estudio de tiempos es una técnica de medición del trabajo empleada para registrar los tiempos de trabajo y actividades correspondientes a las operaciones de una tarea

definida, efectuada en condiciones determinadas, con el fin de analizar los datos y poder calcular el tiempo requerido para efectuar la tarea según un método de ejecución establecido (Cruelles, 2018, p. 558).

El estudio de tiempos estará conformado por variables como lo son el tiempo observado, suplementos por imprevistos y tiempo estándar.

Tiempo observado.

Dentro de los estudios de tiempos, después de realizar varias mediciones sobre una misma operación, es necesario consolidar la información obtenida para contar con un valor representativo. En este contexto, se utiliza el tiempo observado, el cual se obtiene a partir del promedio de los tiempos registrados durante las mediciones realizadas. Según el autor Palacios (2016) “el tiempo observado (TO) para un elemento dado se calcula a partir del tiempo de trabajo dividido entre el número de unidades producidas durante ese tiempo” (p. 307). Como se puede apreciar en la Figura 18 Fórmula Tiempo Observado se obtiene de la división de los factores en la fórmula adjunta.

Figura 18 Fórmula Tiempo Observado

$$TO = \frac{T \times n_i}{P \times n}$$

Donde T = tiempo total
 n_i = número total de ocurrencias para el elemento i
 n = número de observaciones
 p = producción total por periodo estudiado

Nota: Palacios (2016)

Suplementos.

Los suplementos según Cruelles (2018) dice que “el estudio de métodos y tiempos pretende, por simplicidad y coherencia, cargar los tiempos dedicados a estas tareas a la operación principal. La herramienta matemática para hacerlo son los suplementos. Esto implicaría que se repartiría entre todas las tareas que se hacen a lo largo del día y las operaciones dentro de dichas tareas. Se repartirían de manera proporcional a la duración de las mismas.” (p. 582).

Suplementos imprevistos.

Según el autor sobre la definición del concepto menciona que:

Los imprevistos son incidencias que no deberían ocurrir. Estas incidencias pueden ser de dos tipos: de larga duración. Y de corta duración. Las incidencias de larga duración no se tendrán en cuenta nunca en el tiempo estándar y se anotarán como incidencia en el parte de trabajo. Las incidencias de corta duración, debido a que costaría más anotar en el parte que su resolución, habrá que asumirlas en el tiempo estándar por medio del suplemento por imprevistos (Cruelles,2018, p. 589).

Según la Figura 19 Fórmula de Suplemento Imprevisto para utilizar esta variable del estudio de tiempo se debe de aplicar la siguiente fórmula:

Figura 19 Fórmula de Suplemento Imprevisto

$$\text{Suplemento imprevistos} = 100 \times \frac{\text{Tiempo imprevistos}}{\text{Duración jornada} - \text{Tiempo imprevistos}}$$

Nota: Cruelles (2018)

El autor Cruelles (2018) menciona que, para realizar este cálculo, es necesario llevar a cabo un muestreo que permita identificar cuánto tiempo de la jornada laboral se destina a imprevistos, los cuales se incorporan dentro del tiempo estándar. Estos imprevistos suelen incluir micro paradas y situaciones no planificadas. Durante el estudio de tiempos, se debe registrar con qué frecuencia ocurren estos eventos y cuánto duran. Con esta información, es posible elaborar un análisis estadístico más preciso. De esta manera, se logra estimar de forma más realista el tiempo total requerido en las operaciones (pp. 570-571).

Tiempo estándar.

Según el autor el tiempo estándar es:

Tiempo requerido para que un operario de tipo medio, plenamente cualificado y adiestrado, y trabajando a un ritmo normal, lleve a cabo una tarea según el método establecido. Se determina sumando el tiempo asignado a cada uno de los elementos que componen la tarea afectados por el correspondiente suplemento de descanso y

la proporción de tareas frecuentes. Se mide en Tiempo hombre (Horas hombre o Minutos hombre) y en Tiempo máquina (Cruelles, 2018, p. 16).

Continuando con el mismo autor los pasos para obtener el tiempo estándar mediante la técnica de cronometraje son:

1. Selección del trabajo: Se determina qué tarea será objeto de estudio.
2. Registrar la información: Sería lo que se ha tratado en el estudio de métodos. Se registra lo que se hace en una determinada tarea y se desglosa.
3. Examinar la tarea: Se analizan los datos registrados y se establece un hito de inicio y un hito final de cada elemento u operación a medir.
4. Cronometraje y medición: Con el método de medición elegido se mide cada operación de la tarea a estudio.
5. Compilar y definir: Todas las operaciones se agrupan en el estudio de métodos y tiempos y se aplican suplementos, frecuentes, etc. para obtener el tiempo estándar de la tarea (p. 509).

En la Figura 20 Fórmula de Tiempo Estándar se puede ver matemáticamente como se representa.

Figura 20 Fórmula de Tiempo Estándar

$$T_{\text{estándar}} = T_{\text{observado}} \times (1 + F)$$

Donde:

- $T_{\text{observado}}$: Tiempo promedio observado de ejecución
- F : Factor de suplementación (en porcentaje)

Nota: Cuatrecasas, L. (2020)

Herramientas Para Analizar Las Causas

El análisis de causas permite identificar los factores que originan los problemas detectados en el proceso productivo. En el contexto del presente trabajo, estas herramientas se aplican con el fin de determinar los elementos que generan atrasos, variabilidad en los tiempos y deficiencias en el control operativo.

AMFE

El AMFE es una herramienta que se utiliza para analizar de forma anticipada los posibles fallos que pueden presentarse dentro de un proceso, antes de que realmente ocurran. Básicamente, permite identificar qué podría salir mal, por qué pasaría y qué consecuencias tendría, lo que ayuda a tener un mayor control sobre el proceso. Además, esta herramienta facilita priorizar los riesgos más críticos, enfocando los esfuerzos en aquellos que pueden generar mayor impacto, lo cual es clave para mejorar la eficiencia, reducir errores y lograr un proceso más estable y confiable.

Según el autor Sanchez (2023) indica que:

El análisis modal de fallos y efectos (AMFE) es una herramienta que se utiliza con el fin de sistematizar el estudio de un proceso/producto identificando los puntos de fallo potenciales y sus causas para elaborar planes de acción para combatir los riesgos previstos. Este método se caracteriza por tener carácter preventivo ya que permite anticiparse a la ocurrencia del fallo en el producto o el problema en el proceso (p.79).

Procedimiento para la elaboración de un Análisis Modal de Fallos y Efectos (AMFE)

1. Selección del grupo de trabajo: El primer paso para la elaboración de un AMFE es elegir el grupo de trabajo que va a ser el encargado de realizar el estudio. Este grupo de trabajo debe estar formado por personas que tengan un amplio conocimiento del producto o servicio que va a ser evaluado. Además, dentro del grupo de trabajo, debe haber algún experto en la elaboración de un análisis modal de fallos y efectos que sea el encargado del guiar al resto del grupo en su correcta realización.
2. Establecer el tipo de AMFE a realizar: Se debe definir de forma precisa el producto o parte del producto, el servicio o el proceso objeto del estudio. Se deben definir claramente todos los componentes que forman parte del proceso o producto a analizar. Además, hay que delimitar claramente el campo de aplicación del AMFE ya que el objeto de estudio no debe ser demasiado amplio, sino que, en tal caso, se realizarán varios AMFE.
3. Definir las prestaciones o funciones del producto o proceso analizado Una vez delimitado y definido el objeto de estudio, se deben definir con exactitud las funciones del mismo para poder.

4. Identificar correctamente los Modos de Fallo Potenciales. Se expresarán todas y cada una de las funciones de forma clara, concisa y por escrito.
5. Determinar los Modos Potenciales de Fallo Los modos potenciales de fallo se definen como la forma en la que una pieza o conjunto pudiera fallar potencialmente a la hora de satisfacer el propósito de diseño/proceso (su función) o las expectativas del cliente. Para cada función que se haya definido en el paso anterior, de deben identificar todos los posibles Modos potenciales de Fallo.
6. Determinar las Causas Potenciales de Fallo e identificar los sistemas de control actuales.
7. Determinar los Índices de Evaluación para cada Modo de Fallo (p.80-81).

Continuando con el mismo autor, indica lo siguiente sobre los índices de evaluación para cada modo de fallo:

Índice de Gravedad (G): evalúa la importancia o severidad del efecto del modo de fallo para el cliente. La evaluación se realiza en una escala del 1 al 10 en base a una Tabla de Gravedad, establecida por el equipo AMFE. Cada una de las Causas Potenciales correspondientes a un mismo Efecto se evalúa con el mismo Índice de Gravedad. En el caso de que una misma causa pueda contribuir a varios Efectos distintos del mismo Modo de Fallo, se le asignará el índice de Gravedad mayor.

Índice de Probabilidad de Ocurrencia (P): evalúa la probabilidad de que se produzca el modo de fallo por cada una de las Causas Potenciales en una escala del 1 al 10 en base a una tabla de Ocurrencia. Se trata de una evaluación subjetiva, con lo que se recomienda, si se dispone de información, utilizar datos históricos o estadísticos.

Índice de Probabilidad de Detección (D): evalúa, para cada causa, la probabilidad de detectar dicha causa y el Modo de Fallo resultante antes de llegar al cliente en una escala del 1 al 10 en base a una Tabla de Detección. Para determinar este índice se supondrá que la Causa de Fallo ha ocurrido y se evaluará la capacidad de los controles actuales para detectar (p.81-82).

A continuación, se puede observar las tablas de valores por cada índice de evaluación (gravedad, probabilidad de ocurrencia y probabilidad de detección) en la Figura 21 Tabla de gravedad, Figura 22 Tabla de ocurrencia y Figura 23 Tabla de detección.

Figura 21 Tabla de gravedad

TABLA DE GRAVEDAD	
CRITERIO	PUNTUACIÓN
Imperceptible por el cliente	1
Perceptible, pero no molesto	2
Perceptible y ligeramente molesto	3
Que predispone negativamente al cliente	4
Con degradación del producto y queja del cliente	5
Con degradación del producto y exigencia de cambio o reparación por parte del cliente	6
Con degradación del producto y reparación costosa	7
Con degradación del producto, afectando a otros productos en los que se ha instalado	8
Que afecta a la seguridad, con aviso previo	9
Que afecta a la seguridad, sin aviso previo	10

Nota: Sanchez (2023)

Figura 22 Tabla de ocurrencia

TABLA DE OCURRENCIA		
CRITERIO	PUNTUACIÓN	PROBABILIDAD
Remota probabilidad de ocurrencia. Sería irrazonable esperar que se produjera el fallo	1	1/10000
Baja probabilidad de ocurrencia. Ocasionalmente podría producirse un número relativamente bajo de fallos	2	1/5000
	3	1/2000
	4	1/1000
Moderada probabilidad de ocurrencia. Asociado a situaciones similares que hayan tenido fallos esporádicos, pero no en grandes proporciones	5	1/500
	6	1/200
	7	1/100
Alta probabilidad de ocurrencia. Los fallos se presentan con frecuencia	8	1/50
	9	1/20
	10	1/10

Nota: Sanchez (2023)

Figura 23Tabla de detección

TABLA DE DETECCIÓN		
CRITERIO	PUNTUACIÓN	PROBABILIDAD
Remota probabilidad de que el defecto llegue al cliente. Casi completa fiabilidad de los controles	1	1/10000
Baja probabilidad de que el defecto llegue al cliente ya que, de producirse, sería detectado por los controles en fases posteriores del proceso	2	1/5000
	3	1/2000
Moderada probabilidad de que el producto o servicio defectuoso llegue al cliente	4	1/1000
	5	1/500
	6	1/200
Alta probabilidad de que el producto o servicio defectuoso llegue al cliente debido a la baja fiabilidad de los controles existentes	7	1/100
	8	1/50
Muy alta probabilidad de que el producto o servicio defectuoso lleguen al cliente. Este fallo está latente y no se manifestaría en la fase de fabricación del producto	9	1/20
	10	1/10

Nota: Sanchez (2023)

El resultado del AMFE consiste en una identificación estructurada de los posibles modos de fallo, junto con sus efectos y las causas que pueden originarlos, los cuales se clasifican mediante índices que permiten evaluar su impacto en el cliente. Esta información se organiza en un formato específico conocido como formato o registro AMFE como se puede observar en la Figura 24 Estructura típica de un AMFE:

Figura 24 Estructura típica de un AMFE

AMFE									
Elemento / Función	Modo de fallo	Efecto	Causa	Controles actuales	G	P	D	IPR	Acciones propuestas
Describir elemento	Describir modo de fallo	Describir efecto	Describir causa	Definir los controles existentes	1 a 10	1 a 10	1 a 10		Proponer acciones de mejora

Nota: Sanchez (2023)

El AMFE es una herramienta clave dentro de la investigación, ya que permite analizar de forma estructurada los posibles fallos presentes en el taller de producción de resistencias de cerámica de la empresa Elyon Industrial S.A., priorizando aquellos que tienen mayor impacto en el proceso. Su importancia radica en que no solo identifica problemas, sino que también permite evaluarlos según

su nivel de criticidad, facilitando la toma de decisiones enfocadas en reducir riesgos y mejorar la eficiencia. De esta manera, el AMFE se convierte en una base fundamental para orientar las acciones de mejora hacia los puntos que realmente están afectando los tiempos de producción y el cumplimiento de las órdenes.

La principal Figura 25 Fórmula NPR utilizada en análisis de riesgo es el cálculo del NPR (Número de Prioridad del Riesgo) y se muestra a continuación.

Figura 25 Fórmula NPR

$$NPR = P \times G \times D$$

Donde:

- *P*: probabilidad de ocurrencia del riesgo
- *G*: gravedad del impacto
- *D*: detectabilidad del riesgo

Nota: Cuatrecasas, L. (2020)

Este valor permite priorizar acciones de mitigación para aquellos riesgos con mayor potencial de daño. A continuación, en la Figura 26 Simbología NPR se muestra simbología y conceptos del análisis del Número de Prioridad del Riesgo.

Figura 26 Simbología NPR

P: probabilidad de ocurrencia de (valor de 1 a 10)

G: gravedad o severidad del impacto (valor de 1 a 10)

D: dificultad de detección (valor de 1 a 10; a mayor valor, menor detectabilidad)

NPR: número de prioridad del riesgo (producto de los tres factores)

Nota: Cuatrecasas, L. (2020)

El análisis de riesgo permite adoptar una gestión preventiva en lugar de reactiva, identificando de forma anticipada las posibles fallas críticas en un sistema. Esta herramienta es indispensable en proyectos de mejora continua, pues orienta la toma de decisiones hacia la prevención y la robustez

del proceso. Cuatrecasas (2020) afirma que, “la evaluación de riesgos no debe ser puntual, sino sistemática y continua, como parte de la gestión integral del proceso” (p. 235).

Diagrama de Ishikawa (Causa – Efecto)

En el proyecto aplicado para el taller de producción de resistencias de banda cerámica de Elyon Industrial S.A, el diagrama de Ishikawa se utilizará para organizar y clasificar las causas que influyen en la variabilidad del tiempo de producción y en la falta de estandarización del proceso. Esta herramienta permitirá visualizar de forma estructurada los factores que impactan el desempeño operativo. Según el autor Gutiérrez (2020) el concepto de esta herramienta es:

Un método gráfico mediante el cual se representa y analiza la relación entre un efecto (problema) y sus posibles causas. Existen tres tipos básicos de diagramas de Ishikawa, los cuales dependen de cómo se buscan y se organizan las causas en la gráfica; ellos son tipo 6M, flujo del proceso y enumeración de causas (p. 200).

El mismo autor una de las maneras de realizar un análisis con un diagrama Ishikawa de la siguiente manera:

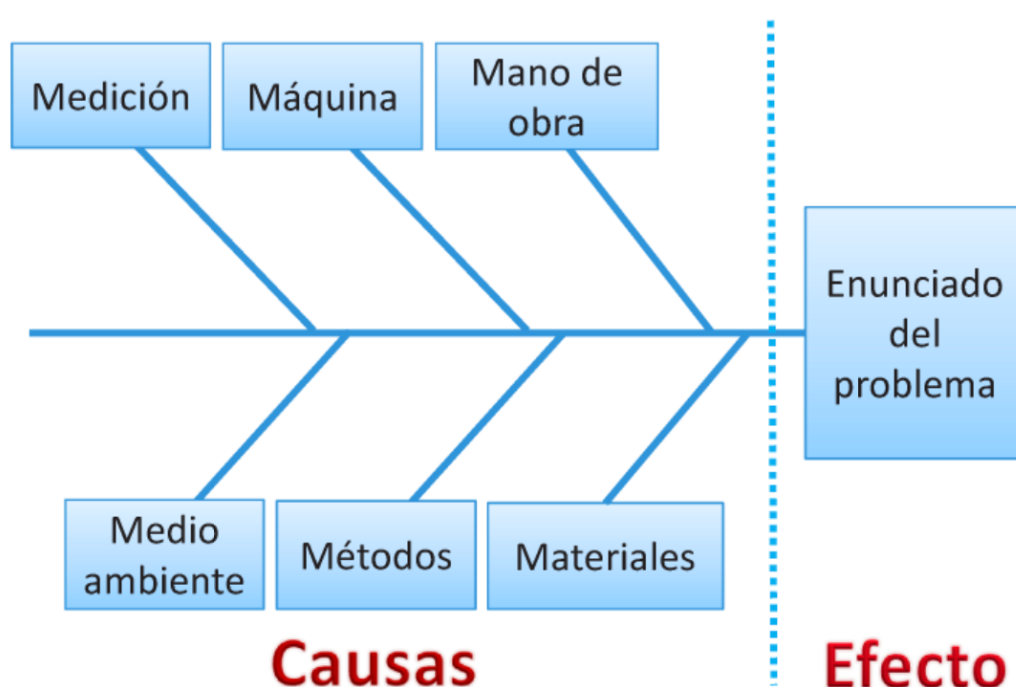
El método de construcción de las 6M es el más común y consiste en agrupar las causas potenciales en seis ramas principales (6M): métodos de trabajo, mano o mente de obra, materiales, maquinaria, medición y medio ambiente. Como se vio en el capítulo 8, estos seis elementos definen todo proceso, y cada uno aporta parte de la variabilidad del producto final, por lo que es natural esperar que las causas de un problema estén relacionadas con alguna de las 6M. La pregunta básica para este tipo de construcción es: ¿qué aspecto de esta M se refleja en el problema analizado? (p. 200)

En la Figura 27 Diagrama Ishikawa se puede observar un ejemplo de la estructura de un diagrama Ishikawa con sus 6M y con esta información se puede analizar información necesaria para analizar el problema con mayor contribución al proceso. Además, este tipo de herramienta permite identificar de forma ordenada las posibles causas que originan una situación específica. De esta manera, facilita la toma de decisiones y la implementación de mejoras continuas en el proceso.

En el contexto de esta investigación, el diagrama de Ishikawa se aplicará en el taller de producción de resistencias de banda cerámica de Elyon Industrial S.A. con el fin de identificar y organizar las

principales causas que generan la falta de estandarización y la variabilidad en los tiempos de producción. A través del enfoque de las 6M, se podrán analizar factores como la falta de planificación de materiales, la dependencia del conocimiento del operario, deficiencias en los métodos de trabajo y posibles limitaciones en la maquinaria utilizada. Esto permitirá visualizar de forma estructurada las causas raíz del problema, facilitando la toma de decisiones y el planteamiento de mejoras orientadas a optimizar el proceso productivo.

Figura 27 Diagrama Ishikawa



Nota: Socconini 2021

Técnica de los Cinco Por Qué

La técnica de los cinco por qué es una herramienta complementaria que permite profundizar en el análisis de las causas identificadas. Esta consiste en formular la pregunta “¿por qué?” de manera repetitiva, generalmente cinco veces consecutivas, con el propósito de llegar a la causa raíz del problema, y para completar la definición y entender los pasos para poder utilizar esta herramienta el autor indica que:

Para fragmentar al máximo las causas se puede hacer el ejercicio del «por qué» el cual consiste en preguntar por qué 5 veces consecutivas, como cuando los niños piden explicaciones o aclaraciones de algún aspecto y no paran de preguntar «¿Por qué? ¿Y por qué?» hasta que creen que han llegado al fondo del asunto (Cruelles, 2018, p. 300).

Cruelles (2018) explica que este ejercicio debe combinarse con el diagrama de Ishikawa, ya que dicha integración facilita fragmentar las causas al máximo y obtener resultados más claros y precisos (p. 300). Mediante esta técnica se evita que el análisis se limite a síntomas superficiales y se promueve una comprensión más profunda del origen de la situación problemática.

La técnica de los 5 porqués tendrá como función principal profundizar en las causas de los problemas identificados en la situación actual del taller de producción de resistencias de cerámica de la empresa Elyon Industrial S.A., especialmente en los atrasos y la variabilidad en los tiempos de producción. A través de preguntas consecutivas, se busca ir más allá de los síntomas visibles y llegar a las causas raíz que están generando estas ineficiencias. Esto permitirá identificar problemas estructurales del proceso, como la falta de estandarización, debilidades en la planificación o inconsistencias en la ejecución, sirviendo como base para proponer mejoras más efectivas y sostenibles.

Con base en lo anterior, la técnica de los 5 porqués permite profundizar en la identificación de la causa raíz del problema analizado. En la Figura 28 Método de los 5 Porqués se presenta la aplicación de esta herramienta en un proceso evaluado.

Figura 28 Método de los 5 Porqués

Para explicar el funcionamiento de este método, lo mejor es ver un ejemplo: *Una empresa ha notado que los informes semanales que pide al departamento de producción están desactualizados. Para averiguar la raíz del problema decide aplicar el método de los 5 por qué.*

- *¿Por qué los informes semanales que llegan a la dirección proporcionan datos incorrectos? Porque el responsable del departamento no cargó los datos del mes anterior.*
- *¿Por qué el responsable no cargó los datos del mes anterior? Porque lleva trabajando poco tiempo en la empresa y nadie le enseñó cómo hacerlo.*
- *¿Porque nadie le enseñó cómo hacerlo? Porque nadie conoce el procedimiento y la persona que sí lo conocía renunció de su puesto de trabajo.*
- *¿Por qué nadie conocía el procedimiento? Porque la anterior persona no se lo explicó a nadie y nunca se documentó.*
- *¿Por qué no se explicó a nadie ni se documentó? Porque no se ha tenido en cuenta la posibilidad de que una persona crítica pueda salir de la empresa, su dificultad de reemplazo y la complejidad del procedimiento.*

Nota: Sánchez (2023)

Herramientas Para La Propuesta

Las herramientas para el diseño de la propuesta permiten estructurar soluciones orientadas a corregir las causas identificadas en el proceso productivo y en la gestión de materiales. En el presente estudio se fundamenta la propuesta en dos herramientas principales: la estandarización de procesos y el modelo de punto de reorden.

Estandarización de procesos

Dentro de los sistemas productivos, resulta necesario establecer lineamientos claros sobre la forma en que deben ejecutarse las actividades. La estandarización de procesos se relaciona con la definición estructurada de tareas, responsabilidades y criterios de ejecución que permitan mantener uniformidad en el desarrollo de las operaciones.

Según el autor Socconini (2024) menciona que se entiende que el trabajo estandarizado constituye la base de la excelencia operativa, ya que garantiza que los productos se procesen bajo métodos uniformes y previamente definidos. Además, posibilita la aplicación de los principios del Lean Manufacturing al establecer la forma más eficiente de ejecutar las tareas, buscando simultáneamente la máxima calidad y la reducción de costos. Este enfoque se fundamenta en la observación y medición directa del trabajo realizado por los operarios, estructurándose en tres elementos esenciales: el tiempo takt, la secuencia estándar de operaciones y el inventario estándar en proceso (p. 251).

El mismo autor menciona la secuencia de pasos para desarrollar esta herramienta e indica que es necesario iniciar con la selección de un proceso o una operación específica que se desee analizar. Posteriormente, se deben realizar mediciones de tiempo con el fin de registrar y evaluar el desempeño real de la actividad. Con base en estos datos, se calcula la capacidad operativa del proceso para determinar su nivel de rendimiento (p. 252).

Continuando con el mismo autor menciona que posterior a los pasos mencionados se procede a diseñar y documentar la secuencia optimizada de operaciones, estableciendo el método más eficiente de ejecución. Una vez definida la secuencia, se representa gráficamente el proceso para visualizar el flujo de trabajo. Finalmente, se formalizan las instrucciones operativas correspondientes, asegurando que el estándar quede documentado y pueda ser aplicado de manera uniforme (p. 252).

Antes de profundizar en este concepto, es importante entender que la estandarización de procesos requiere herramientas que permitan definir claramente cómo se deben ejecutar las actividades dentro de una organización. En este caso, los Procedimientos Operativos Estándar (POE) cumplen un papel fundamental para lograr una ejecución ordenada y consistente de las tareas. Al respecto, el autor World Health Organization (2012) menciona lo siguiente:

Un POE es un conjunto de instrucciones escritas que describe una actividad rutinaria o repetitiva. Este proporciona la información necesaria para realizar una tarea de forma correcta y consistente, además de recopilar el conocimiento institucional y transmitirlo a los nuevos empleados (p.6).

Continuando con el mismo autor indica:

Asimismo, los POE proporcionan instrucciones detalladas que los empleados necesitan para llevar a cabo sus actividades rutinarias de manera correcta y consistente. Finalmente, pueden utilizarse con fines de capacitación, permitiendo enseñar a los nuevos colaboradores cómo ejecutar adecuadamente las tareas descritas (p.5).

En este sentido, la implementación de Procedimientos Operativos Estándar en el taller de producción de resistencias de banda cerámica de Elyon Industrial S.A. tendría un impacto positivo significativo, ya que permitiría estandarizar las actividades, reducir errores en la ejecución y disminuir la dependencia del conocimiento empírico del operario. Esto contribuiría a mejorar la organización del proceso productivo, optimizar el uso de la materia prima y reducir atrasos en la producción, fortaleciendo el cumplimiento de las órdenes de trabajo y la eficiencia operativa del taller.

Modelo de Punto de Reorden

En los sistemas de control de inventarios con revisión continua, resulta necesario establecer un nivel mínimo de existencias que indique cuándo debe realizarse un nuevo pedido. Este criterio se conoce como punto de reorden y permite anticipar la reposición de materiales antes de que se presenten faltantes. Según Bowersox et al (2024) “el punto de reorden define el momento en que se debería iniciar un envío de reabastecimiento. Un punto de reorden puede especificarse en términos de unidades o de suministro diario” (p. 155). En la siguiente la Figura 29 Fórmula de Punto de Reorden se puede observar la fórmula de cómo se utiliza la herramienta.

Figura 29 Fórmula de Punto de Reorden

$$R = D \times T$$

Nota: Bowersox et al (2024)

R =Punto de reorden en unidades;

D =Demanda promedio diaria en unidades; y

T =Duración promedio del ciclo de desempeño en días.

El autor recomienda que “cuando existe variabilidad en la demanda o en el tiempo de entrega, puede incorporarse un stock de seguridad” (Bowersox et al., 2024, p. 155), se puede apreciar en la Figura 30 Fórmula de Stock de seguridad la representación matemática:

Figura 30 Fórmula de Stock de seguridad

$$R = D \times T + ss$$

Nota: Bowersox et al (2024)

R = Punto de reorden en unidades;

D = Demanda promedio diaria en unidades; y

T = Duración promedio del ciclo de desempeño en días.

El punto de reorden permite introducir un criterio cuantitativo objetivo para la reposición de materiales, reduciendo el riesgo de faltantes y fortaleciendo la planificación de inventarios.

Metodología ABC

En la gestión de inventarios se considera una de las técnicas más utilizadas debido a su facilidad de aplicación y su efectividad para priorizar los artículos más relevantes dentro de un sistema. Este enfoque se basa en el principio de Pareto o regla 80/20, el cual establece que una pequeña proporción de elementos genera la mayor parte de los resultados. Según el autor Guerrero (2017) “El sistema de clasificación ABC es un sistema de clasificación de los productos para fijarles un

determinado nivel de control de existencia; para con esto reducir tiempos de control, esfuerzos y costos en el manejo de inventarios. " (p.22).

Según el mismo autor, afirma que la clasificación ABC se determina de la siguiente manera:

Tipo A: dentro de este tipo se involucran los artículos que por su costo elevado, alta inversión en el inventario, nivel de utilización o aporte a las utilidades necesitan de un 100% en el control de sus existencias.

Tipo B: esta clasificación comprende aquellos productos que son de menor costo y menor importancia los cuales requieren un menor grado de control.

Tipo C: en esta última clasificación se colocan los productos de muy bajo costo, inversión baja y poca importancia para el proceso productivo; que tan solo requieren de muy poca supervisión sobre el nivel de sus existencias (p.23).

En la Figura 31 Aplicación de Análisis ABC se puede observar un ejemplo de un ejercicio ya resuelto y su distribución respectiva:

Figura 31 Aplicación de Análisis ABC

TABLA 1.6.				
TIPO	PRODUCTOS	PORCENTAJE	INVERSIÓN	PORCENTAJE
A	9	15%	\$ 214.865.000,00	70%
B	10	17%	\$ 50.782.480,00	17%
C	40	68%	\$ 41.377.530,00	13%
TOTAL	59	100%	\$ 307.025.010,00	100%

Nota: Guerrero (2017)

Es importante destacar que esta herramienta se puede poner en práctica de varias formas, según Guerrero (2017) Dentro de los sistemas más comunes utilizados para realizar esta clasificación se encuentran:

Clasificación por precio unitario.

Clasificación por valor total.

Clasificación por utilización y valor.

Clasificación por su aporte a las utilidades (p.23).

En términos generales, el objetivo del método ABC es facilitar la toma de decisiones enfocando los esfuerzos de control en aquellos productos que generan mayor impacto en el desempeño de la organización. El análisis ABC es una herramienta que permite clasificar elementos en función de su nivel de importancia, generalmente basado en su impacto económico o frecuencia de uso. Esta clasificación se divide en tres categorías: A (los más importantes), B (intermedios) y C (los menos críticos), lo que facilita enfocar los esfuerzos en los elementos que generan mayor impacto.

En este proyecto, el análisis ABC se utilizará en el taller de producción de resistencias de cerámica de la empresa Elyon Industrial S.A., para clasificar órdenes de producción o materiales según su relevancia, permitiendo priorizar aquellos que tienen mayor impacto en los tiempos de entrega y en la eficiencia del proceso productivo.

Herramientas Para El Control De La Propuesta

Para asegurar la correcta ejecución de la propuesta de mejora planteada en esta investigación, se utilizarán herramientas de gestión de proyectos que permitan planificar, organizar y monitorear el avance de las actividades de implementación. Estas herramientas facilitan el seguimiento del cronograma, la coordinación de tareas y la verificación del cumplimiento de los entregables establecidos dentro del proceso de mejora.

Diagrama de Gantt

Un diagrama de Gantt es una herramienta que se utiliza para planificar y organizar proyectos de forma visual. Consiste en una tabla donde se muestran las actividades que se deben realizar y el tiempo que tomará cada una. Cada tarea se representa con una barra horizontal que indica su duración y cuándo empieza y termina. Esto permite ver el orden de las actividades y si algunas se pueden hacer al mismo tiempo. Según Project Management Institute, (2021) esta herramienta consiste en:

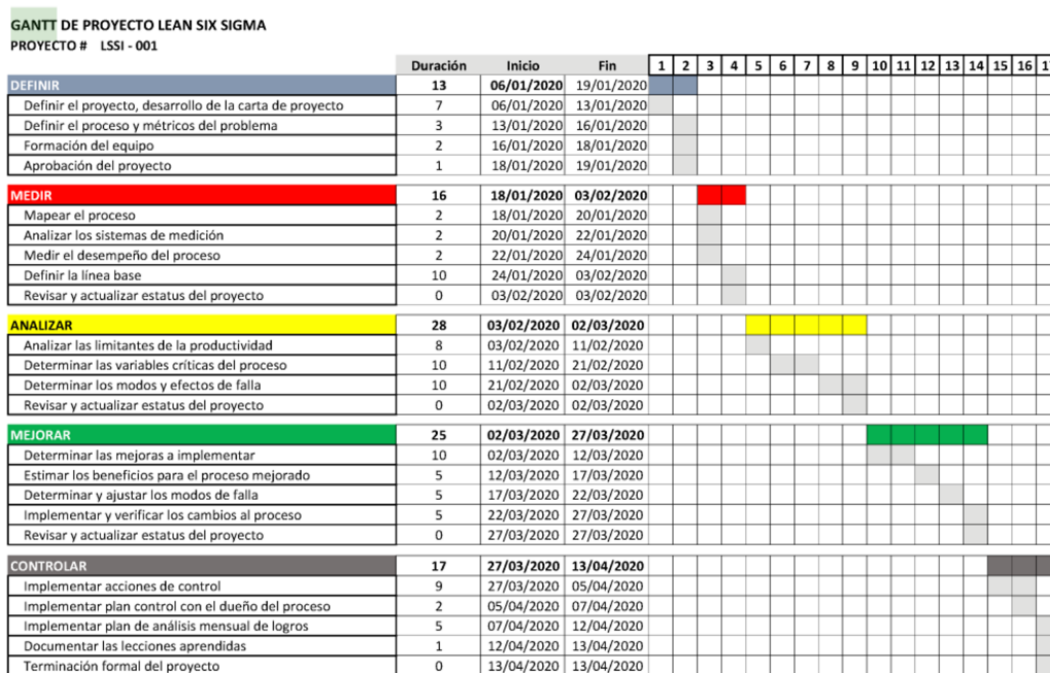
Este diagrama de barras suministra información del cronograma donde las actividades se enumeran en el eje vertical, las fechas se muestran en el eje horizontal y las duraciones de las actividades se muestran como barras horizontales colocadas según las fechas de inicio y finalización (p. 189).

Según Saenz y Gutiérrez, (2018) indican el paso a paso de como se ejecuta el diagrama de Gantt

1. Definir el proceso y/o proyecto que se planificará con el nivel de detalle deseado.
2. Dividir el proceso y/o proyecto en fases o tareas, determinando la duración de cada una.
3. Diseñar un cuadro o tabla colocando de izquierda a derecha y en el eje superior de las «X» las unidades de tiempo. Las fases o tareas se colocan en el eje de las «Y» a la izquierda.
4. Las tareas o fases se representan mediante barras horizontales, con una longitud equivalente a la duración de cada una de las fases.
5. El diagrama de Gantt suele realizarse utilizando una hoja de Excel o bien con un programa informático (p. 180).

Con base en lo anterior, el diagrama de Gantt permite visualizar de manera ordenada la secuencia y duración de las actividades que conforman el proyecto, facilitando el control del tiempo y la planificación de cada etapa. A través de esta herramienta, es posible identificar la relación entre tareas y su ejecución en el tiempo. En la Figura 32 Representación de Diagrama de Gantt se presenta el diagrama de Gantt aplicado al desarrollo del proyecto.

Figura 32 Representación de Diagrama de Gantt



Nota: Escobedo (2021)

El diagrama de Gantt es una herramienta clave dentro del desarrollo del proyecto, ya que permite organizar y visualizar de forma clara todas las actividades relacionadas con el taller de producción de resistencias de cerámica de la empresa Elyon Industrial S.A., estableciendo tiempos, secuencias y responsables. Su importancia radica en que facilita el control del avance del proyecto, permitiendo identificar posibles atrasos y tomar acciones correctivas de manera oportuna. Además, contribuye a una mejor planificación de las etapas de trabajo, asegurando que la recolección de datos, el análisis y la propuesta de mejora se desarrollen de forma ordenada y dentro de los plazos establecidos.

Herramientas de análisis económico

Las herramientas de análisis económico permiten evaluar la viabilidad financiera de un proyecto o propuesta, considerando tanto los costos como los beneficios asociados a su implementación. Estas herramientas facilitan la toma de decisiones al proporcionar indicadores que permiten comparar distintas alternativas y determinar cuál genera mayor valor. Además, permiten analizar el comportamiento de la inversión en el tiempo, considerando factores como la rentabilidad, el riesgo y la recuperación del capital, lo cual es fundamental para asegurar que las mejoras propuestas sean sostenibles desde el punto de vista económico.

Cálculo de los costos, gastos, ingresos e inversión

Esta herramienta permite identificar, cuantificar y analizar los recursos económicos necesarios para ejecutar una propuesta, así como los beneficios financieros esperados. Según Cuatrecasas (2020), “el cálculo detallado de los costos, gastos, ingresos e inversión constituye la base para evaluar la viabilidad económica de cualquier proyecto” (p. 279).

Por medio de este análisis es posible estimar los recursos requeridos para implementar una mejora en el proceso productivo, así como los beneficios económicos que podrían generarse a partir de dicha intervención. En este sentido, el cálculo financiero permite analizar si la propuesta resulta viable desde el punto de vista económico y si los beneficios esperados superan los costos asociados a su implementación.

Este análisis considera diferentes componentes económicos, entre los que se encuentran los costos operativos, los gastos generales, los ingresos proyectados y la inversión inicial requerida para poner en marcha la propuesta.

Pasos para el cálculo económico:

De acuerdo con Cuatrecasas (2020), el análisis de costos y beneficios debe contemplar una serie de etapas que permiten estructurar adecuadamente la evaluación económica del proyecto. Entre las principales etapas se encuentran las siguientes:

- a) Identificar y clasificar los costos operativos directos e indirectos del proyecto.
- b) Determinar los gastos administrativos, logísticos y de mantenimiento asociados a la propuesta.
- c) Estimar los ingresos esperados con base en proyecciones de demanda y precios.
- d) Calcular la inversión inicial necesaria para la implementación de la propuesta, incluyendo activos, equipos, infraestructura o capacitación requerida.
- e) Consolidar todos los elementos económicos en una tabla de flujo económico que facilite su análisis y evaluación (Cuatrecasas, 2020, pp. 280-281).

Estas etapas permiten organizar de manera estructurada la información económica del proyecto y facilitan la toma de decisiones sobre su viabilidad. Uno de los elementos fundamentales del análisis económico corresponde al cálculo del costo total del proyecto. Este indicador permite determinar el valor completo de los recursos necesarios para ejecutar el proceso o implementar la mejora propuesta.

El costo total se determina mediante la siguiente fórmula expresada en la Figura 33 Fórmula de Costo total

Figura 33 Fórmula de Costo total

$$\text{Costo Total: } C_T = C_F + C_V$$

Nota: Cuatrecasas (2020)

Donde:

CT = Costo total

CF = Costos fijos

CV = Costos variables

El costo total representa el valor completo de los costos incurridos en el proceso e incluye todos los recursos utilizados, tanto permanentes como variables, necesarios para su operación.

Los costos fijos corresponden a aquellos que permanecen constantes independientemente del volumen de producción o del nivel de actividad del proceso. Entre ellos se pueden encontrar gastos como salarios del personal fijo, alquileres, servicios básicos o infraestructura.

Por su parte, los costos variables son aquellos que cambian dependiendo del nivel de actividad o de la cantidad de unidades producidas. Dentro de estos pueden incluirse materiales consumibles, horas extra del personal o recursos adicionales utilizados en función de la demanda del proceso.

Otro elemento relevante del análisis económico es la estimación de la utilidad esperada del proyecto. Este indicador permite determinar el beneficio económico que podría obtener la organización luego de cubrir todos los costos y gastos asociados a la implementación de la propuesta.

En la Figura 34 Fórmula de Utilidad esperada se observa la utilidad esperada se calcula mediante la siguiente expresión:

Figura 34 Fórmula de Utilidad esperada

$$\text{Utilidad esperada: } U = I - (C + G)$$

Nota: Cuatrecasas (2020)

Donde:

U = Utilidad esperada

I = Ingresos

C = Costos

G = Gastos

La utilidad esperada representa el resultado económico neto del proyecto y permite evaluar si la propuesta genera beneficios económicos para la organización.

Los ingresos corresponden al monto total generado por las operaciones o servicios brindados. En el contexto de un proceso productivo, estos pueden estar asociados al valor generado por la producción o a los beneficios derivados de mejoras en la eficiencia operativa.

Los costos incluyen todos los recursos necesarios para ejecutar el proceso, tales como insumos, tiempo del personal y recursos operativos. Por su parte, los gastos corresponden a aquellos costos

administrativos o de apoyo que forman parte del funcionamiento general de la organización, como servicios generales, soporte tecnológico o depreciaciones.

El margen de contribución constituye otro indicador relevante dentro del análisis financiero, ya que permite determinar qué porcentaje de los ingresos contribuye a cubrir los costos fijos y generar utilidad para la organización.

En el caso del taller de producción de resistencias de banda cerámica de Elyon Industrial S.A., el análisis de costos, ingresos y utilidad esperada permite evaluar el impacto económico de la propuesta de estandarización y control de procesos. Actualmente, la falta de planificación y control genera costos adicionales asociados a compras de emergencia, tiempos muertos y uso ineficiente de los recursos. Mediante la implementación de mejoras en la gestión del inventario y la organización del proceso productivo, se espera reducir estos costos operativos y mejorar la eficiencia, lo que se reflejaría en un aumento del margen de contribución y una mayor rentabilidad para la empresa.

Este indicador se calcula mediante la siguiente fórmula observada en la Figura 35 Fórmula de Margen Contribución

Figura 35 Fórmula de Margen Contribución

$$\text{Margen Contribución: } MC = \left(\frac{I - CV}{I} \right) \times 100$$

Nota: Cuatrecasas (2020)

Donde:

MC = Margen de contribución

I = Ingresos

CV = Costos variables

El margen de contribución permite analizar el nivel de rentabilidad del proceso y evaluar la capacidad de la propuesta para generar beneficios económicos.

En el contexto de esta investigación, el cálculo de costos, gastos, ingresos e inversión se utilizará para estimar la viabilidad económica de la propuesta de estandarización y control de procesos en el taller de producción de resistencias de cerámica de la empresa Elyon Industrial S.A.

Este análisis permitirá identificar los recursos económicos necesarios para implementar el sistema propuesto, así como los beneficios económicos derivados de la mejora en la eficiencia del proceso productivo, la reducción de interrupciones por faltantes de materia prima y la mejora en el cumplimiento de las órdenes de producción.

De esta manera, la estimación de los costos y beneficios permitirá determinar la factibilidad económica de la propuesta y contribuir a la toma de decisiones respecto a su implementación dentro del área de producción.

Antes de realizar el análisis financiero de la propuesta, es importante utilizar indicadores que permitan evaluar la viabilidad económica del proyecto. En este caso, se emplean herramientas como el Valor Actual Neto (VAN), la Tasa Interna de Retorno (TIR), el período de recuperación de la inversión y el índice costo-beneficio, las cuales permiten analizar si la propuesta genera beneficios reales para la empresa.

Van (valor actual neto)

Dentro del análisis financiero de proyectos, el Valor Actual Neto (VAN) es uno de los indicadores más utilizados para evaluar la viabilidad económica de una propuesta. Este indicador permite analizar si los flujos de efectivo generados por el proyecto compensan la inversión inicial, considerando el valor del dinero en el tiempo. Su aplicación resulta fundamental en la toma de decisiones, ya que permite determinar si una inversión generará beneficios reales o si, por el contrario, representa una pérdida para la organización. “El valor actual neto permite determinar la rentabilidad de un proyecto mediante la actualización de los flujos de caja al valor presente” (Cuatrecasas, 2020, p. 359).

A partir de lo anterior, el Valor Actual Neto (VAN) permite evaluar si los flujos de efectivo futuros del proyecto compensan la inversión inicial, considerando el valor del dinero en el tiempo. Con base en esto, en la Figura 36 Fórmula VAN se expresa matemáticamente mediante la siguiente fórmula:

Figura 36 Fórmula VAN

Valor Actual Neto (VAN):

$$VAN = \sum_{t=1}^n \frac{F_t}{(1+r)^t} - I$$

Donde:

- F_t : Flujo de caja neto en el período t .
- r : Tasa de descuento.
- t : Año.
- I : Inversión inicial.

Nota: Cuatrecasas (2020)

TIR (tasa interna de retorno)

Como complemento al análisis del VAN, la Tasa Interna de Retorno (TIR) es un indicador que permite medir el rendimiento porcentual esperado de una inversión. Este indicador resulta especialmente útil cuando se desea comparar diferentes alternativas de inversión, ya que expresa la rentabilidad en términos porcentuales, facilitando la interpretación de los resultados.

En el ámbito de la ingeniería industrial, su uso es frecuente para evaluar proyectos de mejora y justificar decisiones de inversión. “La TIR representa el rendimiento porcentual esperado de un proyecto y es uno de los criterios más usados para determinar su viabilidad financiera” (Cuatrecasas, 2020, p. 360). En complemento, la Tasa Interna de Retorno (TIR) permite determinar la rentabilidad del proyecto en términos porcentuales, indicando la tasa en la que el VAN es igual a cero. De esta forma, en la Figura 37 Fórmula TIR se representa mediante la siguiente expresión:

Figura 37 Fórmula TIR

$$0 = \sum_{t=1}^n \frac{F_t}{(1 + TIR)^t} - I$$

Simbología específica para la TIR:

TIR: Tasa Interna de Retorno – tasa de descuento que hace que el VAN sea igual a cero.

F_t: Flujo de caja neto en el periodo *t*, usualmente proyectado anualmente.

t: Periodo de tiempo, normalmente expresado en años.

n: Número total de periodos de evaluación del proyecto.

I: Inversión inicial necesaria para la ejecución del proyecto.

Nota: Cuatrecasas (2020)

PRI (período de recuperación de la inversión)

Otro indicador relevante dentro del análisis financiero es el período de recuperación de la inversión, el cual permite determinar el tiempo necesario para recuperar el capital invertido en un proyecto. Este indicador es especialmente importante en entornos productivos, donde la rapidez en la recuperación de la inversión puede influir directamente en la toma de decisiones.

Además, facilita la evaluación del riesgo, ya que proyectos con menor tiempo de recuperación suelen ser más atractivos para la organización. “El período de recuperación mide el número de períodos necesarios para que los ingresos netos iguallen la inversión inicial” (Cuatrecasas, 2020, p. 362). Por otra parte, el Periodo de Recuperación de la Inversión (PRI) permite estimar el tiempo requerido para recuperar el capital invertido a partir de los flujos generados. En este sentido en la Figura 38 Fórmula PRI, se calcula mediante la siguiente expresión:

Figura 38 Fórmula PRI

$$PR = \frac{\text{Inversión inicial}}{\text{Flujo de caja anual}}$$

Donde:

PR: Período de recuperación de la inversión.

Inversión inicial: Monto total invertido al inicio del proyecto.

Flujo de caja anual: Ingreso neto generado anualmente por el proyecto.

Nota: Cuatrecasas (2020)

Costo – Beneficio

Finalmente, el índice costo-beneficio permite analizar la relación entre los beneficios obtenidos y los costos asociados a un proyecto, lo que facilita determinar su conveniencia económica. Este indicador es clave en la evaluación de propuestas de mejora, ya que permite identificar si los beneficios generados superan los recursos invertidos. En contextos industriales, su aplicación contribuye a una toma de decisiones más objetiva y basada en criterios económicos. “El índice costo-beneficio refleja la eficiencia económica de un proyecto al establecer la relación entre los ingresos y los desembolsos” (Cuatrecasas, 2020, p. 361). Desde el enfoque económico, la relación costo-beneficio permite comparar los beneficios esperados frente a los costos del proyecto para determinar su conveniencia. De esta manera en la Figura 39 Fórmula Costo - Beneficio, esta relación se expresa mediante la siguiente fórmula:

Figura 39 Fórmula Costo - Beneficio

Índice de Costo-Beneficio (ICB):

$$ICB = \frac{\sum_{t=1}^n \frac{B_t}{(1+r)^t}}{\sum_{t=1}^n \frac{C_t}{(1+r)^t}}$$

Donde:

B_t : Beneficios en el período t

C_t : Costos en el período t

Nota: Cuatrecasas (2020)

CAPÍTULO III MARCO METODOLÓGICO

El marco metodológico constituye uno de los apartados fundamentales dentro de una investigación científica, ya que define de manera técnica el camino que seguirá el estudio para alcanzar sus objetivos. De acuerdo con Hernández y Mendoza (2023), la investigación es un “conjunto de procesos sistemáticos, críticos y empíricos que se aplican al estudio de un fenómeno o problema con el resultado (o el objetivo) de ampliar su conocimiento” (p. 4). Esta definición establece que todo estudio debe desarrollarse bajo una estructura organizada, basada en evidencia y con criterios verificables.

En el ámbito organizacional y productivo, la investigación no solo cumple una función académica, sino que se convierte en un elemento estratégico para la mejora continua y la competitividad empresarial. En este sentido, Hernández y Mendoza (2018) señalan que “la investigación en el mundo será un factor clave, no solamente para lograr la rentabilidad y éxito de las empresas, sino para desarrollar integralmente a sus empleados, crear empleos, influir positivamente en la sociedad” (p. 33). Bajo esta perspectiva, la aplicación de una metodología detallada permite que las decisiones operativas y estratégicas se fundamenten en análisis estructurados y datos confiables.

En el campo de la Ingeniería Industrial, la metodología adquiere especial relevancia, ya que facilita el análisis sistemático de procesos productivos mediante herramientas técnicas de medición, evaluación y control. En esta investigación, desarrollada en el taller de fabricación de resistencias de banda cerámica, se adopta un enfoque cuantitativo, debido a que se basa en la medición objetiva de variables como tiempos de producción, cumplimiento de órdenes y frecuencia de faltantes de materia prima. Asimismo, el alcance del estudio es explicativo, ya que no solo describe la situación actual del proceso, sino que busca identificar las causas que generan variabilidad, retrasos y deficiencias en la estandarización.

El diseño metodológico corresponde a un diseño no experimental de tipo transaccional, dado que las variables se observarán tal como ocurren en su entorno natural, sin manipulación deliberada, y los datos serán recolectados en un período específico para analizar la situación del proceso productivo. La aplicación de procedimientos estructurados permitirá identificar variaciones, tiempos improductivos y debilidades en la planificación, fundamentando la propuesta de mejora en datos objetivos y verificables. De esta manera, se asegura que el estándar propuesto contribuya al aumento de la eficiencia operativa, la reducción de desperdicios y el fortalecimiento del control

del proceso productivo. En función de lo anterior, el presente capítulo se estructura a partir de los elementos metodológicos que permitirán desarrollar la investigación de manera ordenada y coherente con el problema planteado. En este sentido, se detallarán las siguientes secciones: enfoque, alcance, diseño de la investigación, definición de variables, población y muestra, instrumentos, procedimientos de recolección de datos y método de análisis. Cada uno de estos componentes será descrito técnicamente con el propósito de garantizar la consistencia interna del estudio y asegurar que los resultados obtenidos respondan de forma objetiva a los objetivos establecidos.

Enfoque

El enfoque metodológico constituye el punto de partida para definir la ruta que seguirá la investigación. Hernández y Mendoza (2018) señalan que “para comenzar una investigación necesitas primero conocer las rutas que han sido construidas por las comunidades científicas para estudiar cualquier tema, fenómeno o planteamiento. Hay tres rutas fundamentales: la cuantitativa, la cualitativa y la mixta” (p. 4). Asimismo, los autores indican que “según el planteamiento del problema (lo que queremos indagar y el tipo de fenómeno) y el contexto (conocimientos y creencias del investigador, recursos disponibles, lugar y tiempo), se elige el enfoque más adecuado (la ruta)” (p. 5). Estas afirmaciones evidencian que la selección del enfoque debe responder de manera coherente a la naturaleza del problema y a las condiciones en que se desarrolla el estudio.

En la presente investigación, orientada a la propuesta de estandarización del proceso de fabricación de resistencias de banda cerámica, el fenómeno de análisis se vincula con variables objetivas y medibles como tiempos de operación, eficiencia productiva y variabilidad del proceso. Debido a que el estudio requiere la recolección y análisis de datos numéricos obtenidos directamente del entorno productivo, el enfoque seleccionado se fundamenta en la necesidad de generar información cuantificable que permita construir una base que refuerce técnicamente la propuesta de mejora, asegurando coherencia entre el problema planteado y la ruta metodológica adoptada.

Enfoque cualitativo

El enfoque cualitativo también se desarrolla de manera sistemática, aunque su lógica de construcción del conocimiento difiere de la ruta cuantitativa. Hernández y Mendoza (2018) señalan que “con el enfoque cualitativo también se estudian fenómenos de manera sistemática. Sin

embargo, en lugar de comenzar con una teoría y luego ‘voltear’ al mundo empírico para confirmar si esta es apoyada por los datos y resultados” (p. 7), el mismo autor define

Que el enfoque en realidad es una ruta cualitativa representa un conjunto heterogéneo o variedad de concepciones, visiones, técnicas y estudios no cuantitativos. Incluso se le denomina con distintos nombres, como por ejemplo: investigación naturalista, fenomenológica, interpretativa, etnográfica; fenomenología empírica, método hermenéutico, entre otros.

Este enfoque se orienta hacia la exploración directa del fenómeno en su contexto natural. En este caso, la teoría puede emerger a partir del análisis de la información recolectada, permitiendo una comprensión más flexible y contextual del objeto de estudio.

Asimismo, los autores indican que “la ruta cualitativa resulta conveniente para comprender fenómenos desde la perspectiva de quienes los viven y cuando se buscan patrones y diferencias en estas experiencias y su significado” (Hernández y Mendoza 2018, p. 9). Esto implica que el interés principal se centra en analizar percepciones, experiencias y significados asociados a una realidad específica, utilizando técnicas como entrevistas, observación y análisis interpretativo de datos.

La presente investigación se desarrolla bajo un enfoque cuantitativo, ya que se centra en la medición y análisis de variables relacionadas con el proceso productivo de fabricación de resistencias de banda cerámica. A través de este enfoque se recolectarán datos numéricos asociados a tiempos de producción, estandarización de actividades y desempeño del proceso. Esta información permitirá analizar la situación actual del proceso y plantear mejoras basadas en los resultados obtenidos.

El enfoque cuantitativo se caracteriza por seguir una estructura organizada y secuencial que orienta el desarrollo de la investigación desde su planteamiento hasta la obtención de resultados. Hernández y Mendoza (2018) define el enfoque de la siguiente manera:

El significado original del término cuantitativo (del latín “quantitas”) se vincula a conteos numéricos y métodos matemáticos (Niglas, 2010).³ Actualmente, representa un conjunto de procesos organizado de manera secuencial para comprobar ciertas suposiciones. Cada fase precede a la siguiente y no podemos eludir pasos, el orden es riguroso, aunque desde luego, podemos redefinir alguna etapa (pp. 5 6).

Esta secuencia metodológica garantiza coherencia interna y solidez en el desarrollo del estudio. Asimismo, los autores establecen que “la ruta cuantitativa es apropiada cuando queremos estimar las magnitudes u ocurrencia de los fenómenos y probar hipótesis” (Hernández y Mendoza, 2018, p. 6). Esto implica que dicho enfoque se fundamenta en la medición objetiva de variables y en el uso de datos numéricos que permitan establecer relaciones, tendencias o niveles de desempeño dentro del fenómeno analizado.

En el contexto de la presente investigación, la aplicación del enfoque cuantitativo resulta importante debido a que el estudio se orienta a la medición de variables operativas dentro del proceso de fabricación de resistencias de banda cerámica, tales como tiempos de operación, eficiencia productiva, utilización de recursos y variabilidad en la ejecución de actividades. Estas variables pueden ser cuantificadas mediante herramientas técnicas como estudios de tiempos, análisis de capacidad y registros de producción, lo cual permite estimar la magnitud de las desviaciones existentes en el proceso actual.

Por tanto, el enfoque cuantitativo proporciona la estructura metodológica adecuada para sustentar la propuesta de estandarización del proceso, ya que permite transformar la situación observada en datos medibles y verificables. De esta manera, las conclusiones y recomendaciones derivadas del estudio estarán respaldadas por evidencia empírica, asegurando objetividad y consistencia en la formulación del estándar propuesto.

Enfoque mixto

El enfoque mixto surge como una alternativa integradora que combina elementos de las rutas cuantitativa y cualitativa dentro de un mismo estudio. En este sentido, Chen (2006) citado por Hernández y Mendoza (2018), señala que:

Los métodos híbridos como la integración sistemática de los métodos cuantitativo y cualitativo en un solo estudio con el fin de obtener una “fotografía” más completa del fenómeno, y señala que estos pueden ser conjuntados de tal manera que las rutas cuantitativa y cualitativa conserven sus estructuras y procedimientos originales (forma pura de los métodos mixtos); o bien, que dichos métodos pueden ser adaptados, alterados o sintetizados para efectuar la investigación y lidiar con los costos del estudio (forma modificada de los métodos mixtos).

Asimismo, los autores indican que “los métodos mixtos pueden implementarse de acuerdo con diversas secuencias. A veces lo cuantitativo precede a lo cualitativo, en otras ocasiones lo cualitativo es primero; también pueden desarrollarse de manera simultánea o en paralelo, e incluso es factible fusionarlos desde el inicio y a lo largo de todo el proceso de investigación” (Hernández y Mendoza 2018, p. 10). Esto demuestra que el enfoque mixto no responde a una estructura rígida, sino que puede adaptarse según las necesidades del estudio y la naturaleza del fenómeno analizado.

En relación con la presente investigación, aunque la integración de datos cualitativos y cuantitativos podría aportar una comprensión más amplia del proceso productivo, el objetivo principal se centra en la medición objetiva de variables operativas para la propuesta de estandarización del proceso de fabricación de resistencias de banda cerámica. Por ello, si bien el enfoque mixto representa una alternativa metodológica válida, la ruta adoptada en este estudio se fundamenta prioritariamente en la medición y análisis cuantitativo de datos productivos.

Alcance

El alcance de una investigación hace referencia al nivel de profundidad con el que se estudiará el fenómeno y al tipo de resultados que se espera obtener a partir del análisis realizado. En este sentido, Hernández y Mendoza (2018), indican que “los alcances son cuatro: exploratorio, descriptivo, correlacional y explicativo. No representan clases o tipos de investigación, ni son mutuamente excluyentes, sino que constituyen puntos entrelazados de un continuo de causalidad” (p. 106). Esto significa que el alcance no define una categoría rígida, sino el grado de aproximación que se tendrá frente al problema planteado, pudiendo incluso combinar características según las necesidades del estudio.

Asimismo, la determinación del alcance influye directamente en la estructura metodológica que se adoptará durante la investigación. Como señalan los autores, “del alcance dependerá el método o estrategia de investigación, incluido el diseño, los procedimientos y otros de sus componentes” (Hernández y Mendoza, 2018, p. 106). Por lo tanto, establecer el alcance adecuado resulta fundamental, especialmente en investigaciones aplicadas dentro del campo de la Ingeniería Industrial, donde el objetivo no solo es analizar un proceso productivo, sino generar información técnica que permita fundamentar propuestas de mejora, como en el caso de la estandarización del proceso de fabricación de resistencias de banda cerámica.

Estudio exploratorio

El alcance exploratorio se utiliza cuando el tema que se desea analizar ha sido poco estudiado o cuando no existe suficiente información dentro del contexto donde se desarrolla la investigación. En este tipo de estudios, el objetivo principal “es obtener un primer acercamiento al fenómeno, aclarar conceptos clave e identificar posibles variables que podrían analizarse posteriormente con mayor profundidad. En otras palabras, su función es abrir camino para investigaciones más estructuradas y detalladas (Hernández y Mendoza, 2018, p. 105).

De igual manera, este alcance resulta pertinente cuando se pretende examinar el problema desde una perspectiva novedosa o cuando aún existen dudas sobre su comportamiento. Así, el estudio exploratorio permite delimitar mejor el objeto de análisis y sentar bases para futuras investigaciones que busquen establecer relaciones o explicaciones más concreta (Hernández y Mendoza, 2018, p. 105).

Estudio descriptivo

Por su parte, el alcance descriptivo se centra en detallar las características y propiedades de un fenómeno dentro de un contexto específico. Este tipo de investigación busca especificar atributos relevantes de variables, situaciones o procesos, con el fin de ofrecer una visión clara y organizada del objeto de estudio (Hernández y Mendoza, 2018, p. 105). A diferencia del exploratorio, aquí ya existe mayor claridad sobre lo que se desea analizar.

Además, los estudios descriptivos implican medir y definir variables para cuantificar sus dimensiones y mostrar con precisión cómo se manifiesta el fenómeno en la realidad. Su propósito no es explicar las causas del problema, sino presentar información estructurada que permita comprender su comportamiento actual y, eventualmente, servir de base para propuestas de mejora (Hernández y Mendoza, 2018, p. 105).

Estudio correlacional

En cuanto al alcance correlacional, este tiene como finalidad analizar la relación o el grado de asociación entre dos o más variables dentro de un contexto determinado. Más allá de describir características individuales, este tipo de estudio “pretende identificar si existe algún tipo de vínculo entre conceptos o fenómenos, así como la manera en que se comportan de forma conjunta (Hernández y Mendoza, 2018, p. 105). En este sentido, el interés principal radica en examinar si

las variaciones en una variable se acompañan de cambios en otra, permitiendo establecer patrones de comportamiento dentro del sistema analizado.

Asimismo, el análisis correlacional permite alcanzar cierto nivel de predicción, ya que al conocer la relación entre variables es posible anticipar comportamientos bajo determinadas condiciones. Esto resulta útil cuando se desea estimar tendencias o evaluar el posible impacto de un factor sobre otro dentro de un proceso específico. No obstante, aunque aporta información sobre la dirección y fuerza de la asociación, no establece de manera definitiva una relación causal entre los elementos estudiados (Hernández y Mendoza, 2018, p. 105), por lo que sus resultados deben interpretarse dentro del marco de relaciones estadísticas y no como explicaciones concluyentes de causa-efecto.

Estudio explicativo

Los estudios explicativos representan el nivel más profundo dentro del continuo de los alcances de investigación, ya que su propósito central es identificar las causas que originan un fenómeno determinado. A diferencia de los estudios descriptivos o correlacionales, este tipo de investigación no se limita a caracterizar variables ni a establecer asociaciones entre ellas, sino que busca determinar por qué ocurre un fenómeno y en qué condiciones se manifiesta. En este sentido, Hernández y Mendoza, (2018) señalan que “los estudios explicativos van más allá de la descripción de fenómenos, conceptos o variables o del establecimiento de relaciones entre estas; están dirigidos a responder por las causas de los eventos y fenómenos de cualquier índole” (pp. 111–112).

Asimismo, los autores indican que este tipo de investigaciones se enfocan en explicar por qué ocurre un fenómeno y por qué se relacionan dos o más variables, lo cual implica un mayor nivel de estructuración metodológica y control sobre los factores analizados (Hernández y Mendoza, 2018, p. 112). En consecuencia, los estudios explicativos se apoyan en modelos teóricos y en sistemas de hipótesis que orientan la recolección y análisis de datos, permitiendo contrastar supuestos con evidencia empírica. Esta estructura rigurosa proporciona un entendimiento más profundo del fenómeno, al identificar variables independientes, dependientes y posibles factores mediadores.

Desde la perspectiva de la Ingeniería Industrial, un estudio explicativo sería pertinente cuando se busca demostrar, por ejemplo, que la ausencia de estandarización en un proceso productivo genera variabilidad en los tiempos de fabricación, incremento en retrabajos o disminución en la eficiencia operativa. En estos casos, se requiere establecer una relación causal entre determinadas prácticas

operativas y los resultados obtenidos, utilizando herramientas cuantitativas como análisis de regresión, diseño de experimentos (DOE), estudios de capacidad del proceso o simulaciones productivas.

En el contexto de la fabricación de resistencias de banda cerámica, un enfoque explicativo implicaría no solo medir los tiempos actuales del proceso, sino demostrar que ciertas variables como la falta de procedimientos estandarizados, la variabilidad en métodos de ensamble o la ausencia de control en la secuencia de operaciones son las causas directas de las desviaciones observadas en productividad o calidad.

Este nivel de análisis permitiría justificar técnicamente cada decisión de mejora con base en relaciones causales verificadas y no únicamente en observaciones descriptivas. En resumen, los estudios explicativos constituyen el alcance más estructurado y detallado dentro de la investigación cuantitativa, ya que buscan comprender integralmente el fenómeno a través de la identificación de causas y condiciones específicas que lo originan.

Diseño

El diseño de la investigación constituye el plan estructural que orienta la forma en que se obtendrán y analizarán los datos para responder al planteamiento del problema. En la ruta cuantitativa, su función es fundamental, ya que el autor indica que:

En la ruta cuantitativa, el investigador utiliza sus diseños para analizar la certeza de las hipótesis formuladas en un contexto en particular o para responder a las preguntas de investigación exploratorias o descriptivas (si es que no se tienen hipótesis) (Hernández y Mendoza, 2018, p. 150).

Asimismo, los mismos autores definen el diseño como el “plan o estrategia que se desarrolla para obtener la información (datos) requerida en una investigación con el fin último de responder satisfactoriamente el planteamiento del problema” (p. 150), lo cual evidencia que su selección debe ser técnicamente coherente con los objetivos del estudio.

Dentro de la investigación cuantitativa se distinguen dos grandes tipos de diseño: el experimental y el no experimental. En el primero, el investigador manipula deliberadamente una o más variables independientes para observar su efecto sobre otras variables bajo condiciones controladas. En contraste, el diseño no experimental se basa en la observación de los fenómenos tal como ocurren

en su contexto natural, sin intervención directa sobre las variables analizadas. Además, es importante considerar que “utilizar más de un diseño eleva considerablemente los costos de la investigación” (Hernández y Mendoza, 2018, p.150), por lo que la elección debe justificarse con base en la naturaleza del problema y los recursos disponibles.

En el caso de la presente investigación, orientada a la estandarización del proceso de fabricación de resistencias de banda cerámica, el análisis requiere observar variables operativas dentro del taller de producción sin manipularlas intencionalmente. Por ello, el estudio se desarrolla bajo un diseño no experimental de tipo transaccional, ya que la información se recolecta en un momento determinado con el propósito de explicar las causas que influyen en la variabilidad y el desempeño del proceso productivo. Este diseño resulta coherente con el enfoque cuantitativo explicativo adoptado y con la naturaleza aplicada del proyecto.

Diseño experimental

El diseño experimental se fundamenta en la manipulación intencional de variables con el propósito de analizar sus efectos sobre otras. En términos generales, Babbie (2017), citado por Hernández y Mendoza (2018), señala que “el término experimento tiene dos acepciones básicas. La primera es más general y se refiere a realizar una acción y después observar las consecuencias” (p. 151). Esta idea resume la lógica central del diseño experimental: intervenir una variable para evaluar cómo dicha intervención influye en otra dentro de condiciones previamente controladas.

Asimismo, los autores indican que “los diseños experimentales se utilizan cuando el investigador pretende establecer el posible efecto de una causa que se manipula” (Hernández y Mendoza, 2018, p. 152). Esto implica que el investigador controla deliberadamente la variable independiente y analiza su impacto sobre la variable dependiente, con el objetivo de determinar relaciones causales directas. Este tipo de diseño requiere condiciones controladas, procedimientos estructurados y, en muchos casos, asignación aleatoria de unidades de análisis para garantizar la validez interna del estudio.

Diseño no experimental

El diseño no experimental se caracteriza por la ausencia de manipulación deliberada de las variables por parte del investigador. En este sentido Hernández y Mendoza, (2018), señalan que “podría definirse como la investigación que se realiza sin manipular deliberadamente variables. Es decir, se trata de estudios en los que no haces variar en forma intencional las variables

independientes para ver su efecto sobre otras variables” (p. 174). Esto implica que el investigador no interviene directamente en el comportamiento del fenómeno, sino que analiza las variables tal como se presentan en la realidad.

Asimismo, los autores indican que “en un estudio no experimental no se genera ninguna situación, sino que se observan situaciones ya existentes, no provocadas intencionalmente en la investigación por quien la realiza” (Hernández y Mendoza, 2018, p. 174). Por lo tanto, este tipo de diseño se centra en la observación y medición de fenómenos en su contexto natural, permitiendo estudiar procesos reales sin alterar su dinámica operativa.

Diseño transaccional

El diseño transaccional, también denominado transversal, se caracteriza por la recolección de datos en un único momento del tiempo, sin realizar seguimiento posterior de las variables analizadas. Hernández y Mendoza (2018), lo definen como “investigaciones que recopilan datos en un momento único” (p. 177), lo que implica que el estudio se enfoca en analizar la situación tal como se presenta en un periodo específico. Este tipo de diseño permite obtener una visión puntual del fenómeno, funcionando como una fotografía diagnóstica del estado actual del sistema.

Entre sus propósitos principales se encuentra “describir variables en un grupo de casos (muestra o población), o bien, determinar cuál es el nivel o modalidad de las variables en un momento dado” (Hernández y Mendoza, 2018, p. 177). Asimismo, el mismo autor indica que estos diseños permiten “analizar la incidencia de determinadas variables, así como su interrelación en un momento, lapso o periodo” (p. 177), lo que los hace particularmente útiles cuando se busca examinar cómo se comportan ciertas variables dentro de un contexto específico sin evaluar su evolución a lo largo del tiempo.

Es importante destacar que “estos diseños pueden tener un alcance exploratorio, descriptivo, correlacional o explicativo; y abarcar uno o más grupos o subgrupos de personas, objetos o indicadores” (Hernández y Mendoza, 2018, p. 177). Esto significa que el diseño transaccional no limita el nivel de profundidad del estudio, sino que define el momento en que se recolecta la información.

Diseño longitudinal

El diseño longitudinal se caracteriza por la recolección de datos en dos o más momentos del tiempo con el propósito de analizar cambios y evoluciones en las variables estudiadas. En este sentido, Hernández y Mendoza, (2018) señalan que:

Los diseños longitudinales se fundamentan en hipótesis de diferencia de grupos, correlacionales y causales. Estas clases de estudios recolectan datos sobre categorías, sucesos, comunidades, contextos, variables o sus relaciones, en dos o más momentos, para evaluar el cambio en ellas (p. 183).

Esto implica que el análisis no se limita a una medición puntual, sino que permite observar transformaciones progresivas dentro del fenómeno investigado.

Asimismo, los autores indican que “las investigaciones longitudinales tienen la ventaja de que proporcionan información sobre cómo las categorías, conceptos, procesos, variables, comunidades, fenómenos, y sus relaciones evolucionan al paso del tiempo” (Hernández y Mendoza ,2018, p. 183). Desde la perspectiva de la Ingeniería Industrial, este diseño resulta pertinente cuando se busca evaluar la mejora sostenida de un proceso o analizar el impacto de una intervención a lo largo de distintos periodos.

En el caso de la presente investigación, orientada a la estandarización del proceso de fabricación de resistencias de banda cerámica, el análisis requiere observar variables operativas dentro del taller de producción sin manipularlas intencionalmente. Por ello, el estudio se desarrolla bajo un diseño no experimental de tipo transaccional, ya que la información se recolecta en un momento determinado con el propósito de explicar las causas que influyen en la variabilidad y el desempeño del proceso productivo. Este diseño resulta coherente con el enfoque cuantitativo explicativo adoptado y con la naturaleza aplicada del proyecto.

Variables

Las variables constituyen un componente esencial dentro de toda investigación cuantitativa, ya que representan los elementos medibles y analizables del fenómeno de estudio. Desde una perspectiva metodológica Hernández y Mendoza, (2023) señala que “el concepto de variable se aplica a personas u otros seres vivos, objetos, procesos, hechos y fenómenos, los cuales adquieren diversos valores respecto de la variable medida” (p. 125). Esto implica que una variable es una característica

sensible para variar y cuya variación puede observarse o cuantificarse dentro de un contexto determinado. En el ámbito productivo, por ejemplo, variables como el tiempo de ciclo, la eficiencia operativa o el nivel de retrabajo pueden presentar distintos valores según las condiciones del proceso. Asimismo, las variables adquieren relevancia científica cuando se relacionan entre sí dentro de una estructura teórica o hipotética. Como indica el autor, “las variables adquieren valor para la investigación científica cuando llegan a relacionarse con otras variables en las hipótesis y teorías, en este caso, se les suele denominar constructos o construcciones hipotéticas” (Hernández y Mendoza, 2023, p. 125). Esto significa que el análisis no se limita a medir características aisladas, sino que busca comprender cómo interactúan entre sí para explicar el comportamiento del fenómeno estudiado.

En la presente investigación, orientada a la estandarización del proceso de fabricación de resistencias de banda cerámica, las variables se estructuran en función de los objetivos específicos planteados. De esta manera, se identifican variables relacionadas con el desempeño productivo, tales como el tiempo de operación, la variabilidad del proceso y la eficiencia operativa, las cuales serán definidas conceptualmente, operacionalizadas mediante indicadores medibles e instrumentadas a través de técnicas de recolección de datos como estudios de tiempos y registros productivos. Esta estructuración garantiza coherencia entre el problema planteado, el diseño metodológico adoptado y los resultados esperados. En la siguiente Tabla 1 Variables se detalla cada objetivo, con su variable, concepto, operación e instrumental para poder validar cada variable.

Tabla 1 Variables

Objetivos	Variable	Conceptual	Operacional	Instrumental
Describir la deficiente estandarización del proceso productivo en el taller de fabricación de resistencias de cerámica de la empresa Elyon Industrial S.A.	Variabilidad del tiempo de producción	La variabilidad en la ejecución de las tareas dentro de un proceso productivo corresponde a las diferencias que se presentan en la forma o en el tiempo en que se realizan actividades similares. Una	Variabilidad del tiempo de producción medida mediante la desviación estándar de los tiempos totales de producción por orden. $\sigma = \sqrt{\sum (x - \bar{x})^2 / n}$	Registros de producción por orden

		alta variabilidad dificulta la determinación precisa de tiempos estándar y el control del proceso productivo (Cruelles, 2018).		
Medir las consecuencias de la deficiente estandarización del proceso productivo	Consecuencias del proceso productivo	Las deficiencias en la estandarización de los procesos productivos pueden generar efectos en el desempeño de las operaciones, tales como retrasos, interrupciones en el flujo de trabajo o uso ineficiente de los recursos, afectando la productividad del sistema productivo (Gutiérrez, 2020).	Las consecuencias del proceso productivo se medirán mediante los siguientes indicadores: • Interrupciones del proceso productivo: número de órdenes detenidas por falta de materia prima durante la ejecución de la producción. • Compras de emergencia de materia prima: porcentaje de compras realizadas de forma urgente durante la ejecución de órdenes de producción. • Atrasos en órdenes de producción: porcentaje de órdenes entregadas fuera del tiempo programado.	Registros históricos de producción y control de órdenes (5 de enero–27 de marzo 2026).
Analizar las causas que generan la deficiente estandarización del proceso productivo en el taller de fabricación de resistencias de cerámica de la empresa Elyon Industrial S.A.	Causas de interrupción del proceso productivo	Las interrupciones en los procesos productivos pueden originarse por factores asociados a la planificación de las operaciones, la disponibilidad de materiales o la coordinación de las actividades	Frecuencia de ocurrencia de causas que generan interrupciones en la producción. Las causas se clasificarán según su origen en el proceso productivo, tales como: faltantes de materia prima, errores en la planificación de producción, reprocesos o problemas en la secuencia de	Revisión de órdenes de producción, BOM y registros de inventario (5 de enero–27 de marzo 2026).

		dentro del sistema productivo (Jacobs & Chase, 2018).	operaciones. Posteriormente se calculará la frecuencia porcentual de cada causa para identificar las más representativas del problema.	
Diseñar un sistema de estandarización y control de procesos basado en herramientas Lean para el taller de producción de resistencias de cerámica de la empresa Elyon Industrial S.A.	Nivel actual de documentación de procesos (%)	La documentación de procesos consiste en definir y registrar formalmente las actividades y procedimientos necesarios para ejecutar una operación de forma consistente, permitiendo asegurar su repetibilidad y control dentro de la organización (Pardo, 2017).	Porcentaje de documentación: Donde: $D = \frac{\text{Procesos documentados}}{\text{Procesos identificados}} \times 100$	Revisión documental + Check List.
Establecer mecanismos de control e indicadores de desempeño que permitan dar seguimiento a la propuesta.	Implementación de indicadores de desempeño	Los indicadores de desempeño son métricas utilizadas para medir y monitorear el comportamiento de los procesos organizacionales con el fin de evaluar su desempeño y facilitar la toma de decisiones para la mejora continua (Gutiérrez, 2020).	Porcentaje de indicadores de desempeño implementados en relación con los indicadores propuestos para el seguimiento del proceso productivo. $(I/P) \times 100$ Donde: I = Indicadores implementados P = Indicadores propuestos	Revisión documental de indicadores definidos en la propuesta y registros de control del proceso productivo.

Nota: Pablo Chacón Morúa

Muestra

En una investigación cuantitativa, la muestra constituye el subconjunto de elementos sobre los cuales se recolectarán los datos necesarios para responder a los objetivos planteados. Hernández y Mendoza (2018) señalan que

Una muestra es un subgrupo de la población o universo que te interesa, sobre la cual se recolectarán los datos pertinentes, y deberá ser representativa de dicha población (de manera probabilística, para que puedas generalizar los resultados encontrados en la muestra a la población) (pp. 196–197).

Esta definición enfatiza que la muestra debe guardar coherencia con la población total para que los resultados tengan validez metodológica. Asimismo, los autores indican que “la población y la unidad de muestreo deben ser consistentes con tus objetivos y preguntas de investigación” (Hernández y Mendoza, 2018, p. 197). En este sentido, la delimitación de la población no puede realizarse de forma arbitraria, sino que debe responder directamente al fenómeno que se pretende analizar dentro del estudio.

En la presente investigación, orientada a la estandarización del proceso de fabricación de resistencias de banda cerámica, la población estará conformada por las órdenes de producción registradas durante el período definido para el análisis. Para los indicadores operativos se trabajará con la totalidad de los registros disponibles, adoptando un enfoque censal. En el caso del estudio de tiempos, la unidad de muestreo estará constituida por cada operación específica dentro del proceso productivo, asegurando coherencia entre la población seleccionada y los objetivos explicativos del estudio. En la Tabla 2 Muestra se puede apreciar cada indicador con el tipo de muestra seleccionada, unidad de muestreo y fórmula.

Tabla 2 Muestra

Indicador	Tipo de muestra	Unidad de muestreo	Fórmula
Variabilidad del tiempo de producción	Poblacional	Tiempo total de producción por orden de resistencia cerámica	Registros de producción del taller correspondientes al periodo 5 de enero–27 de marzo 2026.
Interrupciones del proceso productivo	Poblacional	Orden de producción detenida durante la	Registros de control de producción y órdenes

			ejecución del proceso	de trabajo (5 de enero–27 de marzo 2026)
Compras de emergencia de materia prima	Poblacional		Compra de materia prima realizada de forma urgente durante una orden de producción	Registros de compras y abastecimiento (5 de enero–27 de marzo 2026)
Atrasos en órdenes de producción	Poblacional		Orden de producción entregada fuera del tiempo programado	Registros de control de órdenes de producción (5 de enero–27 de marzo 2026)
Frecuencia de causas de interrupción del proceso	Poblacional		Evento de interrupción clasificado por causa	Registros de producción, inventario y control de órdenes (5 de enero–27 de marzo 2026)
Nivel de documentación de procesos (%)	Poblacional		Proceso u operación identificada dentro del taller	Diagnóstico documental del área de producción
Índice de formalización de indicadores (%)	Poblacional		Indicador de desempeño propuesto para el proceso productivo	Revisión documental de indicadores definidos en la propuesta

Nota: Pablo Chacón Morúa

Instrumentos

Los instrumentos de medición son las herramientas que permiten obtener y registrar la información necesaria para analizar las variables definidas en la investigación. En estudios de enfoque cuantitativo, como el presente, la medición es fundamental, ya que posibilita convertir los conceptos teóricos en datos concretos que pueden ser cuantificados y analizados estadísticamente.

Hernández y Mendoza (2023) define el instrumento de medición como el “recurso que utiliza el investigador para registrar información o datos sobre las variables que tiene en mente” (p. 235). Además, Grinnell, Williams y Unrau (2009) citado por el mismo autor, señala que un instrumento adecuado es aquel que “registra datos observables que representan verdaderamente los conceptos o las variables que el investigador tiene en mente” (Hernández y Mendoza, 2023, p. 235). Esto significa que los instrumentos deben estar directamente relacionados con lo que se pretende medir y con las definiciones operacionales previamente establecidas.

En la ruta cuantitativa, la aplicación de instrumentos de medición es indispensable para analizar las variables del estudio. Hernández y Mendoza (2023) indica que “en toda investigación que sigue la ruta cuantitativa se aplica un instrumento para medir las variables contenidas en las hipótesis (y cuando no hay hipótesis, simplemente para medir las variables de interés)” (p. 235). En este caso, los instrumentos utilizados permiten medir variables como la variabilidad del tiempo total de producción, el cumplimiento de órdenes, la tasa de faltantes de materia prima y el nivel de estandarización del proceso productivo de resistencias de banda cerámica.

Debido a que la investigación se desarrolla bajo un diseño no experimental de tipo transaccional, los instrumentos se basan principalmente en registros existentes del área de producción, revisión documental y formatos de control estructurados correspondientes al período enero–marzo 2026. No se manipulan variables ni se crean condiciones artificiales; simplemente se mide el comportamiento real del proceso en su entorno natural.

A continuación, en la Tabla 3 se detallan los instrumentos de medición empleados en el estudio, indicando la variable asociada y la fuente de información correspondiente. Asimismo, se especifica el propósito de cada instrumento y el tipo de dato que permite obtener, con el fin de evidenciar la relación directa entre las variables definidas y los registros utilizados para su análisis. De esta manera, se garantiza coherencia entre el diseño metodológico adoptado y el proceso de medición aplicado en el área de resistencias de banda cerámica. En la Tabla 3 Instrumentos se aprecia cada indicador con el instrumento y recurso requerido.

Tabla 3 Instrumentos

Indicador	Instrumento	Recurso requerido
Variabilidad del tiempo de producción	Hoja de registro de tiempos totales por orden	Registros informáticos de producción, cronómetro y computadora
Cumplimiento de órdenes de Interrupciones del proceso productivo	Hoja de registro de interrupciones en órdenes de producción	Sistema de control de producción y registros de órdenes
Compras de emergencia de materia prima	Hoja de verificación de compras urgentes de insumos	Sistema de inventario, registros de compras y BOM
Atrasos en órdenes de producción	Hoja de control de cumplimiento de órdenes de producción	Sistema de programación de producción y registros de entrega
Frecuencia de causas de interrupción del proceso	Matriz de clasificación de causas de interrupciones	Registros de producción, inventario y control de órdenes

Nivel actual de documentación de procesos (%)	Check List de revisión documental de procesos	Procedimientos, instructivos y manuales existentes del taller
Índice de formalización de indicadores (%)	Formato de verificación de indicadores del área	Reportes internos de producción y documentos de control

Nota: Pablo Chacón Morúa

Recolección de Datos

La recolección de datos constituye una etapa esencial dentro del proceso metodológico, ya que permite obtener la información necesaria para analizar las variables del estudio y dar respuesta a los objetivos planteados. En investigaciones cuantitativas, esta fase no se limita únicamente a recopilar información, sino que implica aplicar instrumentos de medición previamente definidos y alineados con el diseño metodológico.

Hernández y Mendoza (2023) señala que recolectar los datos significa “aplicar uno o varios instrumentos de medición para recabar la información pertinente de las variables del estudio en la muestra o casos seleccionados” (p. 234). Asimismo, el autor indica que este proceso requiere “elaborar un plan detallado de procedimientos que conduzcan a reunir datos con un propósito específico” (Hernández y Mendoza, 2023, p. 234).

En el presente estudio, orientado a la propuesta de estandarización del proceso de fabricación de resistencias de banda cerámica, la recolección de datos se desarrolla bajo un diseño no experimental de tipo transaccional. Por tanto, se analizan registros existentes correspondientes al período enero–marzo 2026, sin manipular variables ni intervenir directamente en el proceso productivo. La medición se realiza sobre el tiempo total por orden, el cumplimiento de órdenes, la tasa de faltantes de materia prima y el nivel de documentación del proceso.

Las fuentes de información incluyen registros históricos de producción, órdenes de trabajo, controles de inventario, listas de materiales (BOM) y documentación formal del área. Estos datos permiten medir objetivamente el comportamiento actual del proceso y fundamentar técnicamente la propuesta de mejora planteada. A continuación, en la Tabla 4 Recolección de Datos se presenta un resumen del plan de recolección de datos, especificando para cada indicador la fuente de información, el método utilizado y la finalidad del análisis correspondiente.

Tabla 4 Recolección de Datos

Indicador	Fuente	Métodos de recolección de los datos	Beneficios esperados
Variabilidad del tiempo de producción	Registros históricos de producción y hojas de control del área de resistencias cerámicas correspondientes al periodo 5 de enero al 27 de marzo de 2026	1. Identificar todas las órdenes de producción de resistencias cerámicas del periodo 5 de enero al 27 de marzo de 2026. 2. Registrar el tiempo total por orden (desde inicio hasta finalización). 3. Consolidar los datos en una hoja de cálculo. 4. Calcular el promedio y la desviación estándar de los tiempos de producción.	Determinar el nivel de variabilidad existente en el proceso productivo y evidenciar inconsistencias en los tiempos de producción.
Interrupciones del proceso productivo	Registros de control de producción y órdenes de trabajo del periodo 5 de enero al 27 de marzo de 2026	1. Identificar órdenes de producción detenidas durante la ejecución del proceso. 2. Registrar el motivo de la interrupción. 3. Consolidar los eventos registrados durante el periodo de estudio.	Identificar la frecuencia de interrupciones que afectan la continuidad del proceso productivo.
Compras de emergencia de materia prima	Registros de compras y abastecimiento del taller correspondientes al periodo 5 de enero al 27 de marzo de 2026	1. Identificar compras realizadas de forma urgente durante el periodo de estudio. 2. Relacionar cada compra con la orden de producción correspondiente. 3. Consolidar los registros del periodo analizado.	Evidenciar el impacto de la planificación de materiales en la continuidad del proceso productivo.
Atrasos en órdenes de producción	Sistema interno de control de órdenes de producción del periodo 5 de enero al 27 de marzo de 2026	1. Comparar el tiempo programado con el tiempo real de entrega de cada orden. 2. Clasificar las órdenes entregadas fuera del tiempo establecido. 3. Consolidar la información del periodo de estudio.	Determinar el impacto de la variabilidad del proceso sobre el cumplimiento de los tiempos de producción.

Frecuencia de causas de interrupción del proceso	Registros de producción, inventario y control de órdenes del periodo 5 de enero al 27 de marzo de 2026	1. Identificar eventos de interrupción del proceso productivo. 2. Clasificar las causas según su origen (materiales, planificación, operación, entre otros). 3. Consolidar la frecuencia de cada causa registrada durante el periodo de estudio.	Identificar las causas más representativas que afectan el desempeño del proceso productivo.
Nivel actual de documentación de procesos (%)	Manuales, instructivos y documentos formales del área de producción revisados durante el periodo 5 de enero al 27 de marzo de 2026	1. Identificar los procesos y operaciones del taller de resistencias cerámicas. 2. Verificar cuáles cuentan con procedimientos documentados. 3. Aplicar un Check List estructurado de revisión documental. 4. Calcular el porcentaje de procesos formalmente documentados. 5. Calcular el porcentaje de procesos formalmente documentados.	Diagnosticar el grado actual de estandarización del proceso productivo.
Índice de formalización de indicadores (%)	Documentación interna del sistema de control del área revisada durante el periodo 5 de enero al 27 de marzo de 2026.	1. Identificar indicadores actualmente utilizados en el área. 2. Verificar si cuentan con fórmula, meta y responsable asignado. 3. Consolidar los indicadores existentes para su análisis.	Evaluar el nivel actual de control del proceso productivo y la necesidad de establecer un sistema formal de seguimiento.

Nota: Pablo Chacón Morúa

Método de Análisis

El análisis de los datos permite transformar la información recolectada en resultados que den respuesta a los objetivos de la investigación. En estudios cuantitativos, esta etapa consiste en organizar los datos en una matriz y aplicar procedimientos estadísticos acordes con las variables definidas. Hernández y Mendoza (2018) señalan que “el análisis cuantitativo de los datos lo efectúas sobre la matriz que los contiene y utilizando un programa computacional” (p. 312). En

coherencia con ello, los datos del presente estudio serán organizados y procesados en Microsoft Excel, en la Tabla 5 Análisis de los datos se detalla cada indicador y sus desgloses de análisis.

El análisis será de tipo descriptivo, incluyendo el cálculo de promedios, porcentajes y desviación estándar, así como la elaboración de gráficos que permitan interpretar la variabilidad del tiempo total por orden, el cumplimiento de órdenes, la tasa de faltantes y el nivel de estandarización del proceso productivo durante el período enero–marzo 2026.

Tabla 5 Análisis de los datos

Indicador	Análisis a realizar	Programa	Uso
Variabilidad del tiempo de producción	Cálculo de promedio y desviación estándar del tiempo total por orden.	Excel	Identificar el nivel de dispersión de los tiempos y evidenciar inestabilidad en el proceso productivo.
Interrupciones del proceso productivo	Conteo y análisis de la frecuencia de órdenes de producción detenidas durante el proceso.	Excel	Determinar la frecuencia con que se interrumpe el proceso productivo.
Compras de emergencia de materia prima	Cálculo del porcentaje de compras realizadas de forma urgente durante la ejecución de órdenes de producción.	Excel	Identificar el impacto de la planificación de materiales en la continuidad del proceso productivo
Atrasos en órdenes de producción	Cálculo porcentual de órdenes de producción entregadas fuera del tiempo programado.	Excel	Evaluar el impacto de la variabilidad del proceso en el cumplimiento de los tiempos de producción.
Frecuencia de causas de interrupción del proceso	Clasificación de las causas de interrupción del proceso y análisis de su frecuencia porcentual.	Excel	Identificar las causas más representativas que afectan el desempeño del proceso productivo.
Nivel actual de documentación (%)	Cálculo porcentual de procesos documentados respecto al total identificado.	Excel	Diagnosticar el nivel actual de estandarización del proceso productivo

Índice de formalización de indicadores (%)	de de	Cálculo porcentual de indicadores definidos frente a los requeridos.	Excel	Evaluar el nivel de control formal del proceso.
--	-------	--	-------	---

Nota: Pablo Chacón Morúa

Cronograma

El cronograma constituye una herramienta fundamental dentro de la planificación del proyecto, ya que permite organizar las actividades necesarias para el desarrollo de la investigación en un marco temporal definido. Su elaboración facilita visualizar la secuencia lógica de las tareas, establecer tiempos estimados de ejecución y asegurar que cada etapa del estudio se desarrolle de manera ordenada y coherente con los objetivos planteados.

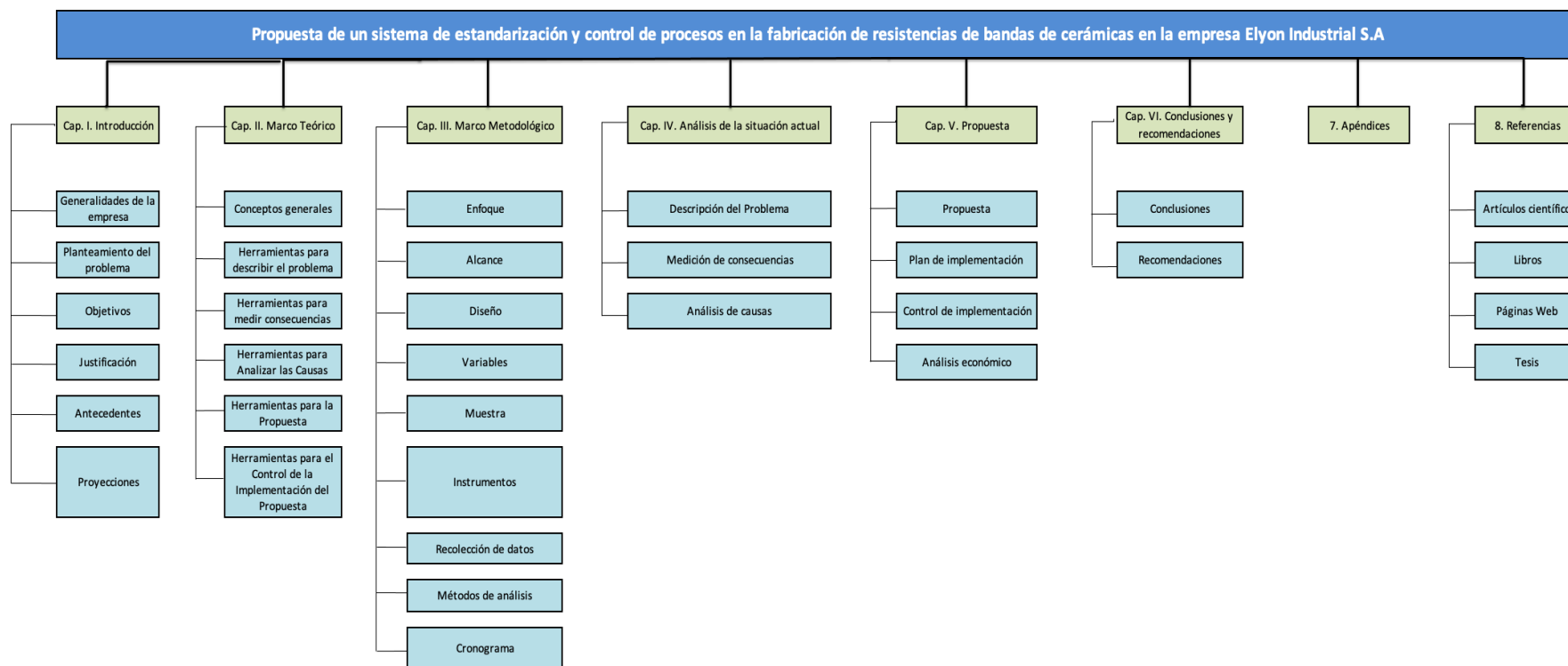
Mediante la estructuración temporal de las actividades, el cronograma permite identificar las fases críticas del proceso investigativo, tales como la revisión teórica, el diseño metodológico, la recolección de datos, el análisis de resultados y la formulación de la propuesta de estandarización. Asimismo, el cronograma facilita la coordinación entre las distintas etapas del estudio, asegurando que exista coherencia entre el diagnóstico del proceso productivo, la medición de las variables definidas y la formulación de recomendaciones técnicas.

Desde una perspectiva metodológica, la programación temporal permite garantizar que los procedimientos de recolección y análisis de datos se ejecuten dentro del período definido (enero–marzo 2026), evitando desviaciones que puedan afectar la validez del estudio. Además, el cronograma contribuye a mantener la trazabilidad entre los objetivos específicos y las actividades realizadas, fortaleciendo la coherencia interna del proyecto.

A continuación, se presenta el cronograma general de la investigación, en el cual se detallan las principales actividades, su duración estimada y su distribución temporal a lo largo del período de desarrollo del estudio.

A continuación, en la Figura 40 Desglose de Trabajo se detalla por sección la propuesta.

Figura 40 Desglose de Trabajo



Nota: Pablo Chacón Morúa

El cronograma constituye una herramienta esencial dentro de la planificación del proyecto de investigación, ya que permite organizar de manera temporal y secuencial cada una de las actividades necesarias para el cumplimiento de los objetivos planteados. A través de su estructuración, se logra visualizar con claridad las etapas del proceso investigativo, los tiempos estimados de ejecución y la relación lógica entre las distintas fases del estudio como se ve en la Figura 41 Cronograma de Actividades.

En investigaciones aplicadas como la presente, orientada al diseño de un sistema de estandarización y control del proceso productivo de resistencias de banda cerámica, resulta indispensable contar con una programación temporal que garantice coherencia entre el diagnóstico, el análisis de datos y la formulación de la propuesta técnica.

Figura 41 Cronograma de Actividades

Actividades	Cuatrimestre actual																	Próximo cuatrimestre																
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Entrega de formato																																		
Entega de referencias																																		
Entrega de Cap. I																																		
Entrega de Cap. II																																		
Entrega de Cap. III																																		
Entrega de correcciones																																		
Clase Taller																																		
Matricula																																		
Entrega de Cap IV																																		
Entrega de Cap V																																		
Entrega de Cap VI																																		
Entrega borrador																																		
Revisión lector																																		
Correcciones																																		
Defensas																																		

Nota: Pablo Chacón Morúa

CAPÍTULO IV ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN

El presente capítulo tiene como propósito desarrollar el análisis de la situación actual del proceso productivo del taller de fabricación de resistencias de banda cerámica de la empresa Elyon Industrial S.A., con el fin de identificar de manera estructurada las condiciones operativas bajo las cuales se ejecutan las actividades. Este análisis permite comprender cómo se están llevando a cabo los procesos en la práctica, evidenciando posibles desviaciones respecto a un sistema productivo organizado, estandarizado y controlado.

Para ello, se emplean herramientas propias de la ingeniería industrial que permiten representar, medir y analizar el comportamiento del proceso, facilitando una visualización clara de su funcionamiento. En primera instancia, se desarrollará la descripción del proceso productivo actual mediante la utilización de herramientas como el mapa de procesos y el diagrama de flujo, los cuales permiten identificar la secuencia de actividades, las áreas involucradas y la interacción entre los diferentes elementos del sistema.

Posteriormente, se abordará la medición de las consecuencias derivadas de la problemática identificada, utilizando herramientas cuantitativas que permitan evidenciar el impacto de la falta de estandarización y control en variables como tiempos de producción, disponibilidad de materia prima y continuidad del flujo operativo. Finalmente, se realizará el análisis de las causas que originan dichas deficiencias, con el objetivo de identificar los factores críticos que afectan el desempeño del proceso productivo.

Este capítulo constituye una base fundamental para el desarrollo de la propuesta planteada en la investigación, ya que permite sustentar técnicamente las decisiones de mejora a partir de la situación real del sistema analizado.

Descripción Del Problema

Para comprender de manera clara la problemática identificada en el taller de fabricación de resistencias de banda cerámica de la empresa Elyon Industrial S.A., resulta necesario analizar cómo se ejecuta actualmente el proceso productivo en condiciones reales. Esta etapa se enfoca en describir el flujo de trabajo tal como ocurre en la operación diaria, sin aplicar aún mejoras o modificaciones, con el fin de identificar puntos críticos, desorden operativo y posibles fallas en la coordinación del sistema.

Actualmente, el proceso productivo se desarrolla de manera poco estructurada, caracterizado por la ausencia de procedimientos estandarizados, una débil planificación de materiales y una alta dependencia del conocimiento empírico del personal. Esto provoca que las actividades no sigan una secuencia claramente definida, generando variabilidad en la ejecución de las órdenes de producción y dificultades en el control del proceso. Asimismo, se identifican deficiencias en la integración entre las áreas de compras, bodega y producción, lo que ocasiona interrupciones en el flujo de trabajo debido a faltantes de materia prima, compras de emergencia y tiempos de espera no planificados. Estas condiciones afectan directamente la continuidad operativa del taller y limitan la capacidad de respuesta ante los requerimientos del cliente.

Con el fin de representar de manera estructurada esta situación, se procede a utilizar herramientas como el mapa de procesos y el diagrama de flujo, los cuales permiten visualizar el funcionamiento actual del sistema productivo, identificar las relaciones entre las diferentes actividades y evidenciar las principales deficiencias operativas que afectan el desempeño del proceso.

Diagrama de Pareto de ingresos por producto

Con el fin de contextualizar la relevancia económica del proceso analizado dentro de la operación general del taller, se realizó un análisis de ingresos por tipo de producto fabricado durante el período del 5 de enero al 27 de marzo de 2026. El taller de Elyon Industrial S.A. produce cuatro tipos de productos: resistencia cerámica de banda, resistencia mica, cartucho calefactor y termocupla. Para determinar el ingreso generado por cada uno se multiplicó la cantidad de unidades producidas por el precio de venta unitario de cada producto, ordenando los resultados de mayor a menor para identificar cuál concentra el mayor aporte económico. En la Tabla 6 Ingresos por tipo de productos se presentan los resultados obtenidos.

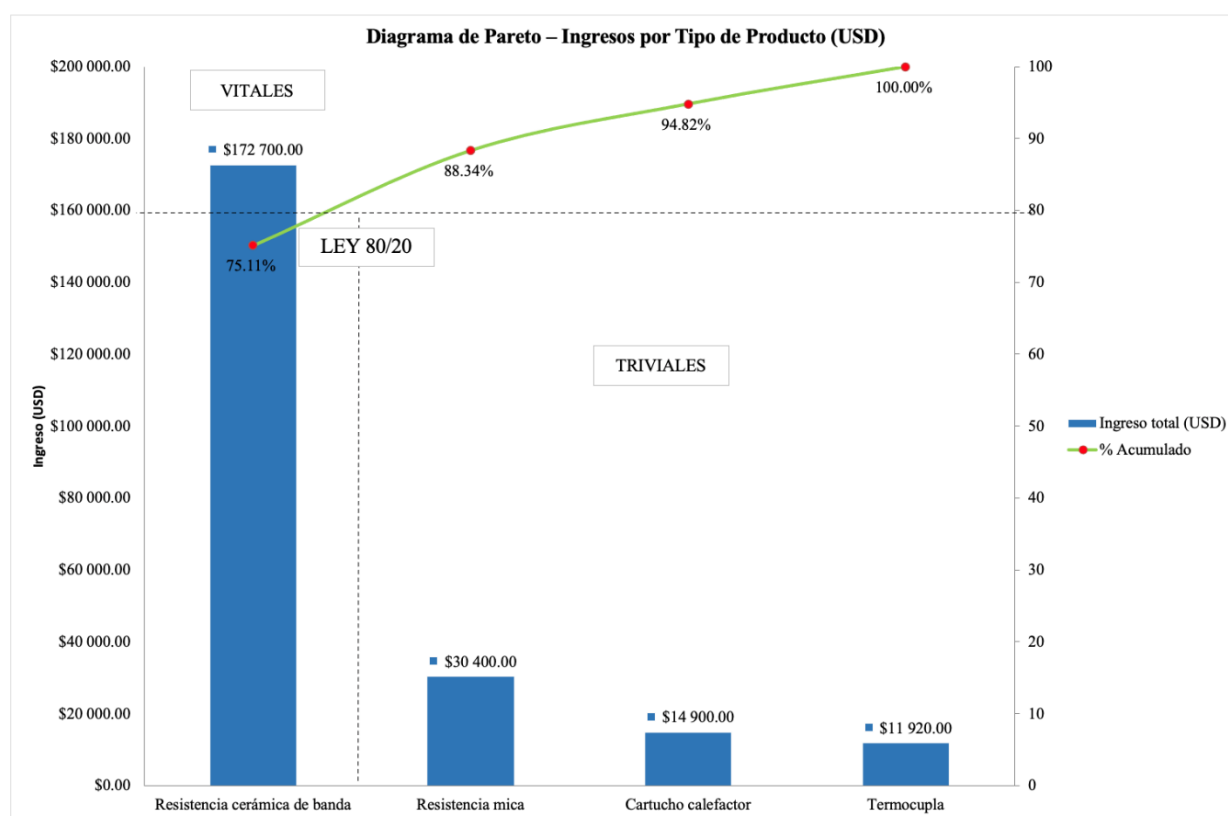
Tabla 6 Ingresos por tipo de productos

Producto	Unidades	Ingreso total (USD)	% Relativo	% Acumulado
Resistencia cerámica de banda	157	\$172 700.00	75.11%	75.11%
Resistencia mica	152	\$30 400.00	13.22%	88.34%
Cartucho calefactor	149	\$14 900.00	6.48%	94.82%
Termocupla	149	\$11 920.00	5.18%	100.00%
Total	607	\$229 920.00		

Nota: Pablo Chacón Morúa

Como se observa en Tabla 6 Ingresos por tipo de productos, la resistencia cerámica de banda generó ingresos por \$172,700 USD durante el período analizado, equivalente al 75.12% del ingreso total del taller de \$229,920 USD. Los tres productos restantes resistencia mica, cartucho calefactor y termocupla en conjunto representan apenas el 24.88% restante. Este resultado confirma el principio de Pareto aplicado a la cartera de productos del taller y justifica la selección de la resistencia cerámica de banda como objeto central de la presente investigación, ya que una mejora en la eficiencia de su proceso productivo tendría el mayor impacto posible sobre los resultados operativos y económicos de Elyon Industrial S.A. En el Figura 42 Ingresos por tipo de productos (USD) se visualiza esta distribución.

Figura 42 Ingresos por tipo de productos (USD)



Nota: Tabla 6 Ingresos por tipo de productos

Como se observa en la Tabla Figura 42 Ingresos por tipo de productos (USD), la resistencia cerámica de banda generó ingresos por \$172,700 USD durante el período analizado, equivalente al 75.12% del ingreso total del taller de \$229,920 USD. Los tres productos restantes resistencia mica, cartucho calefactor y termocupla en conjunto representan apenas el 24.88% restante. Este resultado

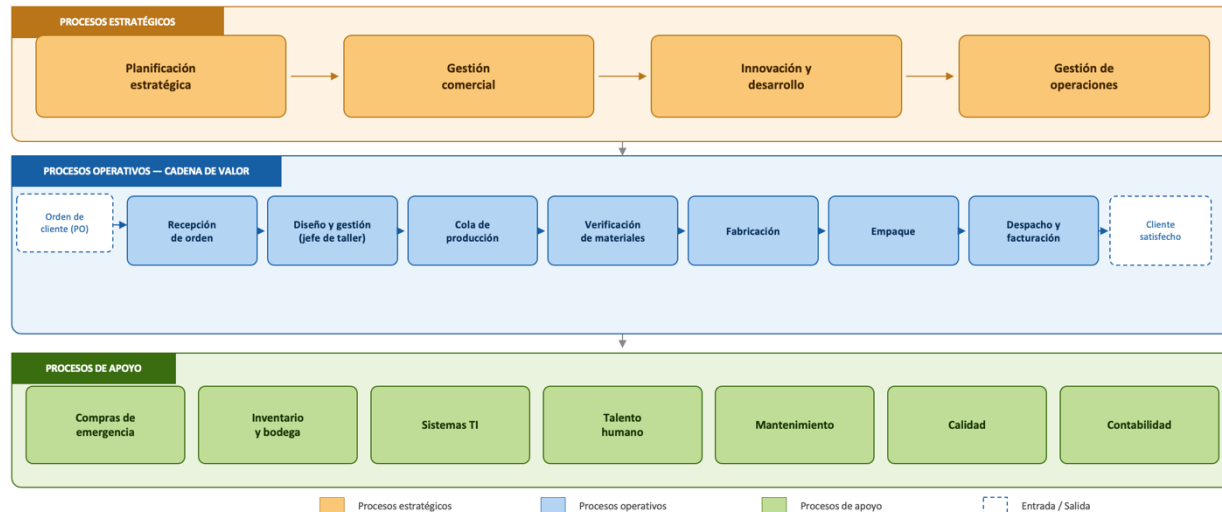
confirma el principio de Pareto aplicado a la cartera de productos del taller y justifica la selección de la resistencia cerámica de banda como objeto central de la presente investigación, ya que una mejora en la eficiencia de su proceso productivo tendría el mayor impacto posible sobre los resultados operativos y económicos de Elyon Industrial S.A. En la Figura 42 Ingresos por tipo de productos (USD) se visualiza esta distribución.

Mapa de procesos

Con el fin de comprender de manera general la estructura del sistema productivo del taller de fabricación de resistencias de banda cerámica de la empresa Elyon Industrial S.A., se procede a desarrollar un mapa de procesos que permite visualizar la interacción entre los procesos estratégicos, operativos y de apoyo. Esta herramienta facilita identificar cómo fluye la información y los materiales dentro de la organización, así como la relación existente entre las distintas áreas involucradas en la ejecución de las órdenes de producción.

El proceso inicia a partir de la recepción de una orden de venta (PO), la cual es registrada en el sistema Monday y posteriormente trasladada al área de producción para su diseño y ejecución. A lo largo del flujo, intervienen diferentes etapas que van desde la planificación operativa hasta la entrega final del producto al cliente. Sin embargo, durante este recorrido se evidencian puntos críticos relacionados con la falta de integración entre procesos, la dependencia de decisiones centralizadas y la ausencia de un sistema estructurado para la gestión de materiales.

En la Figura 43 Mapa de procesos - Situación actual se presenta el mapa de procesos correspondiente al sistema productivo actual, el cual permite identificar de manera global las principales etapas del proceso, así como las áreas que participan en su desarrollo.

Figura 43 Mapa de procesos - Situación actual

Nota: Pablo Chacón Morúa

A partir del mapa de procesos presentado, se puede entender de forma general cómo funciona el sistema productivo del taller de fabricación de resistencias de banda cerámica de la empresa Elyon Industrial S.A., así como la relación entre las áreas que intervienen en la ejecución de las órdenes de producción. El proceso inicia desde el área de ventas, donde una vez concretada la orden del cliente (PO), esta se registra en el sistema Monday para darle seguimiento dentro de la operación.

Posteriormente, la orden pasa al área de producción, donde el jefe de taller se encarga tanto del diseño de la resistencia como de la gestión operativa del proceso. Aquí se identifica un punto importante, ya que existe una alta dependencia de una sola persona para funciones clave, lo que puede generar atrasos o cuellos de botella dentro del sistema.

Una vez que el diseño está listo, la orden se coloca en una cola de producción, donde espera su turno para ser ejecutada. En esta etapa no se observa una planificación estructurada, por lo que el orden de producción puede variar dependiendo de prioridades o urgencias, generando variabilidad en los tiempos y dificultad para estimar entregas.

Además, la verificación de materiales no se realiza de forma anticipada, sino que ocurre durante el proceso, lo que provoca que, en caso de faltantes, se tengan que realizar compras de emergencia mediante comunicación informal, como el uso de WhatsApp. Esto impacta directamente en los costos y genera interrupciones en la producción.

Finalmente, una vez que el producto es fabricado, se procede con el empaque, su traslado al área de entregas y el registro en el sistema de bodega, lo que permite al área de ventas gestionar la facturación correspondiente. Sin embargo, la falta de integración entre las áreas y la ausencia de controles formales afectan la continuidad del proceso en general.

En este sentido, el mapa de procesos permite visualizar no solo el flujo de actividades, sino también identificar de manera clara las principales debilidades del sistema productivo, las cuales serán analizadas con mayor detalle en las siguientes secciones del capítulo.

Diagrama de flujo

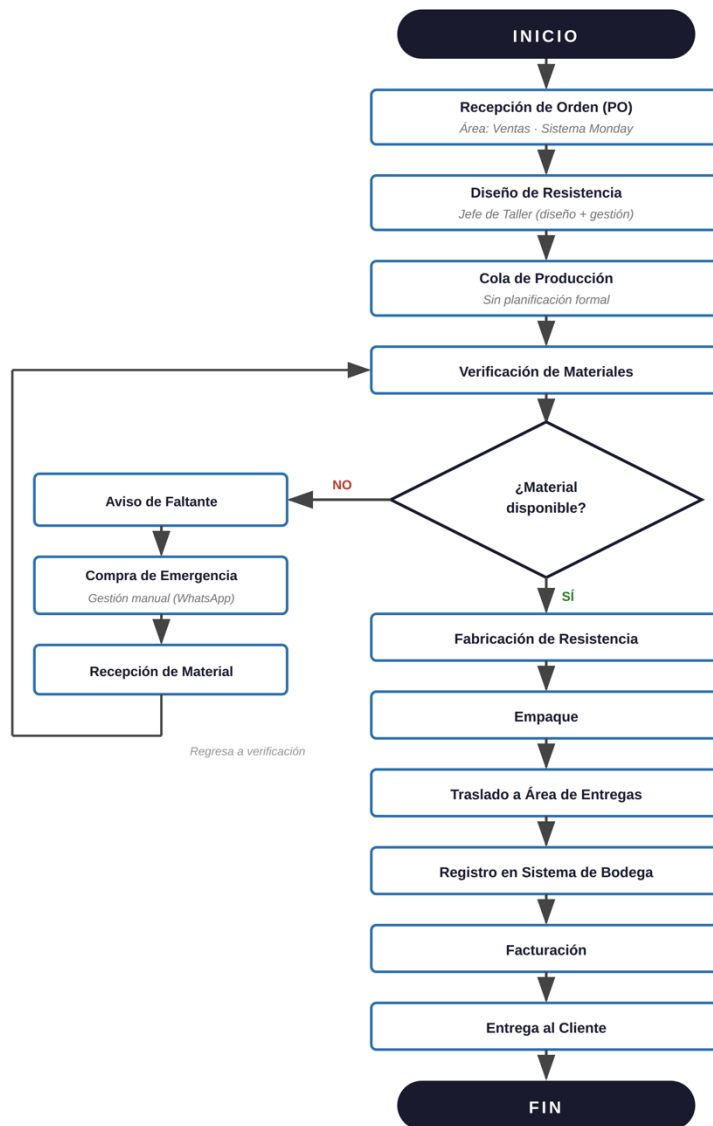
Con el fin de analizar de manera más detallada el funcionamiento del proceso productivo del taller de fabricación de resistencias de banda cerámica de la empresa Elyon Industrial S.A., se procede a desarrollar el diagrama de flujo correspondiente a la situación actual. A diferencia del mapa de procesos, esta herramienta permite representar de forma secuencial y específica cada una de las actividades que conforman la ejecución de una orden de producción, así como los puntos de decisión, esperas y posibles interrupciones dentro del sistema.

El flujograma se construye con base en la operación real del taller, considerando desde la recepción de la orden de producción hasta la entrega final del producto. Esto permite visualizar con mayor precisión cómo se ejecutan las actividades en la práctica, evidenciando la ausencia de estandarización, la dependencia de decisiones operativas y las deficiencias en la gestión de materiales.

Adicionalmente, el uso de esta herramienta facilita la identificación de cuellos de botella y puntos críticos dentro del proceso, los cuales no siempre son evidentes en una representación general. En este caso, permite observar cómo ciertas decisiones, como la disponibilidad de materiales, afectan directamente la continuidad del flujo productivo. Asimismo, se logra evidenciar la existencia de actividades que generan tiempos de espera o reprocesos, lo que impacta en la eficiencia general del sistema. De igual forma, el flujograma permite entender la interacción entre las diferentes áreas involucradas, como ventas, producción y bodega, mostrando cómo la falta de coordinación entre estas puede generar interrupciones o retrasos en la ejecución de las órdenes. Esto refuerza la importancia de contar con un sistema integrado que permita una mejor gestión de la información y los recursos. En la Figura 44 Flujograma del proceso productivo se presenta el diagrama de flujo del proceso productivo actual.

Figura 44 Flujograma del proceso productivo

FLUJOGRAMA DEL PROCESO PRODUCTIVO — ELYON INDUSTRIAL S.A.
 Fabricación de Resistencias de Banda Cerámica · Simbología ANSI



Nota: Pablo Chacón Morúa

A partir del diagrama de flujo presentado, se puede observar con mayor claridad cómo se ejecuta el proceso productivo en la práctica dentro del taller de fabricación de resistencias de banda cerámica de la empresa Elyon Industrial S.A. A diferencia del mapa de procesos, este flujograma permite identificar de forma más específica la secuencia de actividades, los puntos de decisión y las interrupciones que se presentan durante la ejecución de una orden de producción.

En primer lugar, se evidencia que el proceso depende directamente del jefe de taller, quien no solo realiza el diseño de la resistencia, sino que también participa en la gestión operativa. Esta situación genera una alta centralización de funciones, lo cual puede provocar atrasos en el flujo de trabajo cuando existe una alta carga de órdenes. Asimismo, se observa que las órdenes ingresan a una cola de producción sin un sistema formal de planificación, lo que implica que el orden de ejecución puede variar dependiendo de prioridades o urgencias. Esto genera tiempos de espera variables y dificulta el control sobre la programación de la producción.

Uno de los puntos más críticos identificados es la verificación de materiales, ya que esta se realiza en una etapa avanzada del proceso. En caso de no contar con los materiales necesarios, el flujo se interrumpe y se deben realizar compras de emergencia mediante gestión manual, lo cual implica mayores costos y atrasos en la producción. Además, el proceso debe retroceder hasta que se disponga del material, afectando la continuidad operativa.

En general, el flujograma permite evidenciar que el proceso productivo no se encuentra estandarizado y presenta una gestión reactiva, especialmente en lo relacionado con la planificación y el abastecimiento de materiales. Estas condiciones impactan directamente en la eficiencia del sistema y en el cumplimiento de las órdenes de producción, lo cual se analizará con mayor detalle en las siguientes secciones del capítulo.

SIPOC

Con el fin de complementar el análisis del proceso productivo y entender mejor cómo interactúan los diferentes elementos del sistema, se utiliza la herramienta SIPOC, la cual permite identificar de forma estructurada los proveedores (Suppliers), entradas (Inputs), proceso (Process), salidas (Outputs) y clientes (Customers) involucrados en la fabricación de resistencias de banda cerámica.

Esta herramienta resulta útil para visualizar de manera resumida cómo fluye la información y los materiales desde el origen hasta la entrega del producto final, permitiendo identificar posibles debilidades en la relación entre las áreas involucradas. En el caso del proceso analizado, el SIPOC permite evidenciar aspectos clave como la dependencia de proveedores para la disponibilidad de materiales, la falta de integración entre áreas y la influencia directa que tienen las entradas del sistema sobre el desempeño del proceso productivo.

Además, el análisis SIPOC facilita ubicar con mayor claridad en qué punto se generan los principales problemas del proceso, especialmente en lo relacionado con la gestión de materiales y la coordinación entre ventas, producción y compras. Esto permite establecer una base más estructurada para el análisis posterior de las causas y la propuesta de mejora. En la Tabla 7 SIPOC se presenta el diagrama SIPOC correspondiente al proceso productivo actual.

Tabla 7 SIPOC

DIAGRAMA SIPOC — PROCESO PRODUCTIVO DEL TALLER DE RESISTENCIAS CERÁMICAS				
SUPPLIERS	INPUTS	PROCESS	OUTPUTS	CUSTOMERS
• Cliente externo • Área de Ventas	• Orden de compra (PO) • Especificaciones técnicas del cliente • Registro en sistema Monday	1. Recepción y registro de la orden (PO) 2. Diseño de la resistencia por el Jefe de Taller 3. Ingreso a cola de producción Nota: El Jefe de Taller concentra el diseño y la gestión operativa. No existe planificación formal de la producción, generando una gestión basada en cola de trabajo	• Orden registrada en sistema • Especificación de diseño definida • Orden en cola de producción	• Jefe de Taller • Área de Producción
• Bodega interna • Proveedores externos (locales)	• Inventario de materia prima • Requisición de materiales • Gestión de compra de emergencia	1. Verificación de disponibilidad de materiales 2. Si hay faltante: compra de emergencia (gestión manual vía WhatsApp) 3. Recepción e ingreso del material Verificación tardía. Compras reactivas sin proveedores homologados ni niveles mínimos de inventario definidos	• Materiales disponibles para producción • Registro de entrada en bodega	• Área de Producción • Jefe de Taller
• Bodega de materiales • Jefe de Taller	• Materia prima verificada • Especificación de diseño • Instrucción de fabricación	1. Fabricación de la resistencia de banda cerámica 2. Control visual / verificación de producto 3. Empaque del producto terminado	• Resistencia fabricada y empacada • Producto terminado listo para despacho	• Área de Bodega • Área de Despacho
• Área de Producción • Área de Ventas • Sistema de bodega	• Producto terminado empacado • Orden de despacho • Datos para facturación	1. Traslado al área de entregas 2. Registro en sistema de bodega 3. Facturación 4. Entrega al cliente	• Producto entregado al cliente • Factura emitida • Registro de salida en sistema	• Cliente externo • Área de Contabilidad

Nota: Pablo Chacón Morúa

A partir del SIPOC presentado, se logra visualizar de forma estructurada cómo interactúan los diferentes elementos que conforman el proceso productivo del taller de fabricación de resistencias de banda cerámica de la empresa Elyon Industrial S.A. Esta herramienta permite entender no solo las actividades del proceso, sino también la relación entre los proveedores, las entradas requeridas, las salidas generadas y los clientes involucrados en cada etapa. En primer lugar, se identifica que el proceso inicia a partir de la información proveniente del cliente y del área de ventas, lo cual define tanto las especificaciones técnicas como la orden de producción. A partir de estas entradas, el jefe de taller asume un rol central al encargarse del diseño y la gestión operativa, evidenciando una alta dependencia en un único recurso para funciones clave dentro del sistema.

Asimismo, el SIPOC permite evidenciar que la disponibilidad de materia prima es un factor crítico dentro del proceso, ya que su verificación se realiza en una etapa posterior al diseño y al ingreso a la cola de producción. Esto provoca que, en caso de faltantes, se deban realizar compras de emergencia mediante una gestión manual, lo cual introduce interrupciones en el flujo, incrementa los costos y afecta los tiempos de respuesta. Por otra parte, se observa una fuerte interrelación entre las áreas de bodega, producción y ventas, lo que implica que cualquier descoordinación en la información o en la gestión de recursos impacta directamente en las salidas del proceso, ya sea en la calidad del producto terminado o en el cumplimiento de las entregas al cliente.

En general, el SIPOC permite evidenciar que el proceso productivo no se encuentra completamente integrado ni estandarizado, presentando una gestión reactiva especialmente en lo relacionado con el abastecimiento de materiales. Esto refuerza la necesidad de implementar mecanismos de control y estandarización que permitan mejorar la eficiencia operativa y la confiabilidad del sistema.

FODA

Con el fin de complementar el análisis de la situación actual del proceso productivo, se utiliza la herramienta FODA, la cual permite identificar de manera estructurada los factores internos y externos que influyen en el desempeño del sistema. Esta herramienta facilita la evaluación de las fortalezas y debilidades a nivel interno, así como de las oportunidades y amenazas provenientes del entorno, permitiendo obtener una visión más completa del contexto en el que opera el proceso.

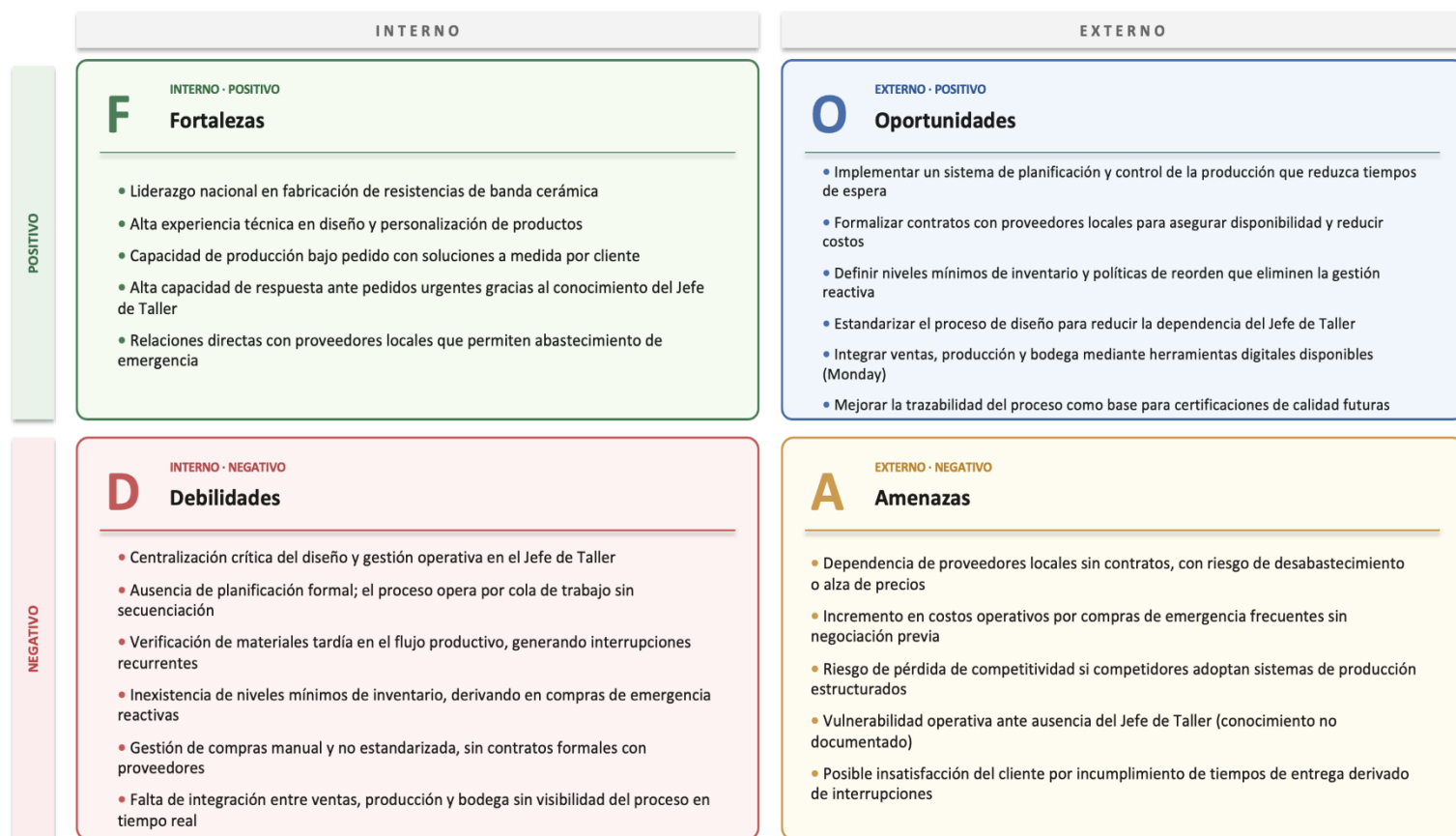
En el caso del taller de fabricación de resistencias de banda cerámica de la empresa Elyon Industrial S.A., el análisis FODA se enfoca en aspectos relacionados con la gestión operativa, la planificación

de la producción y el manejo de materiales, los cuales han sido identificados como factores clave dentro de la problemática del proceso.

A través de esta herramienta, se busca no solo describir la situación actual, sino también evidenciar de manera clara las áreas donde existen oportunidades de mejora y los riesgos que podrían afectar el desempeño del sistema productivo.

En la Figura 45 FODA presenta el análisis FODA correspondiente a la situación actual del proceso.

Figura 45 FODA



Nota: Pablo Chacón Morúa

A partir del análisis FODA presentado, se logra identificar que las principales limitaciones del proceso productivo se concentran en el ámbito interno, específicamente en la falta de planificación, la ausencia de estandarización y la gestión reactiva de los materiales. Estas debilidades impactan directamente en la eficiencia del sistema y en la capacidad de cumplimiento de las órdenes de producción.

Por otro lado, las fortalezas identificadas se relacionan principalmente con la experiencia técnica del personal y la flexibilidad del proceso, lo cual representa una base importante para la implementación de mejoras. Asimismo, las oportunidades evidencian el potencial de optimización mediante la incorporación de herramientas de control y planificación, mientras que las amenazas reflejan los riesgos asociados a la dependencia de proveedores y a la variabilidad en los costos de los insumos.

En general, el análisis FODA permite confirmar que existe una oportunidad clara de mejora en la gestión del proceso productivo, lo cual respalda la necesidad de diseñar un sistema de estandarización y control que permita mejorar el desempeño del taller.

Medición De Las Consecuencias

Para poder entender el impacto real que tiene la falta de estandarización en el taller de resistencias cerámicas de Elyon Industrial S.A., fue necesario aplicar una serie de herramientas de análisis que permitieran cuantificar las consecuencias del problema. No bastaba con describir la situación de forma general, sino que se requería evidencia concreta y medible que respaldara lo planteado en los capítulos anteriores. Por eso, en esta sección se presentan los resultados obtenidos a partir del Diagrama de Pareto, el análisis de la demanda y el estudio de tiempos, cada uno enfocado en una dimensión distinta del problema.

La selección de estas herramientas no fue al azar, sino que respondió directamente a los indicadores definidos en la Tabla 1 Variables y a los instrumentos establecidos en la Tabla 3 Instrumentos del Capítulo III. Los datos utilizados provienen de los registros históricos de producción, órdenes de trabajo y controles de inventario del taller, correspondientes al período comprendido entre el 5 de enero y el 27 de marzo de 2026, tal como se especificó en la metodología. De esta manera, los resultados que se presentan a continuación reflejan el comportamiento real del proceso durante ese período.

Diagrama de Pareto

El Diagrama de Pareto es una herramienta gráfica que permite identificar cuáles son las causas que generan la mayor cantidad de problemas dentro de un proceso, basándose en el principio de que el 80% de los efectos proviene del 20% de las causas. En este caso, se utilizó para clasificar y priorizar las causas de interrupción del proceso productivo registradas durante el período de estudio, con el fin de determinar cuáles representan el mayor impacto sobre el desempeño del taller. La

información utilizada para construir este diagrama se obtuvo de los registros históricos de producción y control de órdenes del área de resistencias cerámicas correspondientes al período 5 de enero al 27 de marzo de 2026, conforme con lo establecido en la Tabla 4 Recolección de Datos del Capítulo III.

Para la elaboración del Diagrama de Pareto se tomaron los registros de las 108 órdenes de producción de resistencias cerámicas del período en estudio y se identificó en cada una la causa de interrupción reportada. Una vez recopilada esa información, se procedió a agrupar las causas por categoría y contabilizar la frecuencia de ocurrencia de cada una. Posteriormente, los datos se ordenaron de mayor a menor frecuencia y se calculó el porcentaje relativo de cada causa con respecto al total de interrupciones registradas, así como el porcentaje acumulado. Con esos valores se construyó tanto la tabla de frecuencias como el gráfico combinado de barras y línea acumulada, utilizando Microsoft Excel como herramienta de procesamiento, tal como se definió en la Tabla 5 Análisis de los Datos del Capítulo III. Continuación se presenta en Tabla 8 Pareto Causas de Interrupciones de proceso la información sobre las interrupciones de proceso

Tabla 8 Pareto Causas de Interrupciones de proceso

Causa	Frecuencia	Porcentaje Relativo	Porcentaje Acumulado
Falta de materia prima - cerámica	35	32.41%	32.41%
Falta conocimiento operario	23	21.30%	53.70%
Cerámica no estandarizada en tamaño	15	13.89%	67.59%
Problema de bodega	12	11.11%	78.70%
Diseño centralizado	9	8.33%	87.04%
Falla máquina	7	6.48%	93.52%
Falla eléctrica	7	6.48%	100.00%
Total	108		

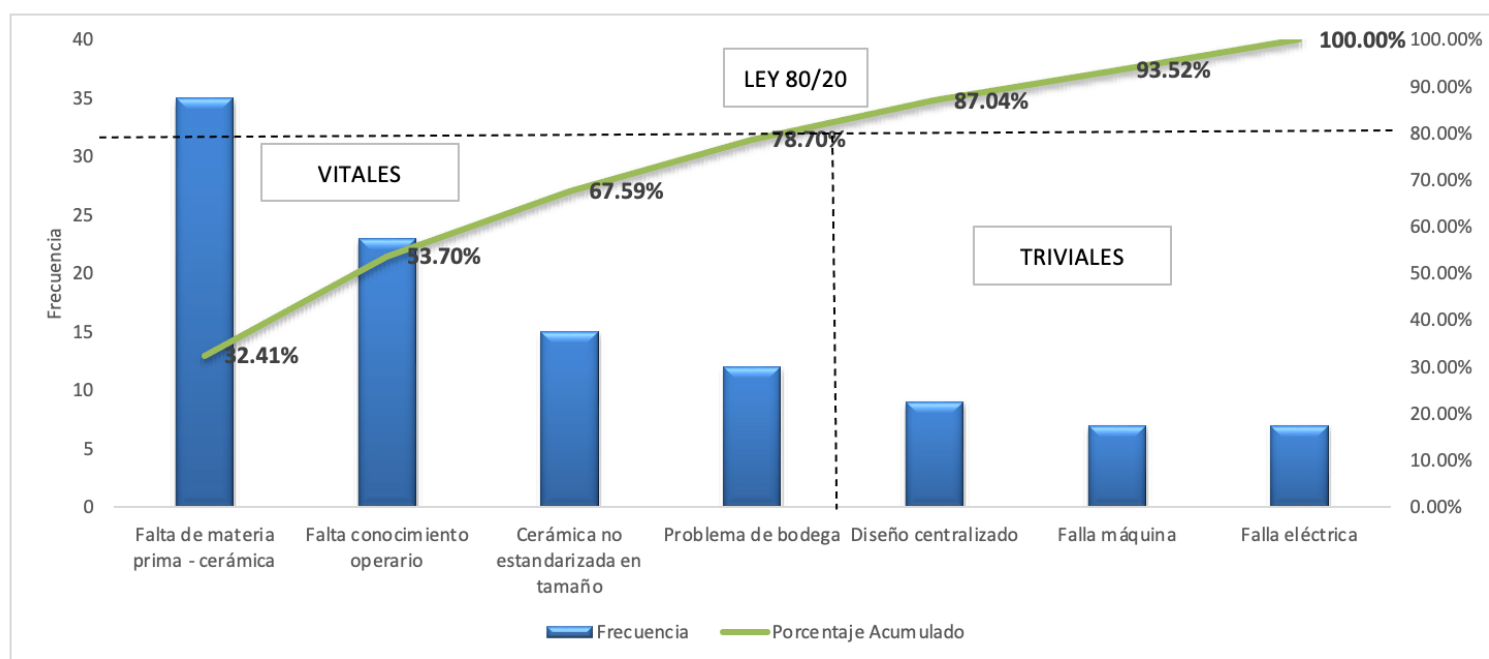
Nota: Pablo Chacón Morúa

Como se puede observar en la Tabla 8 Pareto Causas de Interrupciones de proceso y Figura 46 Diagrama de Pareto Causas de interrupción del proceso productivo, los resultados del análisis de Pareto revelan que de las siete causas identificadas, las primeras cuatro causas concentran el

78.70% del total de interrupciones registradas durante el período de estudio. La causa con mayor frecuencia de ocurrencia fue la falta de materia prima con 35 eventos, lo que representa el 32.41% del total, seguida por la falta de conocimiento del operario con 23 casos equivalentes al 21.30%. En conjunto, estas dos causas por sí solas explican más de la mitad de todas las interrupciones del proceso productivo, lo que evidencia una clara deficiencia en la planificación de materiales y en la estandarización de procedimientos operativos dentro del taller.

Las causas restantes, si bien presentan una frecuencia menor, refuerzan la misma conclusión. La cerámica no estandarizada en tamaño y los problemas de bodega suman un 25% adicional, completando el grupo de causas críticas que superan el umbral del 80% acumulado. Esto confirma que la mayor parte de las interrupciones que afectan el proceso de fabricación de resistencias de bandas cerámicas en Elyon Industrial S.A. tienen origen en factores controlables relacionados con la gestión de inventario, la capacitación del personal y la falta de especificaciones técnicas documentadas, aspectos que serán abordados directamente en la propuesta del Capítulo V.

Figura 46 Diagrama de Pareto Causas de interrupción del proceso productivo



Nota: Tabla 8 Pareto Causas de Interrupciones de proceso

A partir del análisis de los 108 registros de órdenes de producción de resistencias cerámicas, se identificaron un total de siete causas de interrupción del proceso. Como se puede observar en la Tabla 8 Pareto Causas de Interrupciones de proceso y Figura 46 Diagrama de Pareto Causas de

interrupción del proceso productivo, las primeras cuatro causas: falta de materia prima, falta de conocimiento del operario, cerámica no estandarizada en tamaño y problema de bodega concentran el 79% del total de interrupciones registradas, lo que confirma el principio de Pareto. Esto evidencia que la mayor parte de los problemas que afectan la continuidad del proceso productivo tienen origen en deficiencias de planificación, control de inventario y falta de procedimientos estandarizados, aspectos que precisamente constituyen el núcleo del problema de investigación planteado en el Capítulo I.

Análisis de la Demanda

Para determinar el comportamiento de la demanda durante el período de estudio, se analizaron los registros de las 108 órdenes de producción de resistencias cerámicas correspondientes al período comprendido entre el 5 de enero y el 27 de marzo de 2026, conforme a lo establecido en la Tabla 4 Recolección de Datos del Capítulo III. El análisis se centró en dos indicadores: la demanda promedio por orden y el porcentaje de atrasos en la entrega, los cuales permiten dimensionar el impacto que tiene la falta de planificación sobre la continuidad del proceso productivo.

En la Figura 47 Demanda promedio ,aplicando la fórmula de demanda promedio establecida en el Capítulo II, se obtuvo el siguiente resultado:

Figura 47 Demanda promedio

$$\frac{\sum_i^n = 1^{d_i}}{n} = \frac{157}{108} = 1.45 \text{ unidades por orden}$$

Nota: Pablo Chacón Morúa

El resultado fue de 1.45 unidades por orden, lo que evidencia que el taller enfrenta una demanda relativamente baja y constante durante el período analizado. Precisamente por eso resulta más grave que el proceso presente los niveles de interrupción documentados cuando el volumen es estable y manejable, las fallas operativas solo pueden atribuirse a la ausencia de planificación y estandarización formal dentro del taller.

Para el cálculo del porcentaje de atrasos se comparó la fecha de entrega programada contra la fecha real de cada orden, clasificando como atrasadas aquellas cuya entrega fue posterior a la fecha de compromiso. Los datos fueron extraídos de los registros de control de órdenes del período, conforme a la Tabla 4 Recolección de Datos del Capítulo III.

Figura 48 Porcentaje de Atrasos

$$\% \text{ Atrasos} = \frac{31}{108} \times 100 = 28.70\%$$

Nota: Pablo Chacón Morúa

El 28.70% de las órdenes no fue entregado en el tiempo comprometido, equivalente a 31 órdenes atrasadas de un total de 108. Este resultado confirma que las interrupciones identificadas en el Diagrama de Pareto tienen consecuencia directa sobre el cumplimiento al cliente, aspecto que será atendido en la propuesta del Capítulo V.

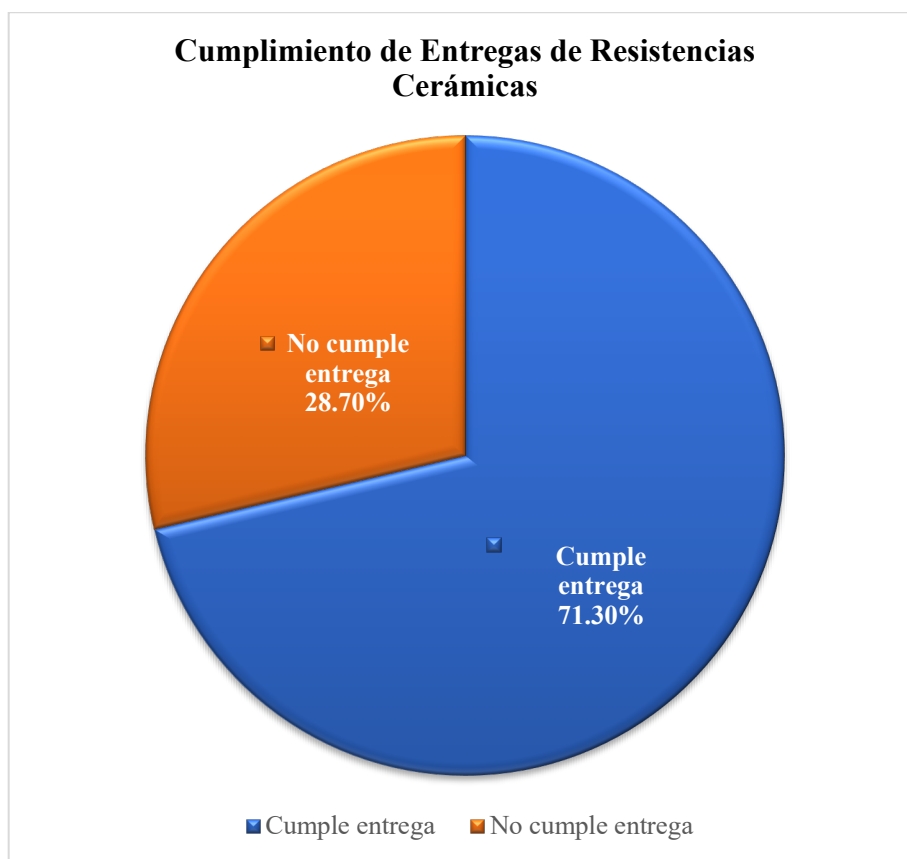
Con el fin de evaluar el nivel de cumplimiento en la entrega de órdenes de producción durante el período de estudio, se revisaron los registros de control de órdenes del área de resistencias cerámicas correspondientes al período del 5 de enero al 27 de marzo de 2026, conforme a lo establecido en la Tabla 4 Recolección de Datos del Capítulo III. Para cada orden se comparó la fecha de entrega comprometida con la fecha de entrega real, clasificándola como cumplida o no cumplida según correspondiera. Los resultados se presentan en la Tabla 9 Estado por cumplimiento de entrega y la Figura 49 Cumplimiento de entregas de resistencias de cerámica a continuación.

Tabla 9 Estado por cumplimiento de entrega

Estado	Cantidad	% del Total
Cumple entrega	77	71.30%
No cumple entrega	31	28.70%
Total	108	100.00%

Nota: Pablo Chacón Morúa

Como se puede observar, el 71.30% de las órdenes fue entregado dentro del plazo comprometido, mientras que el 28.70% restante equivalente a 31 órdenes debido que presentó atrasos en su entrega. Este resultado evidencia que casi una de cada tres órdenes no logra cumplir con el tiempo de entrega establecido, lo cual tiene un impacto directo sobre la satisfacción del cliente y la confiabilidad del proceso productivo. Este indicador será retomado en el análisis de causas para identificar los factores que originan los incumplimientos registrados.

Figura 49 Cumplimiento de entregas de resistencias de cerámica

Nota: Tabla 09 Cumplimiento de entregas

Estudio de Tiempos

Con el objetivo de caracterizar el comportamiento del proceso productivo de resistencias cerámicas de banda durante el período de estudio, se aplicó un análisis estadístico descriptivo sobre los registros históricos de las 108 órdenes de producción correspondientes al período del 5 de enero al 27 de marzo de 2026, conforme a lo establecido en la Tabla 4 Recolección de Datos del Capítulo III. El análisis contempla el cálculo de los principales indicadores estadísticos (media, mediana, moda, desviación estándar y coeficiente de variación desglosados) por mes para identificar patrones de variabilidad a lo largo del período, así como el comportamiento de los defectos registrados durante la fabricación. Todos los cálculos fueron procesados en Microsoft Excel tal como se definió en la Tabla 5 Análisis de los Datos, y se presentan a continuación de forma detallada previo a las tablas y gráficos resumen.

Ciclo por el proceso de fabricación

Para el cálculo de los indicadores estadísticos se tomaron los registros de tiempo de ciclo de las 108 órdenes de producción de resistencias cerámicas del período de estudio, extraídos de los registros históricos de producción y control de órdenes del taller conforme a la Tabla 4 Recolección de Datos del Capítulo III. Las órdenes fueron clasificadas por mes de inicio de producción, resultando en 39 órdenes correspondientes a enero, 40 a febrero y 29 a marzo de 2026. A partir de esos conjuntos de datos se calcularon de forma independiente los indicadores estadísticos de cada mes, los cuales se presentan a continuación.

En la Figura 50 Media de tiempo de ciclo de Enero se observa que para el mes de enero se contó con un total de 39 órdenes de producción. La media del tiempo de ciclo se calculó sumando todos los tiempos registrados y dividiéndolos entre el número de órdenes del mes:

Figura 50 Media de tiempo de ciclo de Enero

$$\bar{x}_{\text{Ene}} = \frac{\sum_i^{39} 1^{xi}}{39} = \frac{522.30}{39} = 13.39 \text{ horas}$$

Nota: Pablo Chacón Morúa

En la Figura 51 Mediana de tiempos de ciclo Enero se observa que la mediana representa el valor central del conjunto de datos una vez ordenados de menor a mayor, obteniendo:

Figura 51 Mediana de tiempos de ciclo Enero

$$Me_{\text{Ene}} = 13.28 \text{ horas}$$

Nota: Pablo Chacón Morúa

En la Figura 52 Moda de tiempo de ciclo Ene se observa que la moda corresponde al valor que se repite con mayor frecuencia dentro del conjunto de tiempos registrados en el mes:

Figura 52 Moda de tiempo de ciclo Enero

$$Mo_{\text{Ene}} = 11.70 \text{ horas}$$

Nota: Pablo Chacón Morúa

En la Figura 53 Desviación estándar de tiempo de ciclo Enero se observa que la desviación estándar mide la dispersión de los tiempos de ciclo respecto a la media, indicando qué tan consistente fue el proceso durante enero:

Figura 53 Desviación estándar de tiempo de ciclo Enero

$$\sigma_{\text{Ene}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{39} (x_i - \bar{x})^2}{38}} = 1.26 \text{ horas}$$

Nota: Pablo Chacón Morúa

En la Figura 54 Coeficiente de variación enero se observa que finalmente, el coeficiente de variación expresa esa dispersión como porcentaje de la media, facilitando la comparación entre meses:

Figura 54 Coeficiente de variación enero

$$CV_{\text{Ene}} = \frac{\sigma}{\bar{x}} \times 100 = \frac{1.26}{13.39} \times 100 = 9.43\%$$

Nota: Pablo Chacón Morúa

En la Figura 55 Media de tiempo de ciclo febrero se observa que para el mes de febrero se contó con 40 órdenes de producción, siendo el mes con mayor volumen del período analizado. La media del tiempo de ciclo fue la siguiente:

Figura 55 Media de tiempo de ciclo febrero

$$\bar{x}_{\text{Feb}} = \frac{\sum_{i=1}^{40} x_i}{40} = \frac{523.36}{40} = 13.08 \text{ horas}$$

Nota: Pablo Chacón Morúa

En la Figura 56 Mediana de tiempo de ciclo de Febrero se observa que el valor central del conjunto de tiempos registrados en febrero, una vez ordenados, fue:

Figura 56 Mediana de tiempo de ciclo de Febrero

$$Me_{Feb} = 12.90 \text{ horas}$$

Nota: Pablo Chacón Morúa

En la Figura 57 Moda de tiempo de ciclo se observa que el valor que se repitió con mayor frecuencia durante el mes de febrero fue:

Figura 57 Moda de tiempo de ciclo Febrero

$$Mo_{Feb} = 10.96 \text{ horas}$$

Nota: Pablo Chacón Morúa

En la Figura 58 Desviación Estándar de tiempo de ciclo Febrero se observa que la dispersión de los tiempos respecto a la media en febrero se expresa mediante la desviación estándar:

Figura 58 Desviación Estándar de tiempo de ciclo Febrero

$$\sigma_{Feb} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{40} (x_i - \bar{x})^2}{39}} = 1.20 \text{ horas}$$

Nota: Pablo Chacón Morúa

En la Figura 59 Coeficiente de variación de tiempo de ciclo Febrero se observa que el coeficiente de variación para febrero indica el nivel de inconsistencia del proceso respecto a su propio promedio mensual:

Figura 59 Coeficiente de variación de tiempo de ciclo Febrero

$$CV_{Feb} = \frac{\sigma}{\bar{x}} \times 100 = \frac{1.20}{13.08} \times 100 = 9.14\%$$

Nota: Pablo Chacón Morúa

En la Figura 60 Media de ciclo de tiempo Marzo se observa que para el mes de marzo se registraron 29 órdenes, siendo el mes con menor volumen del período. La media del tiempo de ciclo fue:

Figura 60 Media de ciclo de tiempo Marzo

$$\bar{x}_{\text{Mar}} \frac{\sum_{i=1}^{29} x_i}{29} = \frac{388.3}{29} = 13.24 \text{ horas}$$

Nota: Pablo Chacón Morúa

En la Figura 61 Mediana de tiempo de ciclo de febrero se observa que el valor central de los tiempos registrados en marzo fue:

Figura 61 Mediana de tiempo de ciclo de febrero

$$Me_{\text{Mar}} = 13.22 \text{ horas}$$

Nota: Pablo Chacón Morúa

En la Figura 62 Moda de tiempo de ciclo de marzo se observa que el valor con mayor frecuencia de aparición durante marzo fue:

Figura 62 Moda de tiempo de ciclo de marzo

$$Mo_{\text{Mar}} = 12.18 \text{ horas}$$

Nota: Pablo Chacón Morúa

En la Figura 63 Desviación estándar de tiempo de ciclo marzo se observa que la desviación estándar de marzo refleja una menor dispersión respecto a los meses anteriores, lo que podría interpretarse como una leve mejora en la consistencia del proceso:

Figura 63 Desviación estándar de tiempo de ciclo marzo

$$\sigma_{\text{Mar}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{29} (x_i - \bar{x})^2}{28}} = 1.10 \text{ horas}$$

Nota: Pablo Chacón Morúa

En la Figura 64 Coeficiente de variación de tiempo de ciclo marzo se observa que el coeficiente de variación para marzo fue el más bajo del período analizado, confirmando esa tendencia:

Figura 64 Coeficiente de variación de tiempo de ciclo marzo

$$CV_{\text{Mar}} = \frac{\sigma}{x} \times 100 = \frac{1.10}{13.24} \times 100 = 8.28\%$$

Nota: Pablo Chacón Morúa

Los resultados obtenidos en los tres meses evidencian que el tiempo de ciclo del proceso de fabricación de resistencias cerámicas se mantuvo consistentemente por encima de las 13 horas durante todo el período, sin mostrar una mejora significativa de mes a mes. Si bien el coeficiente de variación presenta una leve tendencia a la baja pasando de 9.43% en enero a 8.28% en marzo esta reducción no es suficiente para concluir que el proceso ganó estabilidad, ya que la desviación estándar se mantiene por encima de una hora en los tres meses. Esto indica que el proceso opera con un nivel de variabilidad sostenido que no responde a mejoras espontáneas sino a la ausencia de procedimientos estandarizados que garanticen tiempos de producción consistentes. En la Tabla 10 Resumen de los indicadores estadísticos se presenta el resumen de los indicadores estadísticos calculados para cada mes y el total del período.

Tabla 10 Resumen de los indicadores estadísticos

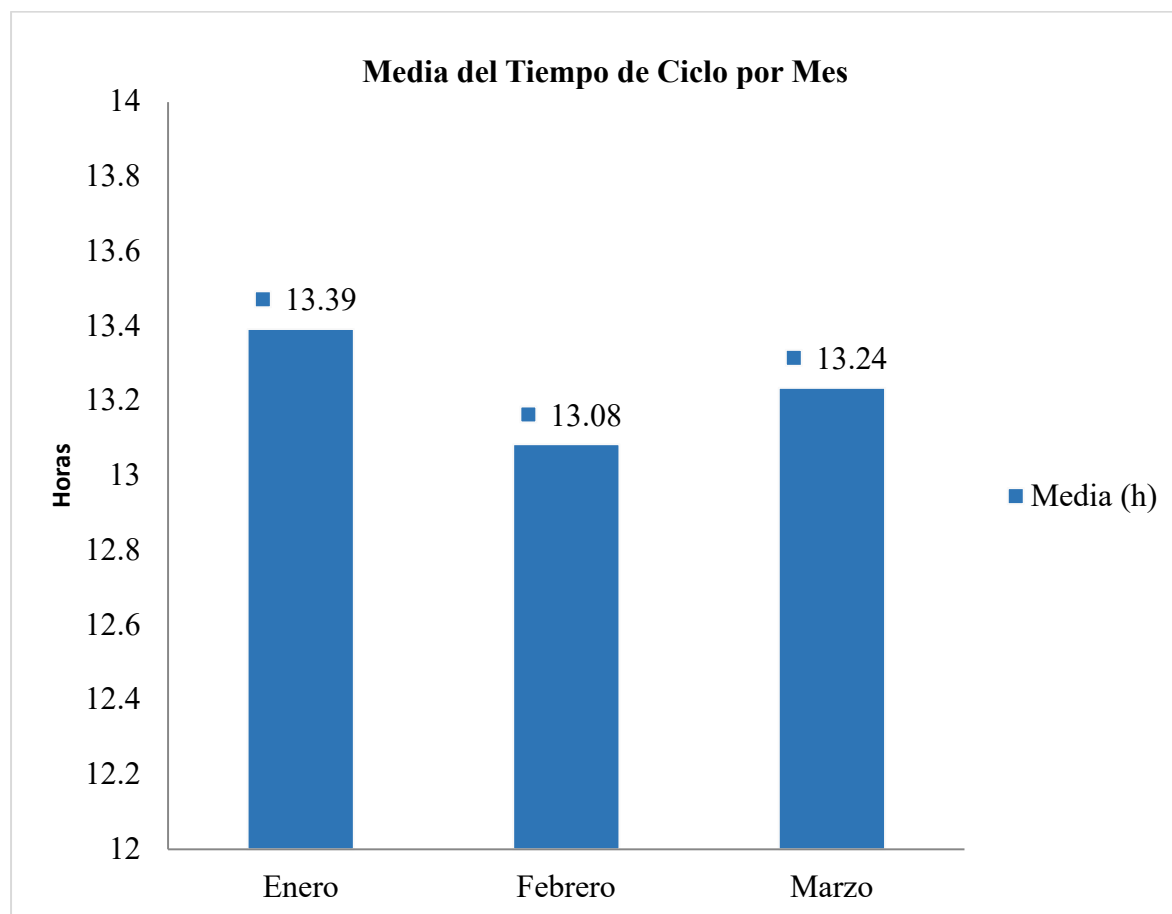
Indicador	Enero (n=39)	Febrero (n=40)	Marzo (n=29)	Total (n=108)
Media (horas)	13.39	13.08	13.24	13.24
Mediana (horas)	13.28	12.90	13.22	13.21
Moda (horas)	11.70	10.96	12.18	11.70
Desviación estándar (horas)	1.26	1.20	1.10	1.19
Coeficiente de variación (%)	9.43	9.14	8.28	9.00
Mínimo (horas)	11.16	10.96	11.20	10.96
Máximo (horas)	16.58	15.91	15.34	16.58

Nota: Pablo Chacón Morúa

Como se puede observar en el **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, la media del tiempo de ciclo se mantuvo entre 13.08 y 13.39 horas durante el período analizado, sin registrar

variaciones significativas entre meses, lo que evidencia que el proceso opera con un nivel de ineficiencia sostenido y no muestra señales de mejora espontánea.

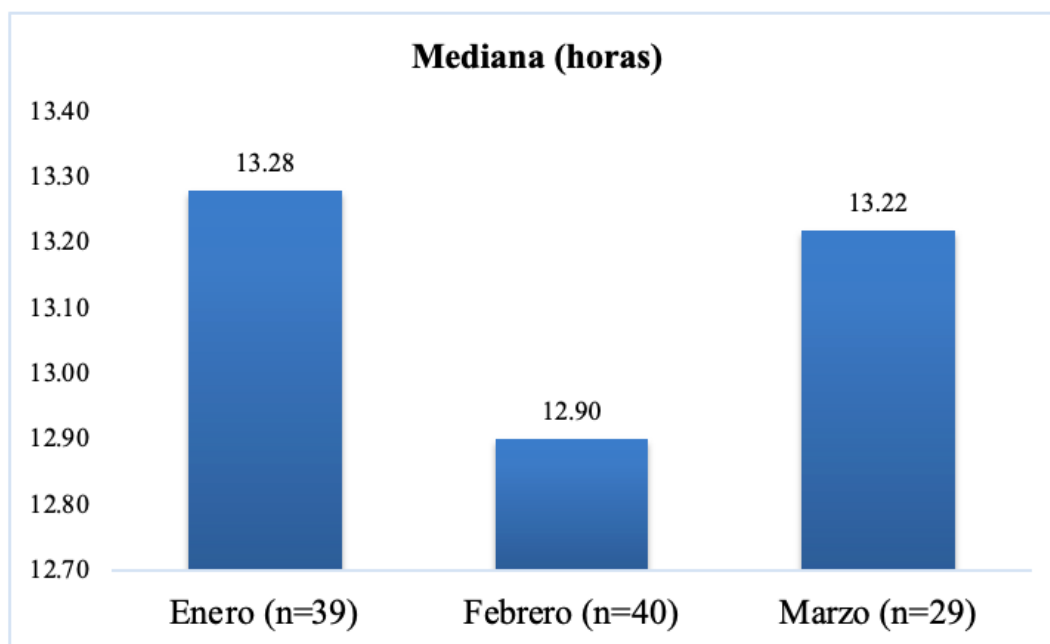
Figura 65 Gráfico de Media del tiempo de ciclo por mes



Nota: Pablo Chacón Morúa

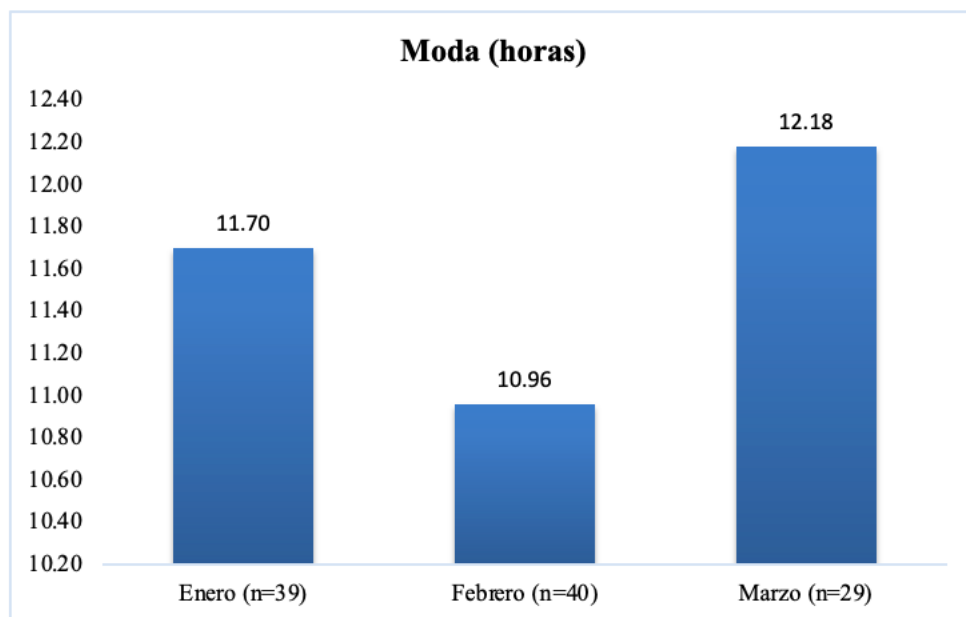
En la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** presenta la mediana por mes, cuyos valores oscilan entre 12.90 y 13.28 horas. La cercanía entre la media y la mediana en los tres meses indica que la distribución de los tiempos no presenta valores atípicos extremos, sino una variabilidad generalizada en todo el conjunto de órdenes.

Figura 66 Gráfico de la Mediana de horas por mes



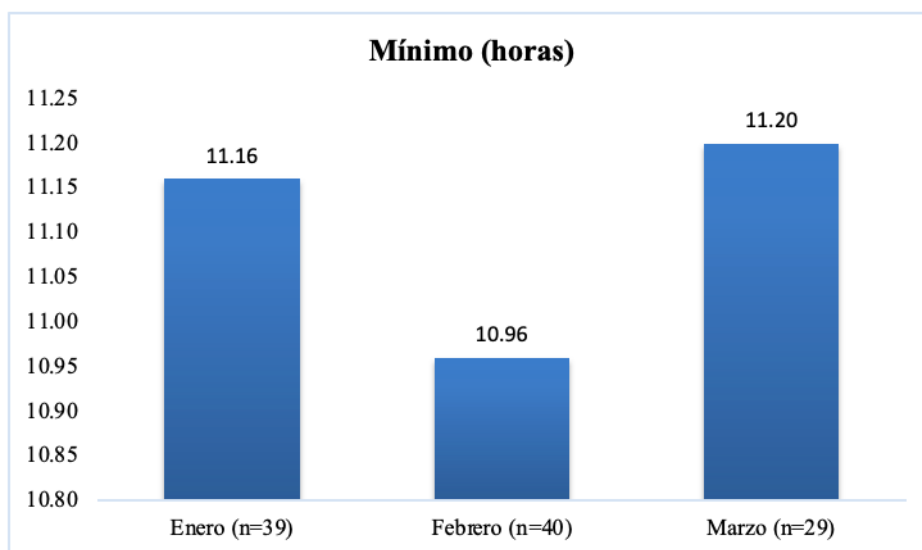
Nota: Pablo Chacón Morúa

En la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** se aprecia la moda por mes, que representa el tiempo de ciclo más frecuente en cada período. Los valores obtenidos 11.70 horas en enero, 10.96 en febrero y 12.18 en marzo son considerablemente menores a la media, lo que sugiere que existe un grupo de órdenes que se ejecutan en tiempos más cortos pero que conviven con otro grupo que eleva el promedio por encima de las 13 horas.

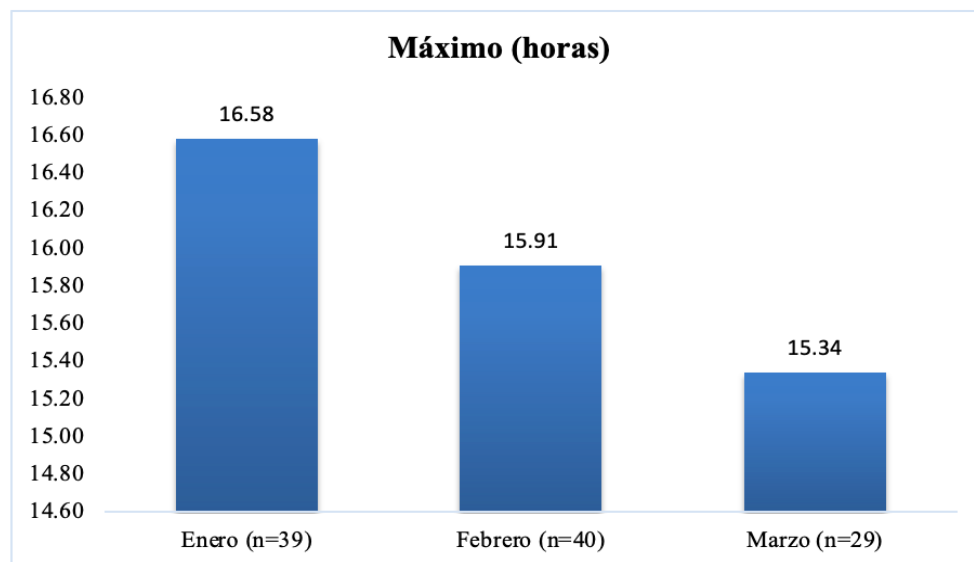
Figura 67 Gráfico Moda de tiempo por mes

Nota: Pablo Chacón Morúa

En la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** se presentan los tiempos mínimos registrados por mes, con valores de 11.16 horas en enero, 10.96 en febrero y 11.20 en marzo. Estos mínimos representan las condiciones más favorables de ejecución durante el período y sirven como referencia para identificar el potencial real del proceso cuando las condiciones son óptimas.

Figura 68 Gráfico de Mínimo de tiempo de ciclo por mes

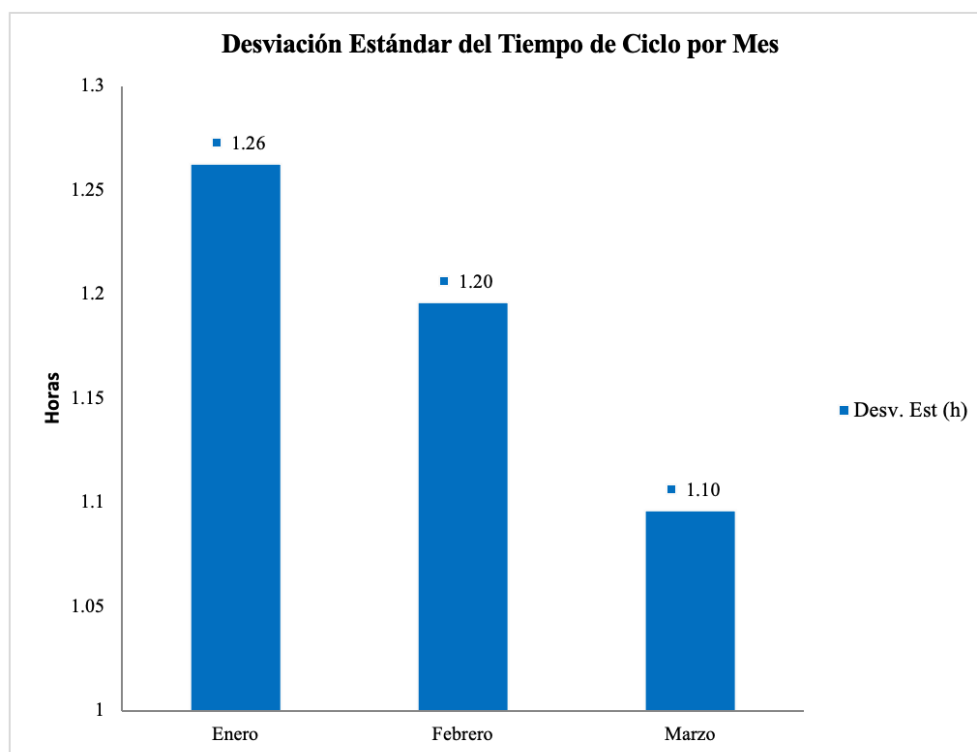
Nota: Pablo Chacón Morúa

Figura 69 Máximo de tiempo de ciclo por mes

Nota: Pablo Chacón Morúa

Finalmente, la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** muestra los tiempos máximos registrados por mes, con 16.58 horas en enero, 15.91 en febrero y 15.34 en marzo. La diferencia entre el mínimo y el máximo dentro de un mismo mes supera las 4 horas en todos los casos, lo que refleja una amplitud de variación inaceptable para un proceso que debería ser repetitivo y controlado.

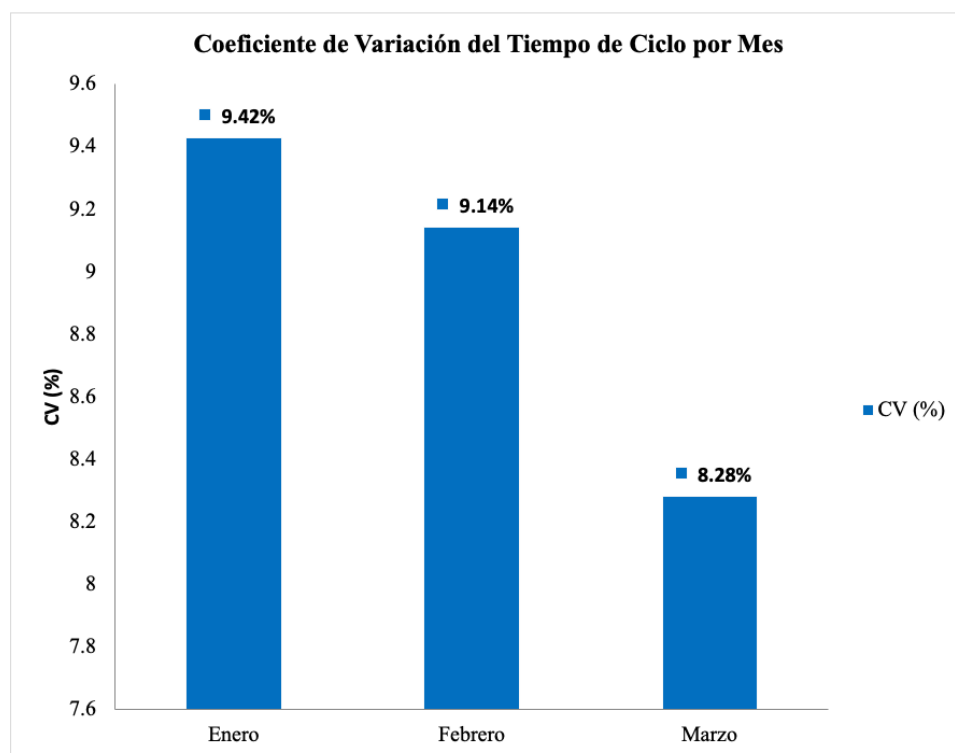
Figura 70 Gráfico Desviación Estándar del tiempo de ciclo por mes



Nota: Pablo Chacón Morúa

El **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** muestra la desviación estándar por mes. Aunque se observa una leve reducción de 1.26 horas en enero a 1.10 horas en marzo, los tres valores superan una hora de dispersión, lo que confirma que el proceso no opera bajo condiciones controladas en ninguno de los meses del período.

En la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** presenta el coeficiente de variación por mes, indicador que expresa la dispersión como porcentaje de la media y permite comparar la consistencia del proceso entre períodos. El CV pasó de 9.43% en enero a 8.28% en marzo, mostrando una tendencia decreciente leve que, sin embargo no es suficiente para afirmar estabilidad del proceso, ya que valores superiores al 5% en procesos repetitivos son indicativos de falta de estandarización.

Figura 71 Gráfico de Coeficiente de Variación de tiempo de ciclo por mes

Nota: Pablo Chacón Morúa

Medición de defectos

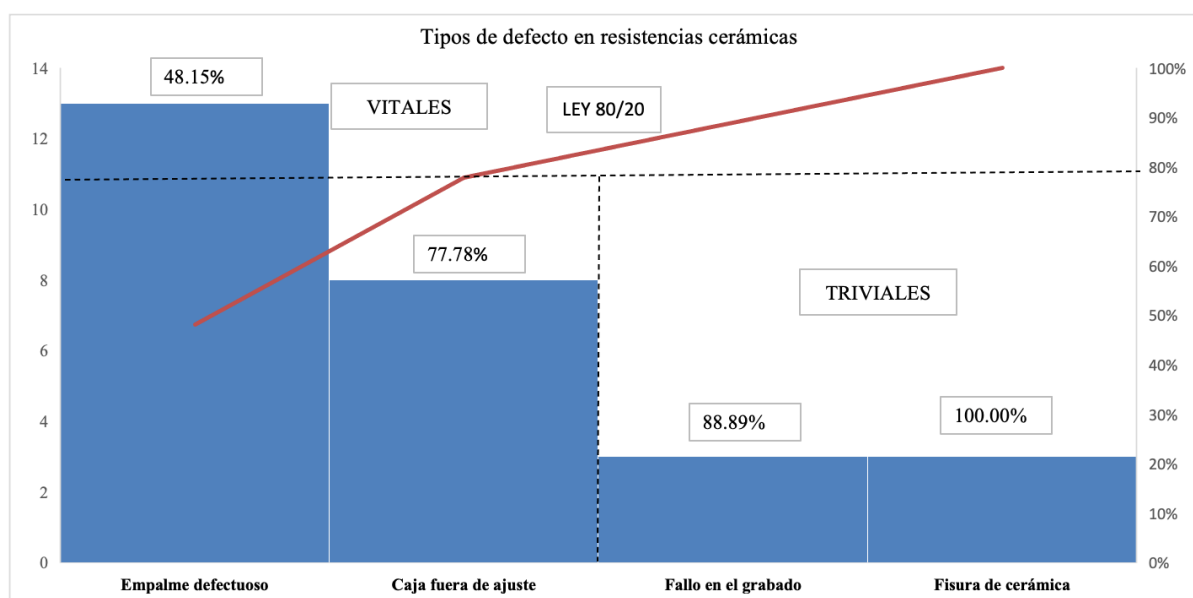
Para analizar el comportamiento de la calidad durante el proceso de fabricación, se identificaron y clasificaron los defectos registrados en las órdenes de producción del período de estudio. Del total de 108 órdenes analizadas, 27 presentaron algún tipo de defecto, equivalente al 25% de la producción total. Con el fin de priorizar las causas de mayor impacto, se aplicó el Diagrama de Pareto sobre los tipos de defecto registrados, ordenándolos de mayor a menor frecuencia y calculando el porcentaje acumulado, conforme a la metodología definida en el Capítulo III. En la Tabla 11 Tipos de defectos en el proceso de se pueden observar que los datos fueron extraídos de los registros históricos de producción del taller correspondientes al período del 5 de enero al 27 de marzo de 2026.

Tabla 11 Tipos de defectos en el proceso de fabricación

Tipo de defecto	Frecuencia	% Relativo	% Acumulado
Empalme defectuoso	13	48.15%	48.15%
Caja fuera de ajuste	8	29.63%	77.78%
Fallo en el grabado	3	11.11%	88.89%
Fisura de cerámica	3	11.11%	100.00%
Total	27	100%	

Nota: Pablo Chacón Morúa

Como se puede apreciar en la Tabla 11 Tipos de defectos en el proceso de , el empalme defectuoso y la caja fuera de ajuste concentran el 77.78% de los defectos registrados durante el período, confirmando el principio de Pareto. Ambos tipos de defecto están directamente relacionados con la ausencia de especificaciones técnicas documentadas y procedimientos estandarizados para el armado y ensamble de la resistencia, lo que refuerza el problema de investigación planteado en el Capítulo I. En la se puede visualizar esta concentración de forma más clara.

Figura 72 Gráfico de tipo de defectos en resistencias de cerámicas

Nota: Tabla 11 Tipos de defectos en el proceso de fabricación

Con el propósito de consolidar el impacto económico mensual de las interrupciones y las horas extra generadas durante el período de estudio, se elaboró la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** que resume ambos componentes de costo por mes. Los datos utilizados provienen

de los registros históricos de producción del área de resistencias cerámicas correspondientes al período del 5 de enero al 27 de marzo de 2026, procesados conforme con la metodología definida en el Capítulo III.

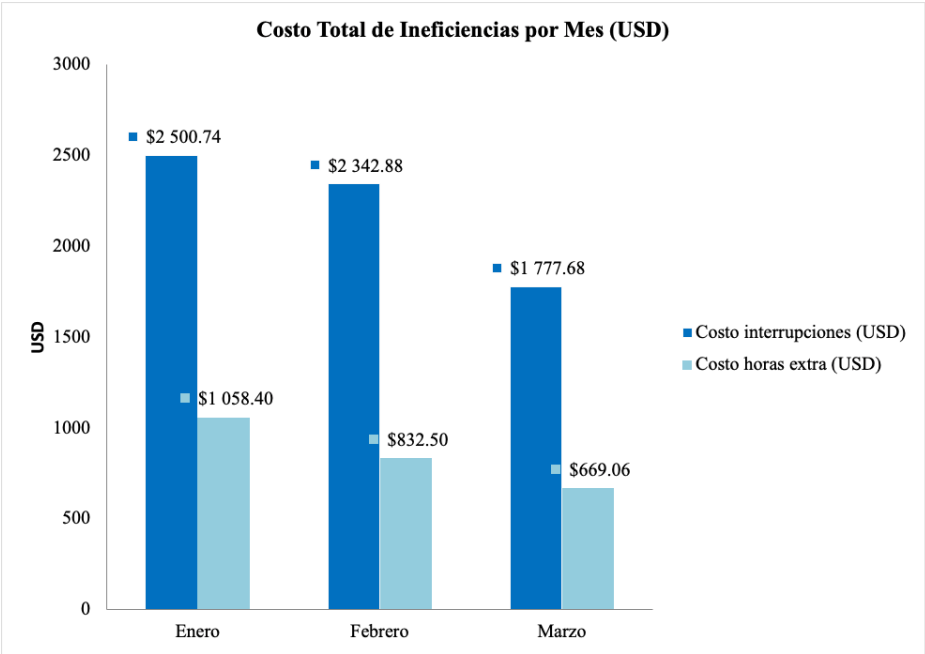
Tabla 12 Resumen por costos de ineficiencias

Mes	Costo interrupciones (USD)	Costo horas extra (USD)	Costo total mes (USD)
Enero	\$2 500.74	\$1 058.40	\$3 559.14
Febrero	\$2 342.88	\$832.50	\$3 175.38
Marzo	\$1 777.68	\$669.06	\$2 446.74
Total	\$6 621.30	\$2 559.96	\$9 181.26

Nota: Pablo Chacón Morúa

Como se observa en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** y la Figura 73 Gráfico por Costo total de ineficiencias por mes, enero fue el mes con mayor costo total de ineficiencias con \$3 559.14 USD, seguido por febrero con \$3 175.38 USD y marzo con \$2 446.74 USD. La reducción observada de mes a mes responde principalmente a la disminución en el volumen de órdenes durante marzo y no a una mejora real en el desempeño del proceso, ya que los promedios de tiempo perdido por orden se mantuvieron estables en los tres meses. El costo total acumulado por interrupciones y horas extra durante el período ascendió a **\$9 181.26 USD**, evidenciando el impacto económico directo de la falta de estandarización del proceso productivo.

Figura 73 Gráfico por Costo total de ineficiencias por mes



Nota: Tabla 12 Resumen por costo de ineficiencias

Para cuantificar el costo generado por las horas extra trabajadas durante el período de estudio, se tomaron los registros de horas extra totales por orden incluyendo ambos operarios correspondientes al período del 5 de enero al 27 de marzo de 2026 donde se observa en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia..**

Tabla 13 Costo de hora extra por mes

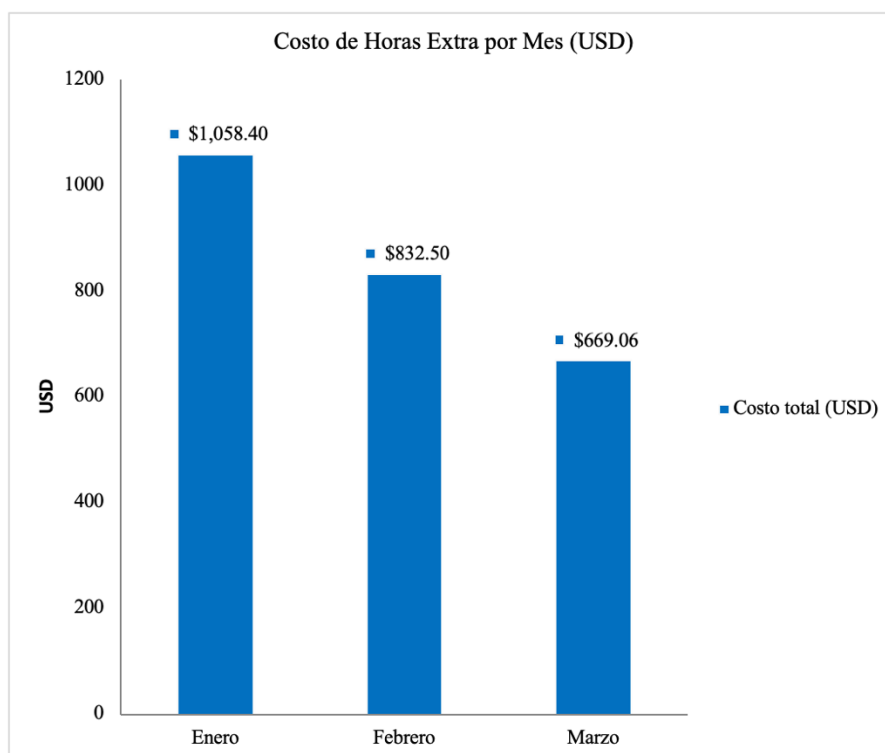
Mes	Nº órdenes	Horas extra totales (h)	Promedio por orden (h)	Costo/hora (USD)	Costo total (USD)
Enero	39	117.60	3.02	\$9.00	\$1 058.40
Febrero	40	92.50	2.31	\$9.00	\$832.50
Marzo	29	74.34	2.56	\$9.00	\$669.06
Total	108	284.44	2.63		\$2 559.96

Nota: Pablo Chacón Morúa

Como se aprecia en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** y la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** el costo total por horas extra durante el período ascendió a \$2 559.96 USD, con un promedio de 2.63 horas extra por orden. Al igual que en el caso del tiempo perdido, enero registró el mayor costo debido al volumen de órdenes del mes. Las horas extra

representan tiempo de producción no planificado que el taller debió absorber para cumplir con las entregas, lo cual es consecuencia directa de las interrupciones y deficiencias en la estandarización del proceso.

Figura 74 Gráfico por costo de horas extras por mes



Nota: Tabla 13 Costo de hora extra por mes

Para determinar el impacto económico de los defectos de calidad registrados durante el período de estudio, se calculó el costo del material perdido en cada orden que requirió retrabajo con la fórmula de la Figura 75 Formula de Costo de Material. El análisis se realizó identificando el material afectado según el tipo de defecto presentado y aplicando el costo proporcional por unidad determinado en el costeo de materiales. La fórmula aplicada fue la siguiente:

Figura 75 Formula de Costo de Material

$$\text{Costo material} = \text{Costo unitario material afectado (USD)} \times \text{N órdenes con defecto}$$

Nota: Pablo Chacón Morúa

Los resultados obtenidos por tipo de defecto y mes se presentan en Tabla 14 Costo de pérdida de material por tipo de defecto y mes representados gráficamente en la Figura 76 Gráfico por Costos

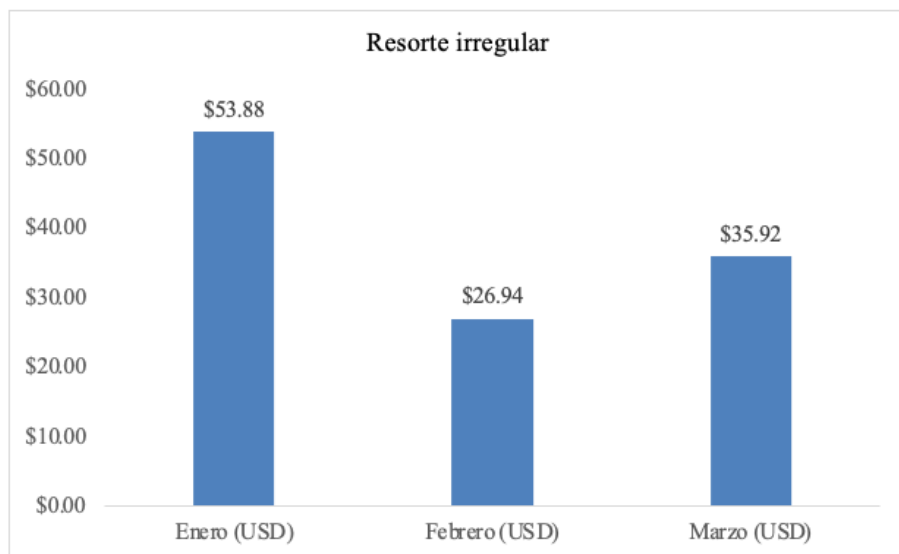
por defecto de resorte irregular por mes, Figura 77 Gráfico por Costos por defecto de Caja fuera de ajuste por mes, Figura 78 Gráfico por Costos por defecto de Fisura de cerámica por mes y Figura 79 Gráfico por Costos por defecto de Empalme defectuoso por mes como se puede observar, el resorte irregular y la caja fuera de ajuste concentran la mayor pérdida de material con \$116.74 y \$105.20 USD respectivamente durante el período, lo que coincide con los resultados del Diagrama de Pareto de defectos presentado anteriormente. La fisura de cerámica, aunque con menor frecuencia, genera un costo unitario elevado de \$37.50 por orden debido al alto costo de los aisladores cerámicos, manteniéndose constante en los tres meses al registrar exactamente un caso por mes.

Tabla 14 Costo de pérdida de material por tipo de defecto y mes

Tipo de defecto	Enero (USD)	Febrero (USD)	Marzo (USD)	Total (USD)	Material afectado
Resorte irregular	\$53.88	\$26.94	\$35.92	\$116.74	Alambre de nicromio #18
Caja fuera de ajuste	\$65.75	\$26.30	\$13.15	\$105.20	Lámina Inox 0.7mm
Fisura de cerámica	\$37.50	\$37.50	\$37.50	\$112.50	Aisladores de cerámica
Empalme defectuoso	\$2.99	\$5.98	\$0.00	\$8.97	Cable de fibra + Conector TSJ
Total	\$160.12	\$96.72	\$86.57	\$343.41	

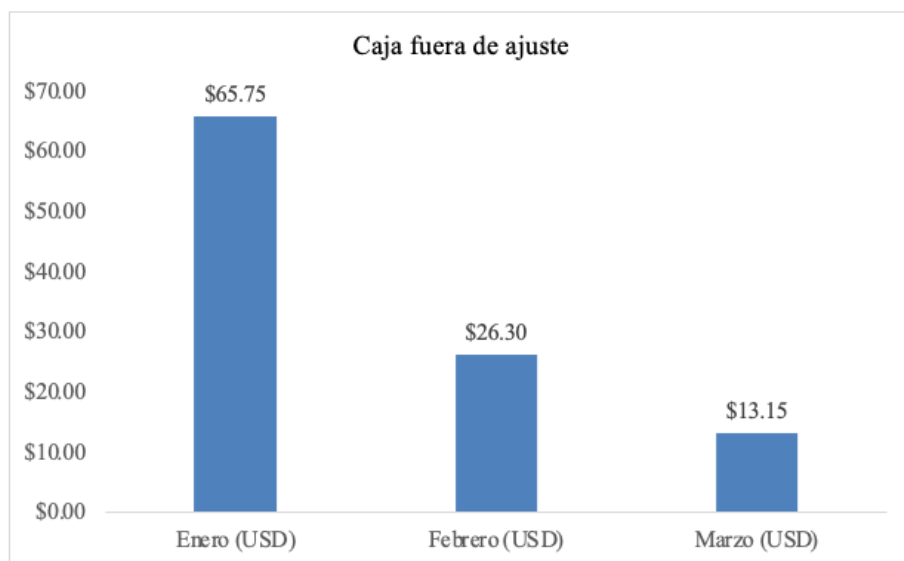
Nota: Pablo Chacón Morúa

La Figura 76 muestra el costo por pérdida de material debido al defecto de resorte irregular durante el período analizado. Enero registró el mayor costo con \$53.88, seguido de marzo con \$35.92 y febrero con \$26.94, siendo este defecto el de mayor impacto económico de todos con un total de \$116.74. Su comportamiento irregular a lo largo de los tres meses, junto con el hecho de afectar directamente al alambre de nicromio #18 componente clave para alcanzar la resistencia eléctrica especificada, evidencia la falta de un método estandarizado para el bobinado de los resortes, lo que justifica la definición de parámetros precisos de ohmaje y técnica de enrollado dentro del procedimiento propuesto.

Figura 76 Gráfico por Costos por defecto de resorte irregular por mes

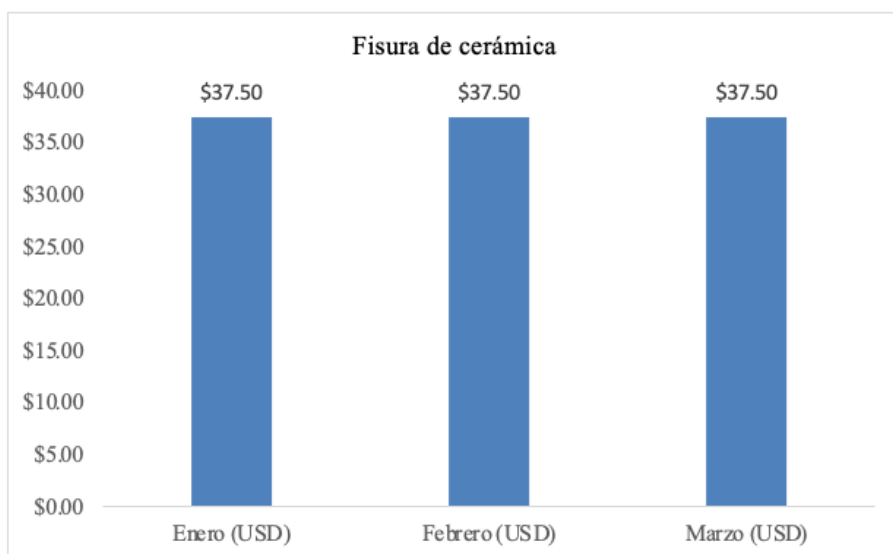
Nota: Tabla 14 Costo de pérdida de material por tipo de defecto y mes

La Figura 77 muestra el costo por pérdida de material debido al defecto de caja fuera de ajuste durante los tres meses analizados. Enero concentró el mayor costo con \$65.75, seguido de febrero con \$26.30 y marzo con \$13.15, evidenciando una tendencia decreciente a lo largo del período. Esta disminución progresiva sugiere que el defecto se presentó con mayor frecuencia al inicio del trimestre, aunque su recurrencia confirma la necesidad de estandarizar el corte y el armado de la caja metálica para evitar piezas fuera de las dimensiones especificadas.

Figura 77 Gráfico por Costos por defecto de Caja fuera de ajuste por mes

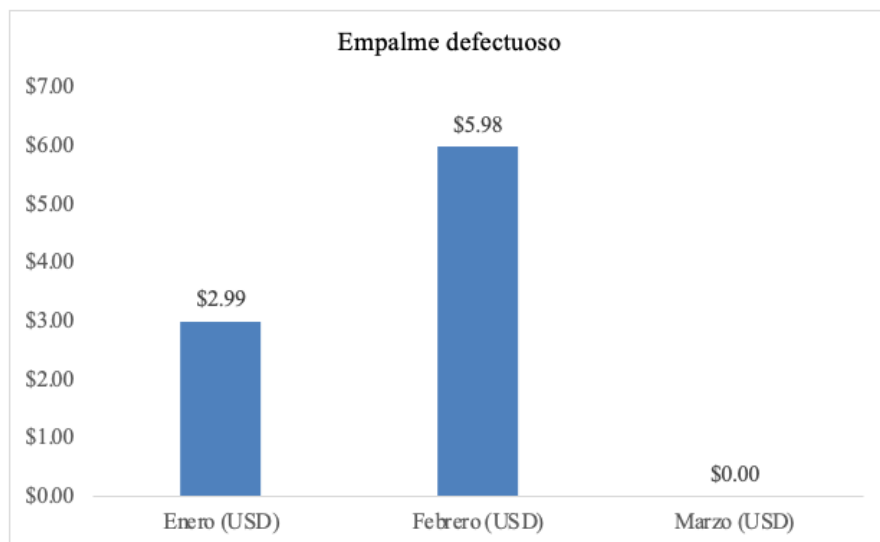
Nota: Tabla 14 Costo de pérdida de material por tipo de defecto y mes

La Figura 78 presenta el costo por pérdida de material asociado al defecto de fisura de cerámica. A diferencia de los demás defectos, este se mantuvo constante en los tres meses con un valor de \$37.50 mensual, sin variación entre enero, febrero y marzo. Este comportamiento uniforme indica que se trata de un defecto recurrente y sistemático, posiblemente vinculado a la manipulación de los aisladores cerámicos durante el ensamble, lo que refuerza la importancia de definir criterios claros de manejo y verificación de estos componentes en el procedimiento estándar.

Figura 78 Gráfico por Costos por defecto de Fisura de cerámica por mes

Nota: Tabla 14 Costo de pérdida de material por tipo de defecto y mes

La Figura 79 muestra el costo por pérdida de material por empalme defectuoso a lo largo del período. Febrero registró el mayor costo con \$5.98, seguido de enero con \$2.99, mientras que en marzo no se presentaron pérdidas por este concepto (\$0.00). Aunque los montos son menores en comparación con otros defectos, su presencia evidencia inconsistencias en la conexión eléctrica entre los resortes y el cable de fibra de vidrio, lo que justifica incorporar la verificación de continuidad como criterio de aceptación dentro del procedimiento estándar.

Figura 79 Gráfico por Costos por defecto de Empalme defectuoso por mes

Nota: Tabla 14 Costo de pérdida de material por tipo de defecto y mes

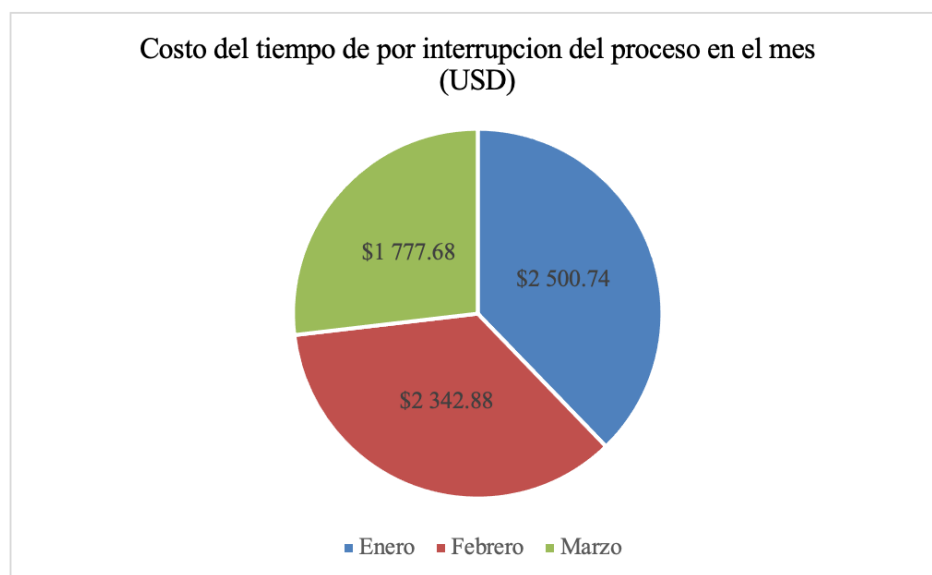
En las figuras anteriores se aprecia la distribución del costo por tipo de defecto y mes. Enero registró la mayor pérdida de material con \$160.12 USD, seguido por febrero con \$96.72 USD y marzo con \$86.57 USD. El costo total de material perdido por retrabajo durante el período ascendió a **\$343.41 USD**, el cual si bien representa el componente de menor peso dentro del costo total de ineficiencias, evidencia que la falta de estandarización en el proceso de fabricación tiene un impacto directo sobre la calidad del producto y genera desperdicios de materiales que podrían evitarse con procedimientos formalmente documentados. Con el objetivo de cuantificar el impacto económico generado por las interrupciones del proceso productivo, se calculó el costo del tiempo de paro por mes durante el período del 5 de enero al 27 de marzo de 2026. Para ello se tomaron los registros de tiempo perdido por orden de cada mes y se aplicó el costo de mano de obra de \$9.00 USD por hora, considerando los 2 operarios asignados por orden conforme a lo indicado por el jefe de taller. En la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** se presenta el detalle por mes del tiempo perdido total, el promedio por orden y el costo resultante.

Tabla 15 Costo del tiempo de interrupción por mes

Mes	N° órdenes	Tiempo perdido total (h)	Promedio por orden (h)	Costo/hora (USD)	Costo total (USD)
Enero	39	138.93	3.56	\$9.00	\$2 500.74
Febrero	40	130.16	3.25	\$9.00	\$2 342.88
Marzo	29	98.76	3.41	\$9.00	\$1 777.68
Total	108	367.85	3.41		\$6 621.30

Nota: Pablo Chacón Morúa

Figura 80 Gráfico de costo de tiempo por interrupción del proceso en el mes



Nota: Tabla 15 Costo del tiempo de interrupción por mes

Como se observa en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, el costo total por tiempo de interrupción durante el período ascendió a \$6,621.30 USD, con enero registrando el mayor impacto con \$2,500.74 USD debido al mayor volumen de órdenes del mes. En la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** se visualiza la distribución proporcional del costo por mes, evidenciando que enero concentra el 37.76% del costo total, seguido por febrero con el 35.38% y marzo con el 26.85%.

La **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** presenta la consolidación de los tres componentes de costo analizados; tiempo de interrupción, horas extra y material perdido por

retrabajo agrupados por mes durante el período del 5 de enero al 27 de marzo de 2026. Esta tabla permite visualizar de forma integral el impacto económico real que generan las ineficiencias del proceso productivo de resistencias cerámicas sobre los resultados operativos de Elyon Industrial S.A.

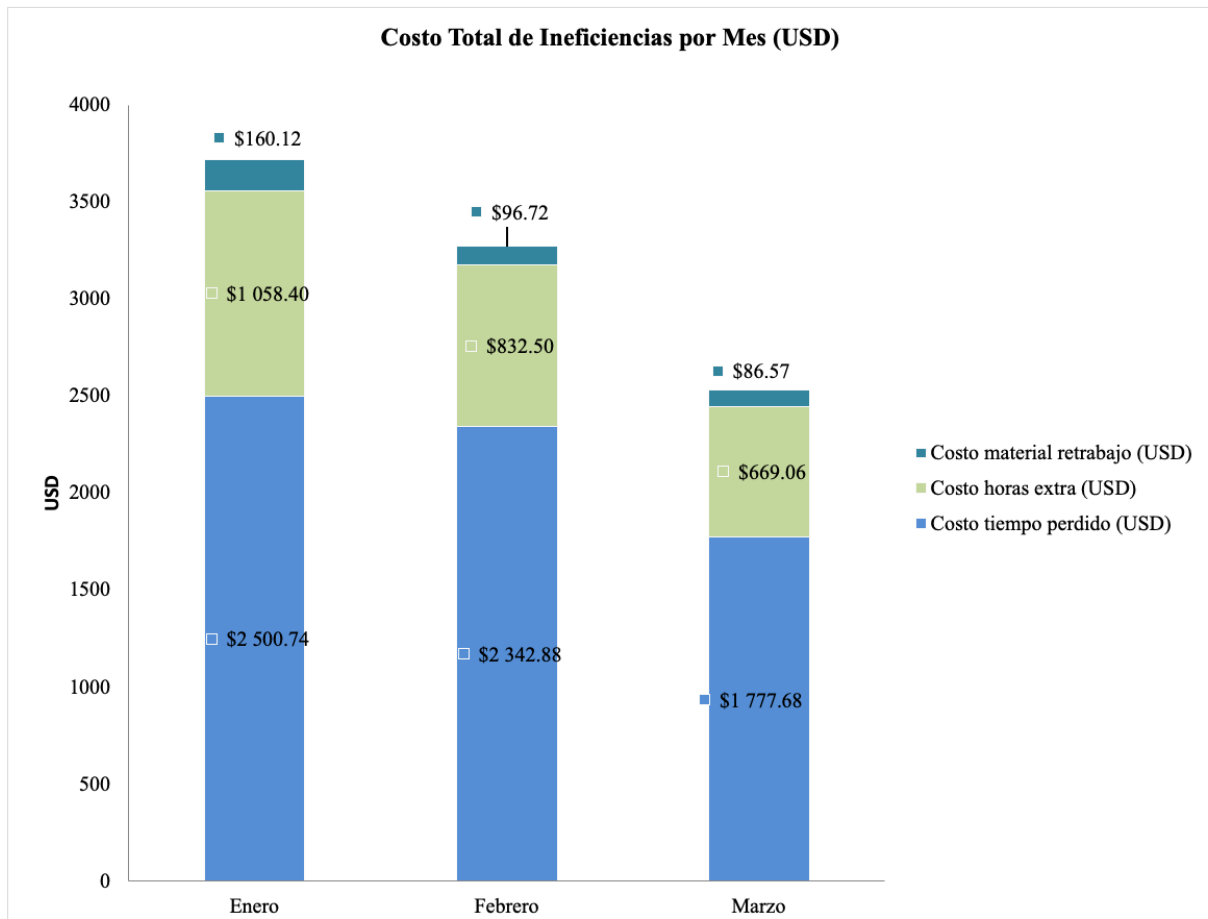
Tabla 16 Costo Total de Ineficiencias por mes

Mes	Costo tiempo perdido (USD)	Costo horas extra (USD)	Costo material retrabajo (USD)	Costo total mes (USD)
Enero	\$2 500.74	\$1 058.40	\$160.12	\$3 719.26
Febrero	\$2 342.88	\$832.50	\$96.72	\$3 272.10
Marzo	\$1 777.68	\$669.06	\$86.57	\$2 533.31
Total	\$6 621.30	\$2 559.96	\$343.41	\$9 524.67

Nota: Pablo Chacón Morúa

Como se aprecia en Figura 81 Gráfico Costo Total de Ineficiencias por mes, el costo total de ineficiencias del período ascendió a **\$9 524.67 USD**, siendo enero el mes con mayor impacto con \$3 719.26 USD. El gráfico de barras apiladas permite identificar claramente que el costo por tiempo de interrupción es el componente dominante en los tres meses, representando en promedio el 69.5% del costo total mensual, seguido por las horas extra con un 26.8% y el material perdido por retrabajo con apenas el 3.6%. Esta distribución confirma que la principal fuente de pérdidas económicas no es la calidad del producto sino las paradas no planificadas del proceso, cuya raíz se encuentra en la ausencia de un sistema formal de planificación, control de inventario y estandarización de procedimientos aspectos que serán abordados directamente en la propuesta del Capítulo V.

Figura 81 Gráfico Costo Total de Ineficiencias por mes



Nota: Tabla 16 Costo total de ineficiencias por mes

Con el fin de documentar formalmente los insumos que componen la resistencia cerámica de banda fabricada en el taller de Elyon Industrial S.A., se elaboró la Lista de Materiales presentada en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia..** Este documento identifica los ocho materiales que intervienen en la fabricación de una resistencia cerámica de banda con diámetro de 20 cm y 10 cm de ancho, especificando para cada uno la unidad de compra, la cantidad total por presentación comercial, el precio de adquisición y la cantidad requerida por unidad producida. Los precios corresponden a los valores de compra vigentes proporcionados por el jefe de taller y cotizaciones, y las cantidades requeridas por resistencia fueron determinadas con base en las especificaciones técnicas del proceso de fabricación.

Tabla 17 Lista de materiales BOM

#	Material	Unidad de compra	Cantidad por unidad	Precio de compra	Cantidad requerida por resistencia	Unidad requerida
1	Lámina Inox 0.7mm	Plancha 1.20m × 2.44m	1	\$100.00	0.6950 m ²	m ²
2	Aisladores de cerámica	Caja × 200 unidades	200	\$50.00	150	unidades
3	Alambre de nicromo #18	Rollo × 147m (5 lb)	147	\$60.00	22	metros
4	Fibra de vidrio 2"	Plancha 1.22m × 2.44m	1	\$40.00	0.2400 m ²	m ²
5	Barriles 1½"	Caja × 500 unidades	500	\$30.00	2	unidades
6	Tornillos 3"	Unidad	1	\$1.00	2	unidades
7	Cable de fibra 16AWG	Metro	1	\$0.33	3	metros
8	Conector TSJ 3/4"	Unidad	1	\$1.00	2	unidades

Nota: Pablo Chacón Morúa

A partir de la Lista de Materiales se realizó el costeo proporcional presentado en **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** , mediante el cual se determinó el costo unitario de cada material por resistencia fabricada. El cálculo se efectuó aplicando una regla de tres simple entre la cantidad adquirida por presentación comercial y la cantidad requerida por resistencia. En los casos de materiales vendidos por área lámina inoxidable y fibra de vidrio se utilizó el promedio de las dos dimensiones posibles según el diseño de la resistencia.

Tabla 18 Costeo proporcional de materiales por resistencia cerámica

#	Material	Precio compra	Cantidad total compra	Cantidad por resistencia	Unidad	Fórmula	Costo unitario
1	Lámina Inox 0.7mm	\$100.00	2.9280 m ²	0.6950 m ²	m ²	$((0,45+0,32)/2)/2,928*100$	\$13.15
2	Aisladores de cerámica	\$50.00	200 uds	150 uds	uds	$150/200*50$	\$37.50
3	Alambre de nicromo #18	\$60.00	147 m	22 m	metros	$22/147*60$	\$8.98
4	Fibra de vidrio 2"	\$40.00	2.9768 m ²	0.2400 m ²	m ²	$((1,2*0,1)+(0,6*0,2))/2/2,9768*40$	\$1.61
5	Barriles 1½"	\$30.00	500 uds	2 uds	uds	$2/500*30$	\$0.12
6	Tornillos 3"	\$1.00	1 ud	2 uds	uds	$2*1$	\$2.00

7	Cable de fibra 16AWG	\$0.33	1 m	3 m	metros	3*0,33	\$0.99
8	Conector TSJ 3/4"	\$1.00	1 ud	2 uds	uds	2*1	\$2.00
COSTO TOTAL MATERIAL POR RESISTENCIA							\$66.35

Nota: Pablo Chacón Morúa

Como se aprecia en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, el costo total de material por resistencia cerámica de banda es de **\$66.35 USD**. Los aisladores de cerámica representan el componente de mayor peso con \$37.50 USD, equivalente al 56.5% del costo total de material por unidad. Este dato resulta especialmente relevante si se considera que la falta de materia prima encabezada precisamente por los aisladores cerámicos fue identificada como la principal causa de interrupción del proceso en el Diagrama de Pareto, lo que significa que cada quiebre de inventario no solo detiene la producción sino que compromete el insumo de mayor valor dentro del proceso.

Con el fin de cuantificar el impacto económico de cada tipo de defecto registrado durante el período de estudio, se elaboró la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** que presenta el costo de material perdido por tipo de defecto, identificando el material afectado, el costo unitario, el número de órdenes con ese defecto y el costo total resultante.

Tabla 19 Costo de pérdida de material por tipo de defecto

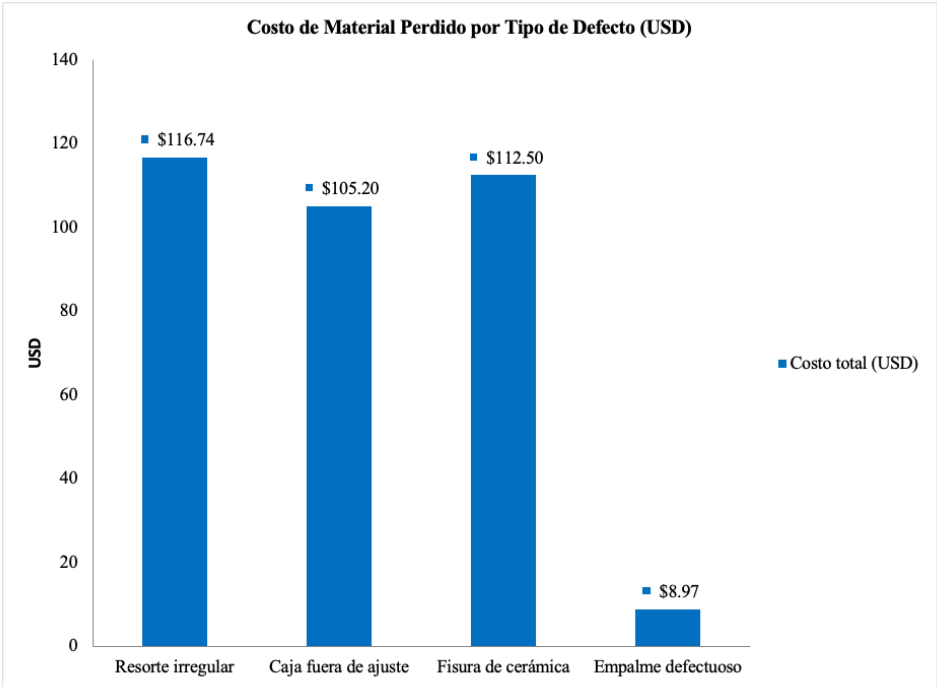
Tipo de defecto	Material afectado	Costo unitario material (USD)	Nº órdenes con defecto	% del total defectos	Costo total (USD)
Resorte irregular	Alambre de nicromo #18	\$8.98	13	48.15%	\$116.74
Caja fuera de ajuste	Lámina Inox 0.7mm	\$13.15	8	29.63%	\$105.20
Fisura de cerámica	Aisladores de cerámica	\$37.50	3	11.11%	\$112.50
Empalme defectuoso	Cable de fibra + Conector TSJ	\$2.99	3	11.11%	\$8.97
Total	27 órdenes con retrabajo		27	100.00%	\$343.41

Nota: Pablo Chacón Morúa

Como se aprecia en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** y el **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, las tres primeras causas resorte irregular, caja fuera de ajuste y fisura de cerámica concentran el 88.89% del costo total de material perdido, con valores muy similares entre sí que oscilan entre \$105.20 y \$116.74 USD. Muestra que la fisura de cerámica, siendo la tercera causa en frecuencia con solo 3 órdenes, genera un costo de \$112.50 USD comparable al del resorte irregular que afectó 13 órdenes esto se explica por el alto costo

unitario de los aisladores de cerámica (\$37.50 por orden) en comparación con el alambre de nicromo (\$8.98 por orden). El empalme defectuoso representa el componente de menor impacto económico con \$8.97 USD al involucrar materiales de bajo costo unitario. El costo total de material perdido por retrabajo durante el período ascendió a **\$343.41 USD**.

Figura 82 Costo de Material Perdido por Tipo de Defecto



Nota: Tabla 19 Costo de material perdido por tipo de defecto

La **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** presenta la consolidación final de los tres componentes de costo analizados durante el período del 5 de enero al 27 de marzo de 2026.

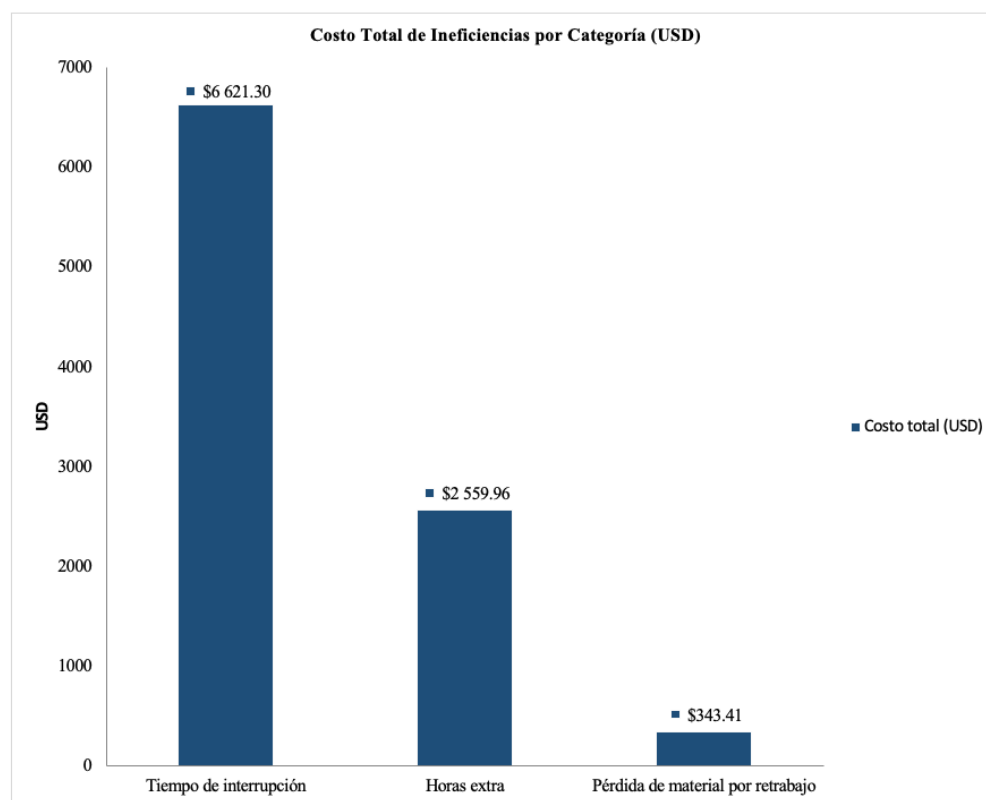
Tabla 20 Resumen total de costos por ineficiencias

Categoría de ineficiencia	Detalle	Costo total (USD)
Tiempo de interrupción	367.85h × \$9 × 2 operarios	\$6 621.30
Horas extra	284.44h × \$9	\$2 559.96
Pérdida de material por retrabajo	27 órdenes con defecto	\$343.41
Costo Total de Causa de Ineficiencias		\$9 524.67

Nota: Pablo Chacón Morúa

Como se aprecia en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** y en la Figura 83 Costo Total de ineficiencias por Categoría, el costo total de ineficiencias del período ascendió a **\$9 524.67 USD**. El tiempo de interrupción representa el componente de mayor peso con \$6 621.30 USD equivalente al 69.5% del total, seguido por las horas extra con \$2 559.96 USD que representan el 26.9%, y la pérdida de material por retrabajo con \$343.41 USD que representa el 3.6% restante. La marcada diferencia entre el primer componente y los demás evidencia que el problema central no radica en la calidad del producto ni en la carga de trabajo, sino en las paradas no planificadas del proceso que consumen la mayor parte del tiempo productivo disponible. Este análisis de costos constituye la base cuantitativa que justifica la necesidad de implementar un sistema formal de estandarización y control de procesos en el taller, cuya propuesta se desarrolla en el Capítulo V.

Figura 83 Costo Total de ineficiencias por Categoría



Nota: Tabla 20 Resumen total por costos de ineficiencias

Análisis De Las Causas

Una vez cuantificadas las consecuencias del problema mediante las herramientas de medición aplicadas en la sección anterior, el análisis se orienta hacia la identificación de las causas que originan las ineficiencias documentadas en el proceso productivo de resistencias cerámicas de banda de Elyon Industrial S.A. Para ello se aplicaron tres herramientas de análisis causal ampliamente utilizadas en la ingeniería industrial: el Análisis Modal de Fallos y Efectos (AMFE), el Diagrama de Ishikawa y la técnica de los 5 Porqués, cada una enfocada en una dimensión distinta del problema y seleccionadas conforme a la metodología definida en el Capítulo III.

La aplicación de estas herramientas permite trascender la descripción superficial del problema y llegar a las causas raíz que lo sostienen, estableciendo así una base sólida para el diseño de la propuesta del Capítulo V. Los datos utilizados en este análisis provienen de los registros históricos de producción del período comprendido entre el 5 de enero y el 27 de marzo de 2026, así como de la observación directa del proceso y la información levantada con el jefe de taller, en concordancia con lo establecido en la Tabla 3 Instrumentos y la Tabla 4 Recolección de Datos del Capítulo III.

AMFE

El Análisis Modal de Fallos y Efectos es una herramienta sistemática que permite identificar los modos de fallo potenciales de un proceso, evaluar su impacto y priorizar las acciones correctivas según el nivel de riesgo asociado. Para su aplicación se analizaron las once etapas que componen el proceso productivo de resistencias cerámicas de banda, incluyendo tanto las etapas de planificación como las de producción y despacho, asignando a cada modo de fallo un índice de Gravedad (G), un índice de Ocurrencia (P) y un índice de Detección (D), cada uno evaluado en una escala del 1 al 10 conforme a los criterios definidos en el marco teórico del Capítulo II. El Número de Prioridad de Riesgo (NPR) se obtuvo multiplicando los tres índices, permitiendo ordenar los fallos según su criticidad y orientar la propuesta hacia las etapas de mayor impacto operativo. En la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** se presenta el AMFE completo del proceso.

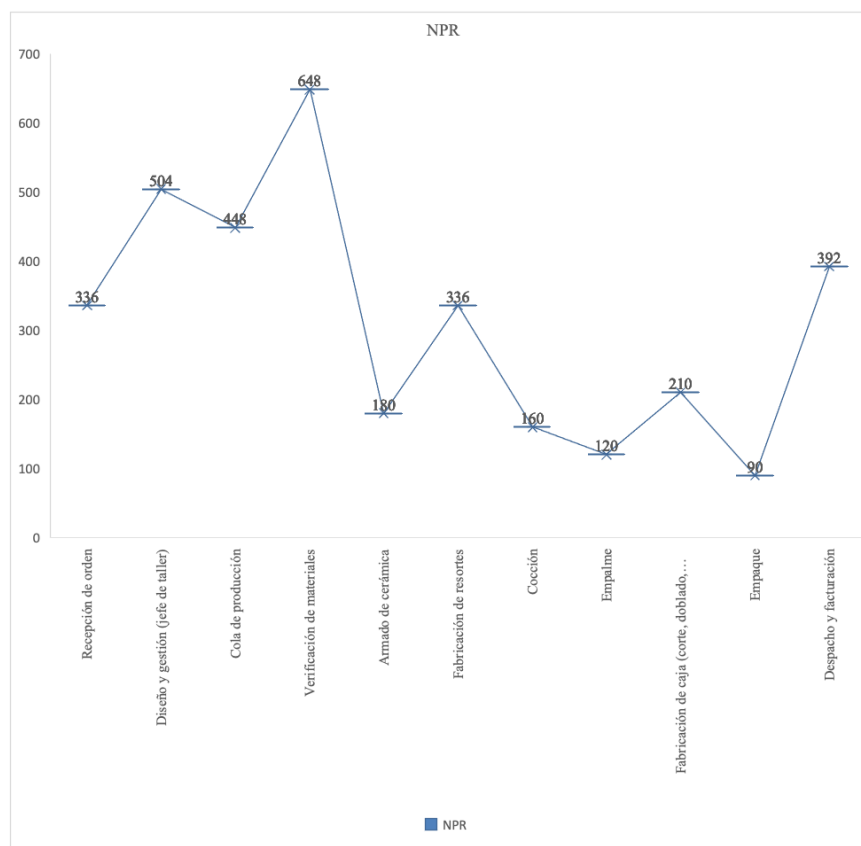
Tabla 21 AMFE

Etapas del proceso	Función	Modo de fallo potencial	Efecto del fallo	Causa potencial	G	P	D	NPR	Nivel de riesgo	Acción recomendada
Recepción de orden	Registrar y validar la orden del cliente	Orden mal registrada o incompleta	Producción de resistencia incorrecta, reproceso	Sin formato estandarizado de recepción, dependencia del jefe de taller	7	6	8	336	Medio	Implementar formato estándar de recepción de órdenes
Diseño y gestión (jefe de taller)	Definir especificaciones técnicas y asignar recursos	Diseño centralizado en una sola persona	Paralización del proceso ante ausencia del jefe de taller	Sin documentación de especificaciones técnicas, conocimiento no transferido	8	7	9	504	Alto	Documentar especificaciones técnicas en POE
Cola de producción	Programar y priorizar órdenes de producción	Sin sistema formal de programación	Atrasos en entregas, 28.70% de órdenes fuera de plazo	Ausencia de sistema de planificación de producción	7	8	8	448	Medio	Implementar sistema de programación de órdenes
Verificación de materiales	Confirmar disponibilidad de materiales antes de producción	Inicio de producción sin verificar inventario	Interrupción del proceso por falta de materia prima (35 órdenes afectadas)	Sin punto de reorden definido, sin control formal de inventario	9	9	8	648	Alto	Implementar punto de reorden y sistema de control de inventario
Armado de cerámica	Ensamblar los aisladores cerámicos en la base	Cerámica no estandarizada en tamaño	Fisura de cerámica, retrabajo (3 órdenes)	Sin especificaciones técnicas de recepción de materiales	6	5	6	180	Medio	Definir especificaciones técnicas de recepción de aisladores
Fabricación de resortes	Enrollar y tensar el alambre de nicromio	Resorte irregular	Retrabajo, pérdida de material (13 órdenes, \$116.74)	Sin POE para fabricación de resortes, dependencia de habilidad del operario	7	8	6	336	Medio	Documentar POE con especificaciones de tensión y separación
Cocción	Cocer la cerámica a temperatura controlada	Temperatura o tiempo de cocción incorrecto	Fisura de cerámica, resistencia defectuosa	Sin registro de parámetros de cocción, sin indicadores de control	8	4	5	160	Medio	Definir y documentar parámetros de cocción
Empalme	Conectar el cable de fibra al conjunto resistivo	Empalme defectuoso	Retrabajo, pérdida de material — cable + conector (\$8.97)	Sin procedimiento estandarizado de empalme	6	4	5	120	Bajo	Documentar POE de empalme con criterios de aceptación
Fabricación de caja (corte, doblado, formado, punteo)	Fabricar la caja metálica protectora en lámina inox	Caja fuera de ajuste	Retrabajo, pérdida de lámina inox (8 órdenes, \$105.20)	Sin plantillas ni especificaciones dimensionales documentadas	7	5	6	210	Medio	Crear plantillas de corte y documentar dimensiones estándar
Empaque	Proteger la resistencia terminada para despacho	Empaque inadecuado o sin identificación	Daño durante transporte, confusión en despacho	Sin criterios de empaque definidos	5	3	6	90	Bajo	Definir estándar de empaque e identificación de producto
Despacho y facturación	Entregar la orden al cliente en tiempo y forma	Entrega fuera del tiempo programado	Incumplimiento al cliente, 28.70% de atrasos	Acumulación de interrupciones sin sistema de seguimiento de órdenes	8	7	7	392	Medio	Implementar sistema de seguimiento de órdenes con fechas de compromiso

Nota: Pablo Chacón Morúa

Como se puede observar en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, los resultados del AMFE revelan que las etapas de mayor criticidad corresponden a la verificación de materiales con un NPR de 648, el diseño y gestión del jefe de taller con 504, las dos superando el umbral de riesgo crítico establecido en 500 puntos. Resulta significativo que las tres etapas de mayor riesgo pertenecen a la fase de planificación del proceso y no a la fase de producción propiamente dicha, lo que confirma que el problema central no radica en la capacidad técnica del taller sino en la ausencia de controles formales que garanticen la disponibilidad de materiales, la documentación de especificaciones y la programación ordenada de las órdenes. Las etapas de producción presentan niveles de riesgo medio y bajo, con NPR entre 90 y 336, lo que indica que si se atienden primero las causas de planificación, el impacto sobre la calidad y los tiempos de producción se reduciría de forma significativa. En **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** se presenta el NPR de cada etapa ordenado de mayor a menor para facilitar la priorización de acciones.

Figura 84 Gráfico del NPR

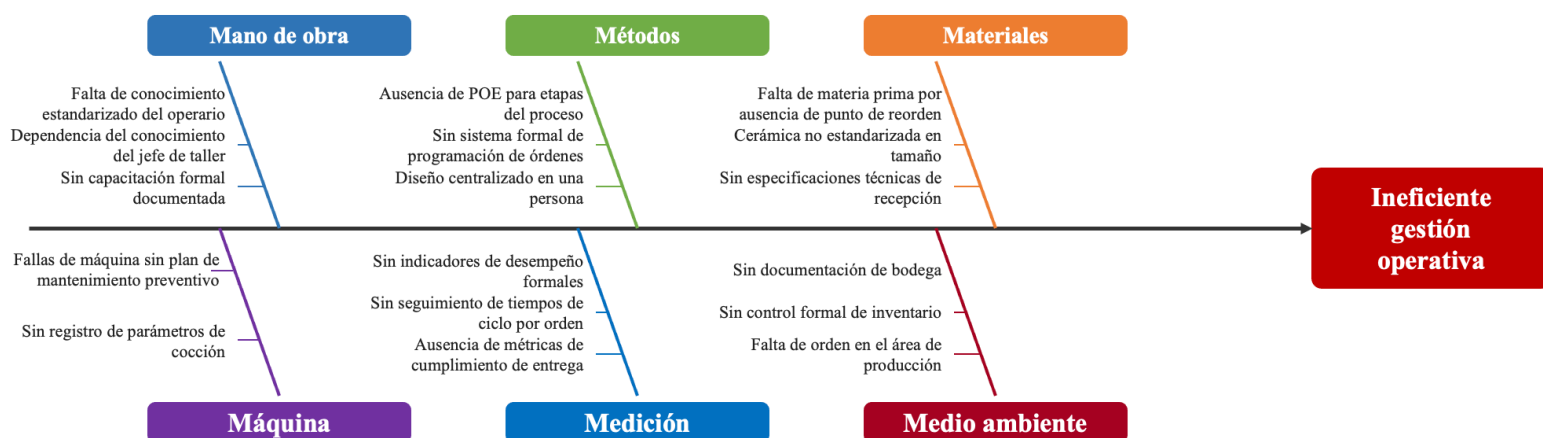


Nota: Tabla 21 AMFE

Ishikawa

El Diagrama de Ishikawa, también conocido como diagrama de causa y efecto o diagrama de espina de pescado, es una herramienta visual que permite organizar y clasificar las causas que contribuyen a un problema central, agrupándolas en categorías que facilitan su análisis sistémico. Para el presente estudio se aplicó el diagrama tomando como efecto la ineficiente gestión operativa del proceso de fabricación de resistencias cerámicas de banda, identificando las causas asociadas bajo las seis categorías de las 6M: Mano de obra, Métodos, Materiales, Máquina, Medición y Medio ambiente. Las causas identificadas se construyeron con base en los hallazgos del Diagrama de Pareto, el AMFE y la información recopilada mediante la observación directa del proceso y la entrevista al jefe de taller durante el período de estudio. En la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** se presenta el diagrama resultante.

Figura 85 Ishikawa



Nota: Pablo Chacón Morúa

Como se aprecia en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, las causas identificadas se distribuyen en las seis categorías del modelo 6M, cada una aportando factores específicos que contribuyen a la ineficiente gestión operativa del proceso.

En la categoría de Mano de obra, la falta de conocimiento estandarizado del operario implica que cada persona ejecuta las tareas según su criterio personal, generando variabilidad en los resultados y tiempos de producción distintos entre un operario y otro para el mismo producto. La dependencia

del conocimiento del jefe de taller significa que las decisiones técnicas y operativas recaen sobre una sola persona, por lo que ante su ausencia el proceso se detiene o se ejecuta de forma incorrecta al no existir instrucciones documentadas que guíen al equipo. La ausencia de capacitación formal documentada agrava esta situación, ya que el conocimiento se transmite de manera verbal e informal, lo que hace imposible garantizar que todos los operarios ejecuten el proceso de la misma manera.

En la categoría de Métodos, la ausencia de procedimientos operativos estandarizados significa que no existe una guía formal que indique paso a paso cómo ejecutar cada etapa del proceso, dejando la ejecución a criterio del operario disponible. La falta de un sistema formal de programación de órdenes provoca que las órdenes se atiendan sin un orden de prioridad establecido, lo que genera acumulación de trabajos y atrasos en entregas como evidenció el 28.70% de incumplimiento registrado en el período. El diseño centralizado en una sola persona limita la capacidad de respuesta del taller ante variaciones en la demanda, ya que toda decisión de producción depende de la disponibilidad y criterio del jefe de taller.

En la categoría de Materiales, la falta de materia prima por ausencia de punto de reorden fue la causa más frecuente de interrupción del período, afectando 35 de las 108 órdenes analizadas, lo que evidencia que el taller inicia órdenes de producción sin verificar previamente la disponibilidad de insumos críticos como los aisladores de cerámica. La cerámica no estandarizada en tamaño genera problemas durante el armado, ya que al no existir especificaciones técnicas de recepción, se aceptan piezas fuera de tolerancia que luego ocasionan fisuras y retrabajo durante la fabricación. La inexistencia de especificaciones técnicas de recepción de materiales implica que cualquier insumo que llegue al taller es aceptado sin verificación, lo que traslada los errores del proveedor directamente al proceso productivo.

En la categoría de Máquina, la ausencia de un plan de mantenimiento preventivo expone el proceso a paradas no planificadas por fallas de equipo, las cuales fueron identificadas como una de las causas de interrupción en el Diagrama de Pareto. Sin un calendario de mantenimiento establecido, las intervenciones se realizan de forma correctiva cuando el equipo ya falló, aumentando el tiempo de paro y el costo asociado. La falta de registros de parámetros de cocción implica que la temperatura y el tiempo de cocción de la cerámica se definen por experiencia del operario y no por

criterios técnicos documentados, lo que introduce una fuente de variabilidad que puede provocar fisuras o resistencias defectuosas.

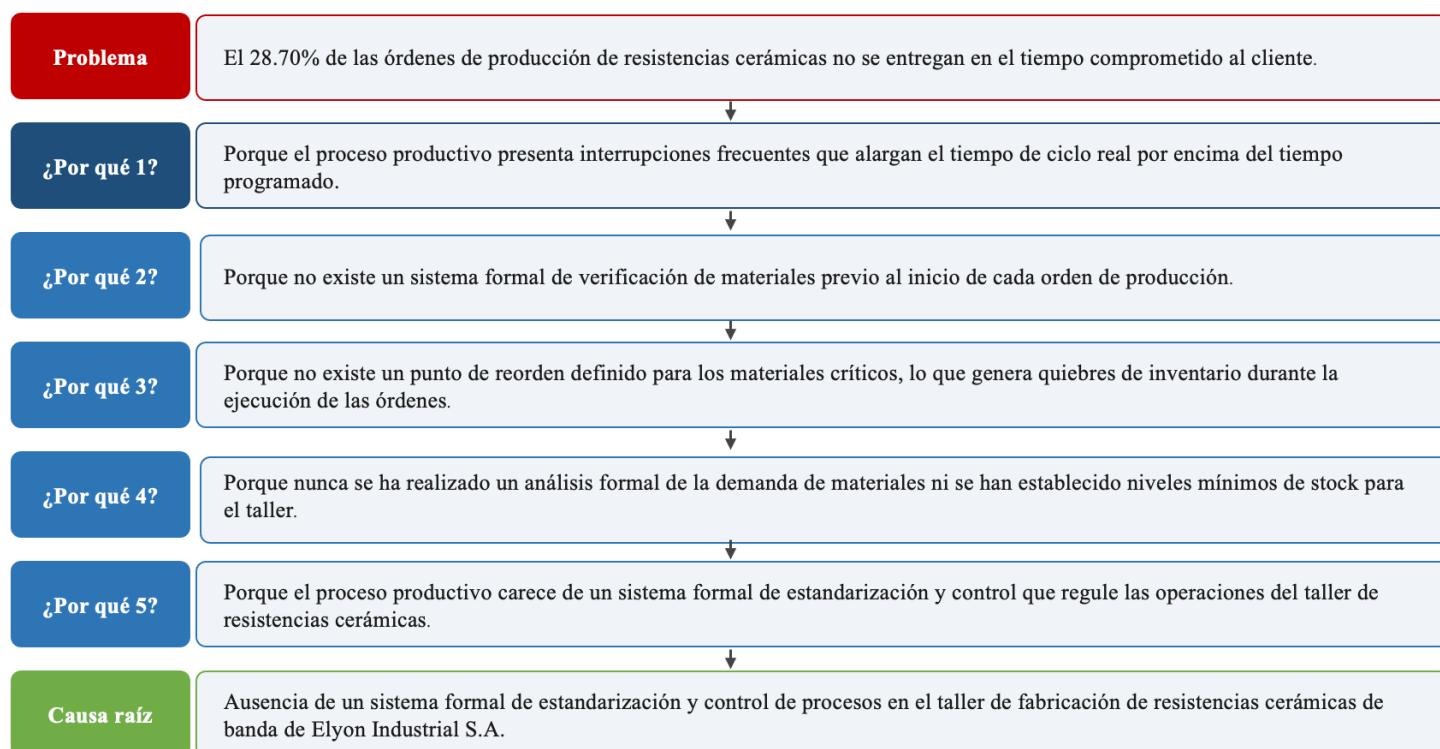
En la categoría de Medición, la ausencia de indicadores de desempeño formales significa que el taller no cuenta con métricas que permitan evaluar objetivamente si el proceso está funcionando bien o mal, por lo que los problemas solo se detectan cuando ya generaron un impacto visible como un atraso o un defecto. La falta de seguimiento de tiempos de ciclo por orden impide identificar cuáles etapas consumen más tiempo del esperado y dónde se originan las desviaciones, mientras que la inexistencia de métricas de cumplimiento de entrega hace imposible gestionar proactivamente los compromisos con el cliente.

Finalmente, en la categoría de Medio ambiente, la falta de documentación de bodega significa que no existe un registro formal de entradas y salidas de materiales, lo que impide conocer el inventario disponible en tiempo real y genera los quiebres de stock identificados. El control informal del inventario implica que las decisiones de compra se toman de manera reactiva cuando ya no hay material disponible, en lugar de anticiparse al consumo con base en datos históricos. La falta de orden en el área de producción dificulta la localización de materiales y herramientas durante la ejecución de las órdenes, generando tiempos improductivos que se suman al tiempo perdido total documentado en el análisis.

Técnica de Cinco Porqué

La técnica de los 5 Porqués es una herramienta de análisis causal que consiste en formular la pregunta "¿por qué?" de forma sucesiva a partir de un problema observable, con el fin de profundizar progresivamente hasta identificar la causa raíz que lo origina. A diferencia del Diagrama de Ishikawa, que permite una visión amplia y clasificada de las causas, los 5 Porqués permiten trazar una cadena causal lineal y directa desde el efecto hasta el origen del problema. Para su aplicación se tomó como punto de partida la consecuencia de mayor impacto sobre el cliente identificada en el análisis previo: el 28.70% de las órdenes de producción de resistencias cerámicas entregadas fuera del tiempo comprometido. En la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** se presenta el desarrollo completo de la técnica.

Figura 86 Técnica de los Cinco Porque



Nota: Pablo Chacón Morúa

El desarrollo de la técnica presentado en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** permite trazar con claridad la cadena causal que conecta el problema de atrasos en entregas con su origen estructural. La secuencia de porqués evidencia que el incumplimiento al cliente no es consecuencia de un fallo puntual ni de una capacidad productiva insuficiente, sino de la ausencia de controles básicos en la gestión de materiales y la planificación del proceso. Conforme se profundiza en el análisis, queda claro que la falta de un punto de reorden y la inexistencia de niveles mínimos de stock son síntomas de un problema más profundo: el proceso productivo de Elyon Industrial S.A. nunca ha contado con un sistema formal de estandarización y control que regule de manera consistente sus operaciones. Esta causa raíz, identificada de forma convergente por las tres herramientas aplicadas en esta sección (el AMFE, el Ishikawa y los 5 Porqués) constituye el fundamento que justifica y orienta la propuesta de mejora desarrollada en el Capítulo V.

A partir de la convergencia de las tres herramientas de análisis aplicadas, se concluye que la causa raíz del problema es la ausencia de un sistema formal de estandarización y control de procesos en el taller de fabricación de resistencias cerámicas de Elyon Industrial S.A. Mientras que el Diagrama de Ishikawa permitió clasificar las causas en categorías como mano de obra, métodos, materiales y medición, y el AMFE jerarquizó los modos de falla según su nivel de riesgo, la técnica de los 5 Porqués trazó la cadena causal hasta su origen, evidenciando que tanto los atrasos en las entregas como los quiebres de inventario y los reprocesos no son problemas independientes, sino manifestaciones de una misma deficiencia de fondo: la inexistencia de procedimientos documentados, de controles de inventario y de mecanismos de planificación que regulen de manera consistente la operación del taller.

La identificación de esta causa raíz justifica plenamente el desarrollo de la propuesta de mejora, ya que permite orientar los esfuerzos hacia la solución del problema de fondo y no hacia sus síntomas. Atender únicamente las consecuencias —como realizar compras de emergencia o trabajar horas extra para cumplir con los clientes— mantendría a la empresa en un esquema reactivo y costoso, sin resolver el origen de las ineficiencias. Por el contrario, intervenir la causa raíz mediante la estandarización del proceso y la digitalización del control operativo permite eliminar de forma estructural las interrupciones, los retrasos y los reprocesos documentados, además de sentar las bases para una operación trazable, planificada y sostenible en el tiempo. Es por esta razón que la propuesta desarrollada en el Capítulo V se enfoca en dotar al taller de un sistema integral de estandarización y control, capaz de transformar la gestión actual en un modelo proactivo orientado a la mejora continua.

CAPÍTULO V PROPUESTA

Propuesta

Con base en los hallazgos documentados en el Capítulo IV, los cuales evidencian que el proceso productivo de resistencias cerámicas de banda de Elyon Industrial S.A. opera sin procedimientos estandarizados, sin control formal de inventario y sin un sistema de planificación que garantice el cumplimiento de entregas, se desarrollaron dos propuestas de mejora orientadas a atacar las causas raíz identificadas. Estas propuestas fueron diseñadas bajo un enfoque de ingeniería industrial aplicada, priorizando herramientas de peso técnico que sean viables para una empresa de manufactura de mediana escala, con un costo de implementación justificable y un retorno económico medible a corto plazo. La selección de las herramientas propuestas responde directamente a los resultados del AMFE, el Diagrama de Ishikawa y la técnica de los 5 Porqués desarrollados en el capítulo anterior, garantizando coherencia metodológica entre el diagnóstico y la intervención propuesta.

Las propuestas que se desarrollan en este capítulo son las siguientes:

Propuesta 1

Implementación de un sistema ERP Odoo para la gestión de inventario, planificación de la producción y control de compras en el taller de resistencias cerámicas de Elyon Industrial S.A. La implementación del sistema ERP Odoo responde directamente a tres de las cuatro causas principales identificadas en el análisis de Pareto del Capítulo IV, donde las interrupciones por materiales faltantes, la ausencia de control de inventario y la falta de planificación formal de la producción representaron el 79% de las causas de retraso documentadas.

La propuesta establece un sistema digital integrado mediante tres módulos de Odoo: Inventario, Manufactura y Compras. El módulo de Inventario gestiona el stock en tiempo real y calcula automáticamente el punto de reorden para garantizar disponibilidad permanente de materiales. El módulo de Manufactura genera las órdenes de fabricación con carga automática de la lista de materiales y registra el consumo de insumos por cada unidad producida. El módulo de Compras cierra el ciclo generando solicitudes de reabastecimiento automáticas cuando el stock cae por debajo del nivel mínimo establecido. En conjunto, los tres módulos eliminan la dependencia del seguimiento verbal e informal que caracterizaba el proceso anterior, permitiendo al taller operar con información actualizada y trazable en todo momento.

Propuesta 2

Diseño e implementación de Procedimientos Operativos Estándar (SOP) digitales para el proceso de fabricación de resistencias cerámicas de banda, integrados al sistema ERP como fuente de datos para el seguimiento del desempeño operativo. El diseño e implementación de los Procedimientos Operativos Estándar digitales atiende la causa raíz identificada mediante la técnica de los 5 Porqués en el Capítulo IV, donde la ausencia de instrucciones formales de trabajo fue señalada como el origen de la variabilidad en los tiempos de fabricación, los defectos por ensamble incorrecto y la dependencia del conocimiento del operario.

El POE digitalizado establece por primera vez en Elyon Industrial S.A. un estándar documentado y verificable para la fabricación de resistencias cerámicas de banda, con parámetros técnicos fijos, criterios de aceptación medibles y un flujo de 16 pasos integrado al sistema Odoo, de modo que el registro de producción y el cierre de cada orden queden vinculados directamente a la ejecución del procedimiento. Con esto se espera reducir la tasa de reprocesos generada por errores de fabricación y eliminar la variabilidad que surge cuando el proceso depende del criterio individual de quien lo ejecuta en lugar de seguir un estándar definido.

Selección de sistema ERP

Con el fin de validar técnicamente la selección del sistema ERP propuesto, se elaboró una matriz de evaluación comparativa que analiza cinco plataformas ampliamente utilizadas en el mercado: SAP, Oracle, Microsoft Dynamics 365, Fractal y Odoo. La evaluación se realizó con base en cinco criterios ponderados según su relevancia para el contexto operativo de Elyon Industrial S.A., considerando que se trata de una empresa de manufactura de mediana escala que requiere una solución funcional, accesible y adaptable a sus procesos productivos sin incurrir en costos de implementación desproporcionados. Cada criterio fue calificado en una escala del 1 al 5, donde 1 corresponde a muy deficiente y 5 a excelente, y el puntaje final se obtuvo mediante una sumatoria ponderada que refleja la importancia relativa de cada factor. En la Tabla 22 Matriz de selección de sistema ERP se presentan los resultados de la evaluación.

Tabla 22 Matriz de selección de sistema ERP

Criterio	Pond. (%)	SAP	Oracle	Microsoft Dynamics 365	Fracttal	Odoo
		Nota (1-5)	Nota (1-5)	Nota (1-5)	Nota (1-5)	Nota (1-5)
Costo de licencia por usuario/año	25%	1	1	2	3	5
Facilidad de uso	20%	2	2	3	3	5
Capacitación requerida	20%	1	1	2	3	5
Tiempo de respuesta de soporte	15%	4	4	4	3	4
Adaptabilidad a PYME manufacturera	20%	2	2	3	4	5
PUNTAJE TOTAL PONDERADO	100%	1.85	1.85	2.70	3.20	4.85

Escala: 1 = Muy deficiente | 2 = Deficiente | 3 = Aceptable | 4 = Bueno | 5 = Excelente

Nota: Pablo Chacón Morúa

Con el propósito de fundamentar técnica y económicamente la selección del sistema ERP propuesto, se presenta a continuación una comparación de los costos de licenciamiento por usuario al mes para cada una de las plataformas evaluadas en la Tabla 23 Tabla comparativa de Sistemas ERP. Esta información permite visualizar de manera objetiva la brecha de costos entre las soluciones analizadas y su viabilidad real para una empresa de manufactura de mediana escala como Elyon Industrial S.A., donde la sostenibilidad financiera de la herramienta es tan relevante como su capacidad funcional.

Tabla 23 Tabla comparativa de Sistemas ERP

Sistema ERP	Tipo de licencia	USD/usuario/mes	Perfil de usuario	Observación
SAP Business One	Profesional	~\$100 – \$150	Administrador / acceso total	Modalidad SaaS. Contrato mínimo 3 años. Implementación no incluida.
SAP Business One	Limitada	~\$52	Módulos específicos	Acceso restringido. No cubre manufactura completa.

Oracle Cloud ERP	Por módulo	\$175 – \$625	Todos los usuarios	Precio según módulos contratados. Mínimo 10 usuarios. Orientado a grandes empresas.
Microsoft Dynamics 365	Premium	~\$95	Acceso completo manufactura +	Único plan con módulo de producción y listas de materiales (BOM).
Microsoft Dynamics 365	Essentials	~\$70	Acceso estándar	Sin módulo de manufactura ni órdenes de fabricación.
Microsoft Dynamics 365	Team Member	~\$8	Consulta y aprobaciones	Solo lectura y tareas básicas de flujo de trabajo.
Fractal One	Por cotización	~\$40 – \$80 (estimado)	Variable según plan	CMMS/EAM orientado a mantenimiento. Sin precio público oficial. Estimación basada en rangos de mercado LATAM (2026).
Odoo Enterprise	Plan Estándar	\$13.60	Todos los usuarios sin restricción	Incluye Manufactura, Inventario y Compras. Sin costo adicional por módulo. Precio vigente mayo 2026.

Nota: Pablo Chacón Morúa

Como se puede observar en la Tabla 24 Puntaje ponderado final por sistema ERP, el puntaje ponderado final de cada sistema ERP evaluado refleja el nivel de adecuación de cada plataforma frente a los criterios definidos para el contexto operativo de Elyon Industrial S.A. Los resultados permiten establecer una comparación objetiva entre las cinco alternativas analizadas, facilitando la toma de decisión con base en evidencia cuantificable y no en preferencias subjetivas.

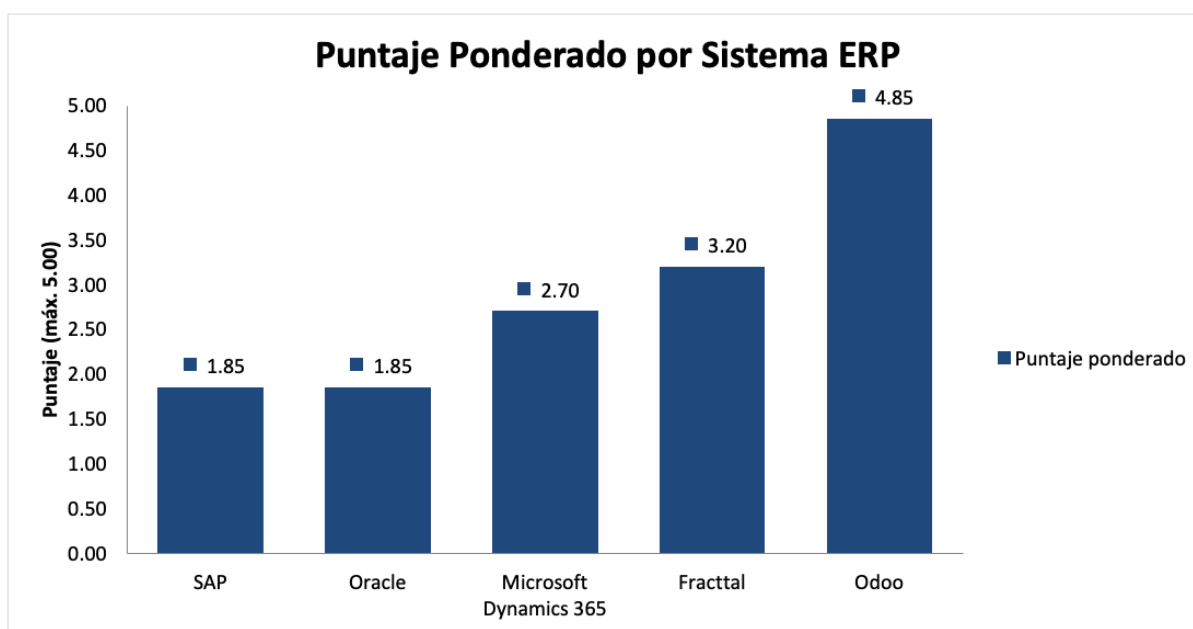
Tabla 24 Puntaje ponderado final por sistema ERP

Sistema ERP	Puntaje ponderado
SAP	1.85
Oracle	1.85
Microsoft Dynamics 365	2.70
Fractal	3.20
Odoo	4.85

Nota: Pablo Chacón Morúa

En el Figura 87 Puntaje ponderado por Sistema ERP se visualiza con claridad que Odoo obtuvo el puntaje ponderado más alto de las cinco plataformas evaluadas, lo que respalda su selección como herramienta ERP para la propuesta. Esta posición destacada se explica principalmente por tres factores: en primer lugar, su costo de licencia anual por usuario es significativamente inferior al de plataformas como SAP, Oracle y Microsoft Dynamics 365, lo que lo hace viable para una empresa del tamaño de Elyon sin comprometer la funcionalidad requerida. En segundo lugar, su interfaz intuitiva reduce considerablemente la curva de aprendizaje del personal involucrado, facilitando la adopción del sistema sin necesidad de procesos de capacitación extensos o costosos. Finalmente, al estar diseñado específicamente para atender a empresas de mediana escala, los procesos de soporte técnico son más ágiles y directos que los de plataformas corporativas, donde la atención está condicionada a estructuras burocráticas que ralentizan la resolución de incidencias.

Figura 87 Puntaje ponderado por Sistema ERP



Nota: Tabla 24 Puntaje ponderado final por sistema ERP

Desarrollo propuesta 1: Sistema ERP Odoo: Inventario, Manufactura y Compras

Para comprender el alcance de esta propuesta es necesario partir del proceso que actualmente opera en el taller de Elyon Industrial S.A. Cuando llega una orden de cliente al sistema Monday, el jefe de taller la revisa, diseña la resistencia y le comunica verbalmente al operario qué debe fabricar. El operario elabora una lista manual de materiales y revisa físicamente la bodega para verificar si hay

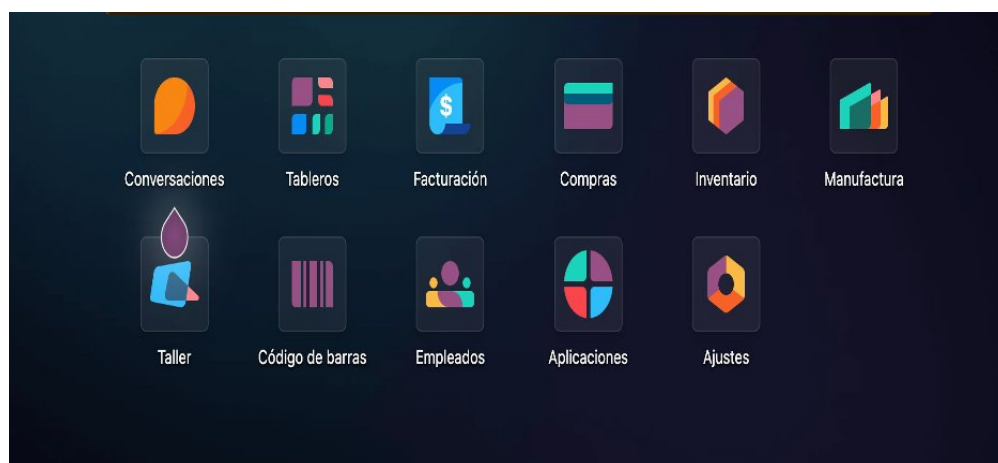
insumos disponibles. Si hay material, inicia la fabricación. Si no hay, avisa a la coordinadora, quien realiza una compra de emergencia a precios no negociados, lo que genera costos adicionales, retrasos y horas extra para cumplir con el cliente. No existe registro formal de ningún paso de este proceso: ni de las verificaciones de inventario, ni de las órdenes de fabricación, ni del consumo de materiales por unidad producida.

Este modelo informal fue documentado y cuantificado en el Capítulo IV: el 32.41% de las órdenes del período presentaron interrupciones por falta de material, el costo total de ineficiencias ascendió a \$9,524.67 USD en tres meses, y las etapas de planificación obtuvieron los NPR más altos del AMFE (648 y 504 puntos). La propuesta que se desarrolla a continuación responde directamente a esta realidad mediante la implementación de tres módulos integrados de Odoo: Inventario, Manufactura y Compras.

Configuración inicial del sistema.

La implementación parte de la instalación de los módulos en la plataforma Odoo. En una primera instancia se instalaron los módulos de Inventario y Manufactura. Posteriormente se incorporó el módulo de Compras para completar el ciclo de reabastecimiento automático, quedando el sistema con cuatro módulos operativos: Inventario, Manufactura, Compras y Facturación como se observa en la Figura 88 Configuración inicial del sistema

Figura 88 Configuración inicial del sistema



Nota: Pablo Chacón Morúa

Módulo de Inventario

El módulo de Inventario es el punto de partida del sistema propuesto. Su función principal es reemplazar la revisión física manual de bodega que dependía del criterio del operario y no generaba registro alguno por un sistema digital que monitorea el stock de todos los materiales del BOM en tiempo real y activa automáticamente el ciclo de reabastecimiento cuando cualquier insumo cae por debajo del nivel mínimo definido. Esto elimina la raíz del problema más costoso documentado en el Capítulo IV: los quiebres de inventario que generaron \$6,621.30 USD en tiempo de interrupción durante el período analizado. En la Tabla 25 Análisis de Modulo de Inventario, se puede observar un análisis de un antes y después del módulo en la operación del taller de Elyon Industrial

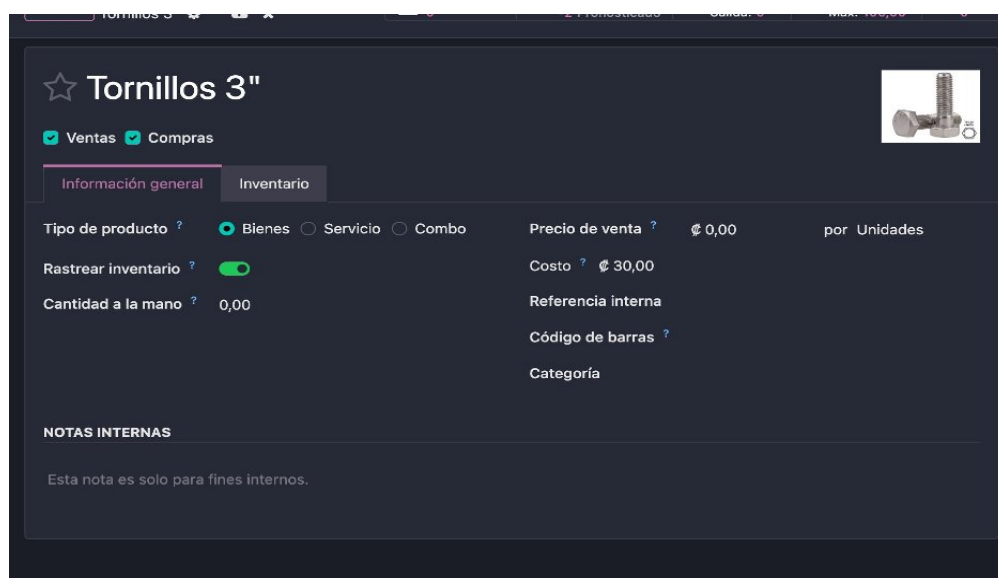
Tabla 25 Análisis de Modulo de Inventario

Situación actual	Con la propuesta
El operario revisaba físicamente la bodega con una lista en papel para verificar si había material. Si faltaba algo, se avisaba a la coordinadora quien compraba de urgencia a precios no negociados. No había punto de reorden, no había registro de entradas ni salidas, y los aisladores de cerámica insumo más crítico y de mayor costo (\$37.50/orden) se agotaron en 35 de las 108 órdenes del período.	El sistema monitorea el stock en tiempo real y activa la alerta de reabastecimiento automáticamente cuando el stock cae por debajo del mínimo. Calcula la cantidad a ordenar y la fecha límite del pedido considerando el lead time del proveedor, garantizando que el material llegue antes de que afecte la producción. Las compras de emergencia y sus costos adicionales se eliminan.

Nota: Pablo Chacón Morúa

Registro de productos con rastreo de inventario activo

El primer paso de la implementación consiste en registrar cada material del BOM como producto en el sistema con el rastreo de inventario habilitado. Este ajuste le indica a Odoo que debe monitorear el stock de ese insumo de forma continua. En la ficha de cada producto se registra el tipo de bien, el costo unitario y el proveedor con su plazo de entrega, que son los datos que el sistema utiliza para calcular automáticamente las fechas de pedido y recepción como puede observar en la Figura 89 Registro de producto.

Figura 89 Registro de producto


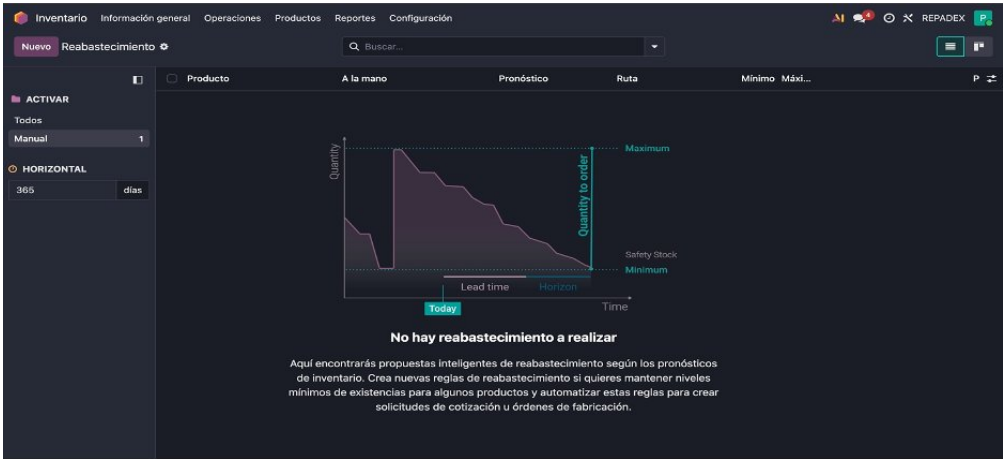
The screenshot shows a web application interface for product registration. At the top, there's a header with a star icon and the text 'Tornillos 3\". Below this, there are two tabs: 'Información general' (selected) and 'Inventario'. The 'Información general' tab contains several fields: 'Tipo de producto' with radio buttons for 'Bienes' (selected), 'Servicio', and 'Combo'; 'Rastrear inventario' with a green toggle switch; 'Cantidad a la mano' with a value of '0,00'; 'Precio de venta' with a value of '€ 0,00' and the unit 'por Unidades'; 'Costo' with a value of '€ 30,00'; 'Referencia interna'; 'Código de barras'; and 'Categoría'. There is also a small image of a screw. At the bottom, there is a section for 'NOTAS INTERNAS' with a placeholder text 'Esta nota es solo para fines internos.'

Nota: Pablo Chacón Morúa

Configuración del punto de reorden (ROP)

Con los productos registrados, se configuran las reglas de reabastecimiento en Inventario → Operaciones → Reabastecimiento. La pantalla muestra la lógica del sistema: cuando el stock cae por debajo del nivel mínimo, el sistema calcula automáticamente la cantidad a ordenar para alcanzar el nivel máximo, considerando el lead time del proveedor para garantizar la recepción del material antes de que el inventario se agote. Para los aisladores de cerámica se configuró un mínimo de 8,100 unidades y un máximo de 10,800, calculados con base en el consumo mensual documentado y el lead time de 45 días del proveedor HI TECH CERAMIC, como se puede observar en la Figura 90 Módulo de inventario

Figura 90 Módulo de inventario



Nota: Pablo Chacón Morúa

El stock actual de 3,500 unidades está por debajo del mínimo de 8,100 y el sistema activa inmediatamente la alerta de reabastecimiento, calculando que se deben ordenar 7,300 unidades para alcanzar el nivel máximo. Este escenario reproduce exactamente lo que ocurría en el proceso actual cuando se agotaban los aisladores, con la diferencia de que Odoo detecta el quiebre antes de que impacte la producción y genera la solicitud de compra automáticamente como se puede observar en la Figura 91 Alerta de reabastecimiento activa

Figura 91 Alerta de reabastecimiento activa

Nuevo Reabastecimiento		Por reordenar		Sin posponer		Producto		Buscar...		1-1/1			
Producto	A la m...	Pronóstico		Mínimo		Máximo		Por ordenar					
Aisladores de ceramica				8.100,00		10.800,00							
Aisladores de ceramica	0,00	0,00		8.100,00		10.800,00		10.800,00		Orden		Automatizar	
												Posponer	

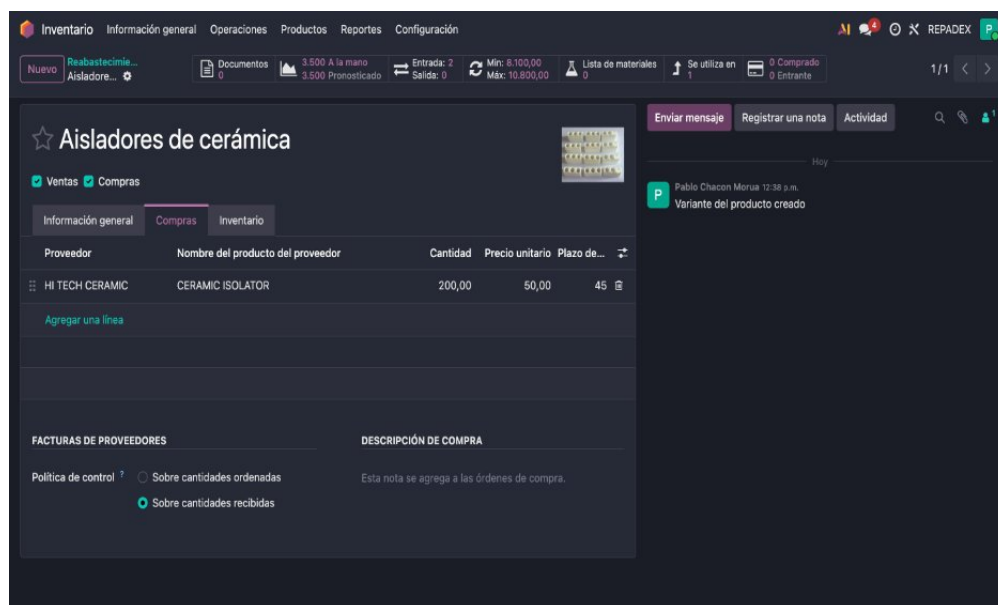
Nota: Pablo Chacón Morúa

Vinculación de proveedor por producto

Para que el ciclo opere de forma completamente automática, cada material tiene configurado su proveedor en la pestaña Compras de su ficha. En el caso de los aisladores de cerámica se registró al proveedor HI TECH CERAMIC con su nombre de producto (CERAMIC ISOLATOR), precio unitario (\$50.00) y plazo de entrega (45 días). Esta información sustituye el proceso actual donde la coordinadora debía buscar el proveedor, negociar el precio y estimar la fecha de llegada cada

vez que se presentaba un quiebre, como se puede observar en la Figura 92 Ficha de aisladores de cerámica

Figura 92 Ficha de aisladores de cerámica



Nota: Pablo Chacón Morúa

Regla de reorden activa

Con el proveedor y los parámetros de stock configurados, la pantalla de Reabastecimiento muestra la regla activa con toda la información necesaria para gestionar el inventario sin intervención manual: stock actual, mínimo, máximo y cantidad a ordenar. El coordinador solo necesita hacer clic en «Orden» para activar el ciclo como se puede observar en la Figura 94 Ejemplo de orden de fabricación

Figura 93 Regla de reabastecimiento



Nota: Pablo Chacón Morúa

A continuación se presenta la Tabla 26 Beneficios de módulo de inventario del módulo propuesto:

Tabla 26 Beneficios de módulo de inventario

Beneficios del módulo de Inventario para Elyon Industrial S.A.	
Visibilidad en tiempo real	Reemplaza la revisión física manual de bodega por un panel digital actualizado en tiempo real, eliminando la dependencia del criterio del operario para conocer el stock disponible.
Punto de reorden automático	El sistema detecta quiebres de inventario antes de que impacten la producción, atacando la causa principal del 32.41% de interrupciones y los \$6,621.30 USD en tiempo de paro del período.
Eliminación de compras de emergencia	Al anticiparse al agotamiento de materiales con el lead time del proveedor, desaparecen las compras de urgencia a precios no negociados que incrementaban el costo de adquisición.
Trazabilidad de movimientos	Cada entrada y salida de material queda registrada con fecha, cantidad y referencia, generando el historial de inventario que hoy no existe en el taller.
Base para los demás módulos	El stock actualizado en tiempo real alimenta directamente la verificación de materiales del módulo de Manufactura y las órdenes de compra del módulo de Compras.

Nota: Pablo Chacón Morúa

Módulo de Manufactura

El módulo de Manufactura reemplaza el flujo verbal e informal de gestión de órdenes de producción por un sistema digital que genera un expediente trazable por cada unidad fabricada. En el proceso actual, el jefe de taller le indica verbalmente al operario qué fabricar, no existe registro de cuándo se inició ni se completó cada orden, y el consumo de materiales no se documenta. Con

este módulo, cada orden de fabricación tiene un número único (WH/MO/XXXXX), un registro de todos los materiales consumidos y un historial cronológico con sello de hora y usuario, generando la trazabilidad completa que el taller nunca ha tenido. En la Tabla 27Análisis de implementación de módulo de manufactura , se puede observar un análisis de un antes y después del módulo en la operación del taller de Elyon Industrial

Tabla 27Análisis de implementación de módulo de manufactura

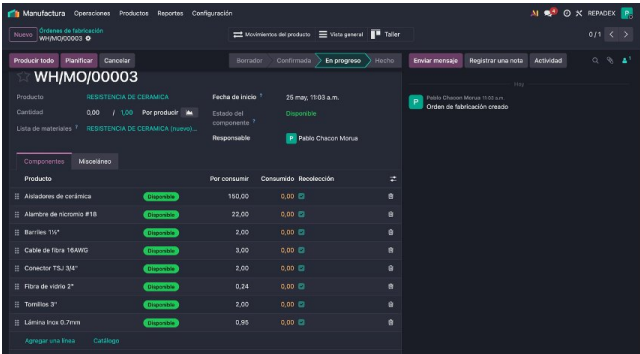
Situación actual	Con la propuesta
Las órdenes de producción se asignaban verbalmente. No había expediente por orden, ni registro de materiales consumidos, ni historial de tiempos. El 28.70% de las órdenes se entregaron fuera del tiempo comprometido y no existía forma de identificar en qué etapa se originaban los retrasos.	Cada orden genera un expediente digital con número correlativo, BOM cargado automáticamente, verificación de disponibilidad de materiales, registro de consumo real y sello de hora de inicio y cierre. Todo el historial queda trazable por orden, por período y por material consumido.

Nota: Pablo Chacón Morúa

Creación de la orden y verificación de materiales

Al crear una orden de fabricación, el sistema carga automáticamente la Lista de Materiales (BOM) y verifica en tiempo real la disponibilidad de cada componente contra el stock del módulo de Inventario. Los materiales con stock suficiente aparecen en verde (Disponible) y los que presentan insuficiencia en rojo (No disponible). Este control preventivo reemplaza la revisión manual con lista en papel y detecta cualquier faltante antes de comprometer la orden, no durante la fabricación como se puede observar en la Figura 94 Ejemplo de orden de fabricación.

Figura 94 Ejemplo de orden de fabricación

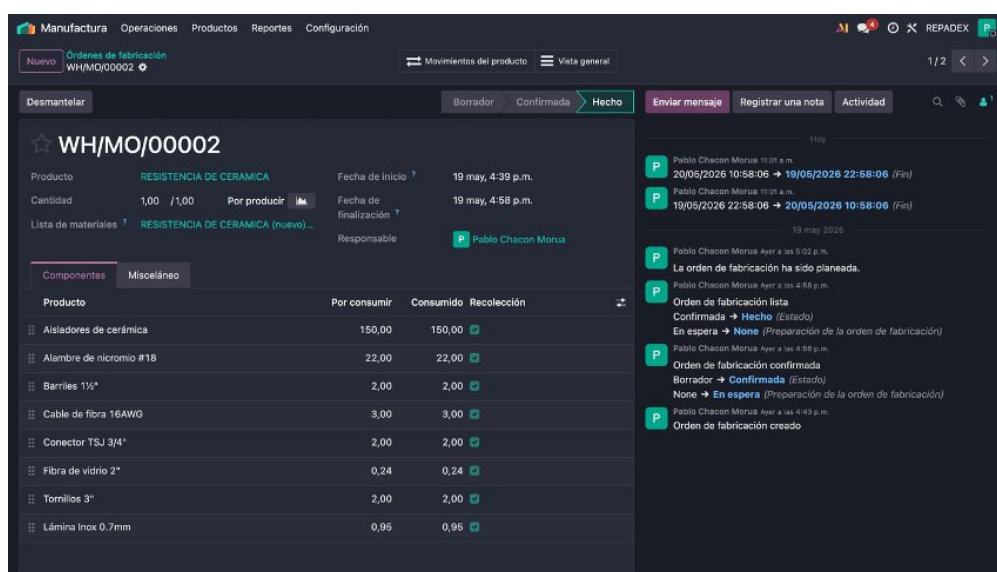


Nota: Pablo Chacón Morúa

Cierre de la orden y registro de consumo

Al completar la fabricación y ejecutar «Producir todo», el sistema registra automáticamente el consumo de todos los materiales del BOM, actualiza el inventario descontando los insumos utilizados y sella el expediente con la fecha y hora de inicio y finalización. El historial lateral documenta cada cambio de estado con sello de hora y nombre del responsable, generando el registro cronológico completo que antes no existía como se puede observar en la Figura 95 Ejemplo de orden de fabricación- revisión de stock.

Figura 95 Ejemplo de orden de fabricación- revisión de stock

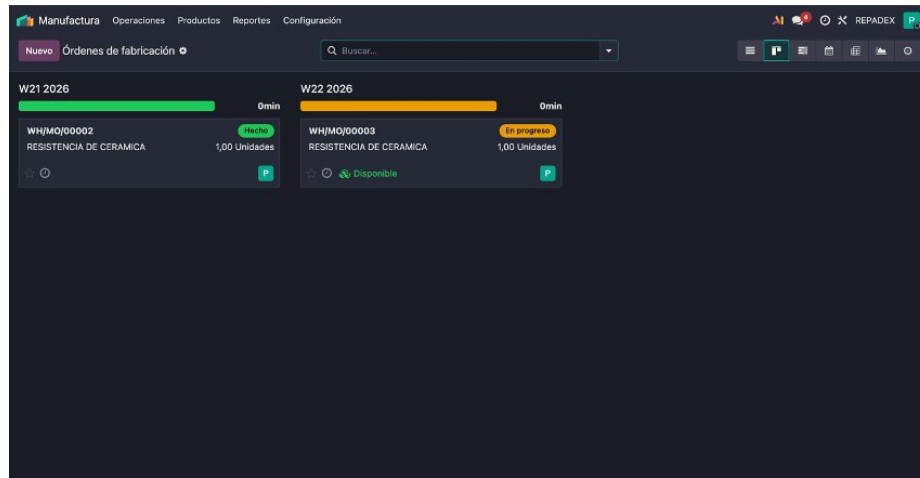


Nota: Pablo Chacón Morúa

Tablero de producción Kanban

El módulo ofrece una vista Kanban del tablero de producción que agrupa las órdenes activas por semana y muestra su estado en tiempo real (En progreso, Hecho, Cancelada). Esta vista le permite al jefe de taller monitorear la carga de trabajo semanal con un solo vistazo, reemplazando el seguimiento informal actual que dependía de la memoria del operario o preguntas verbales sobre el estado de cada orden como se puede observar en la

Figura 96 KANBAN

Figura 96 KANBAN

Nota: Pablo Chacón Morúa

Trazabilidad de materiales por orden

Al cerrar cada orden, el sistema genera automáticamente los movimientos de inventario correspondientes. El registro detalla cada transacción: producto, cantidad, ubicación de origen (WH/Stock), destino (Production), fecha y hora exactas y referencia a la orden. Para la orden WH/MO/00002 se generaron 9 transacciones: 8 salidas de materiales hacia producción y 1 entrada de RESISTENCIA DE CERAMICA como producto terminado, cerrando el ciclo de trazabilidad completo como se puede observar en la Figura 97 Movimientos de inventario de la orden

Figura 97 Movimientos de inventario de la orden

Fecha	Referencia	Producto	Desde	A	Cantidad	Estado
19 may, 4:58 p.m.	WH/MO/00002	Tornillos 3"	WH/Stock	Production	2,00	Hecho
19 may, 4:58 p.m.	WH/MO/00002	RESISTENCIA DE CERAMICA	Production	WH/Stock	1,00	Hecho
19 may, 4:58 p.m.	WH/MO/00002	Lámina Inox 0.7mm	WH/Stock	Production	0,95	Hecho
19 may, 4:58 p.m.	WH/MO/00002	Fibra de vidrio 2"	WH/Stock	Production	0,24	Hecho
19 may, 4:58 p.m.	WH/MO/00002	Conector TSJ 3/4"	WH/Stock	Production	2,00	Hecho
19 may, 4:58 p.m.	WH/MO/00002	Cable de fibra 16AWG	WH/Stock	Production	3,00	Hecho
19 may, 4:58 p.m.	WH/MO/00002	Barriles 1 1/2"	WH/Stock	Production	2,00	Hecho
19 may, 4:58 p.m.	WH/MO/00002	Alambre de nicromio #18	WH/Stock	Production	22,00	Hecho
19 may, 4:58 p.m.	WH/MO/00002	Aisladores de cerámica	WH/Stock	Production	150,00	Hecho

Nota: Pablo Chacón Morúa

A continuación se presenta la Tabla 28 Beneficios de Modulo de Manufactura del módulo propuesto:

Tabla 28 Beneficios de Modulo de Manufactura

Beneficios del módulo de Manufactura para Elyon Industrial S.A.		
Expediente digital por orden		Cada orden tiene un número único correlativo con historial completo, reemplazando la gestión verbal que imposibilitaba conocer el estado real de la producción.
Verificación preventiva de materiales		El sistema detecta faltantes antes de confirmar la orden, eliminando los paros por falta de material durante la fabricación que representaron el 32.41% de las interrupciones.
Consumo automático del BOM		Al cerrar la orden, los 8 materiales del BOM se descuentan automáticamente del inventario, eliminando el registro manual y sus errores asociados.
Tablero de control semanal		La vista Kanban permite monitorear la carga de trabajo y el estado de cada orden sin necesidad de preguntar verbalmente al operario.
Integración con Inventario y Compras		El consumo de materiales actualiza el stock en tiempo real y activa automáticamente el ciclo de reabastecimiento si algún insumo cae por debajo del punto de reorden.

Nota: Pablo Chacón Morúa

Módulo de Compras

El módulo de Compras cierra el ciclo de reabastecimiento que inicia en el módulo de Inventario. En el proceso actual, cuando se detectaba un quiebre de stock la coordinadora recibía un aviso verbal o por mensaje y realizaba la compra de urgencia sin proceso formal, sin solicitud de cotización y sin registro del pedido. Con este módulo, la detección del quiebre en Inventario genera automáticamente una Solicitud de Cotización (RFQ) dirigida al proveedor configurado, con toda la información del pedido calculada por el sistema: cantidad, precio, fecha límite y fecha de recepción esperada. Se puede observar un análisis de un antes y después del módulo en la Tabla 29 Análisis de Implementación de Módulo de compras operación del taller de Elyon Industrial.

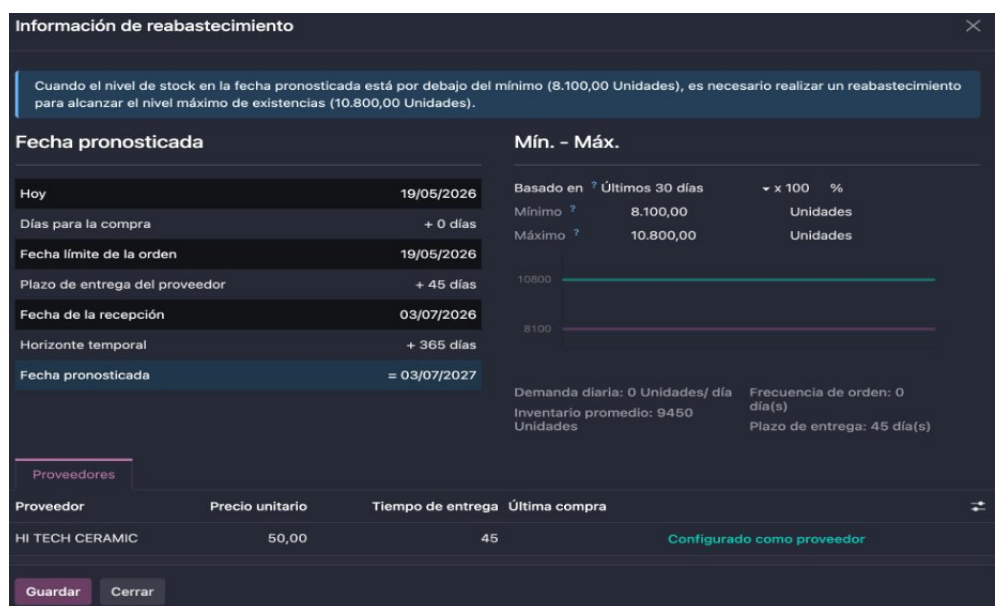
Tabla 29 Análisis de Implementación de Módulo de compras

Situación actual	Con la propuesta
Las compras se realizaban de forma reactiva cuando el material ya se había agotado. La coordinadora compraba de urgencia a precios no negociados, sin solicitud formal, sin seguimiento del pedido y sin fecha de entrega confirmada. Esto derivaba en retrasos adicionales, horas extra y clientes insatisfechos.	El sistema genera automáticamente la Solicitud de Cotización con proveedor, cantidad, precio y fechas calculadas considerando el lead time. La coordinadora solo confirma la orden. Todo queda registrado y trazable, y las compras se realizan con anticipación planificada y no de emergencia.

Nota: Pablo Chacón Morúa

Cálculo automático de fechas de reabastecimiento

Al activar la orden desde el módulo de Inventario, el sistema despliega la información de reabastecimiento con el cálculo completo de fechas. Para los aisladores de cerámica calcula que la fecha límite del pedido es el 19/05/2026, el lead time del proveedor es de 45 días y la fecha de recepción esperada es el 03/07/2026. También muestra el rango de stock (mínimo 8,100 máximo 10,800), el inventario promedio (9,450 unidades) y el proveedor con su precio. Este nivel de información automática sustituye completamente la estimación informal del proceso actual, como se puede observar en la Figura 98 Información de reabastecimiento

Figura 98 Información de reabastecimiento

Nota: Pablo Chacón Morúa

Solicitud de cotización y panel de compras

Una vez confirmada la alerta, el sistema genera automáticamente la Solicitud de Cotización P00001 en el módulo de Compras. El panel muestra el estado de todos los pedidos activos, la fecha límite, el monto y el porcentaje de entregas cumplidas a tiempo (100%), lo que permite evaluar el desempeño del ciclo de adquisiciones con un solo vistazo como se puede observar en la figura 99.

Figura 99 Modulo de compras generada automáticamente

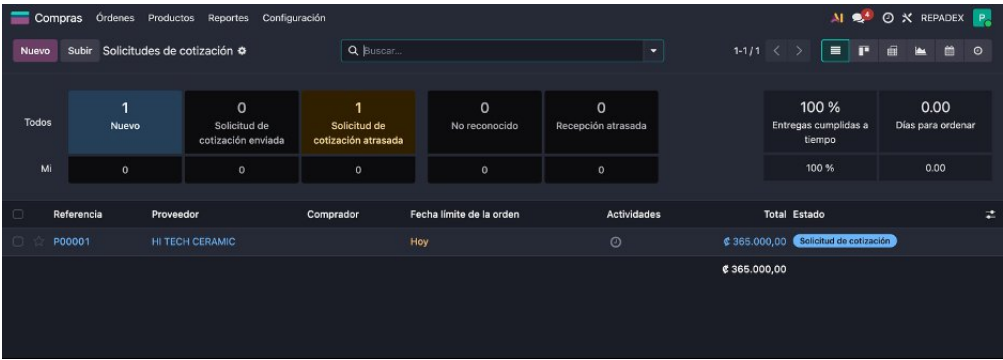
The screenshot shows the 'Compras' module with a 'Solicitud de cotización' for P00001. The provider is HI TECH CERAMIC. The product is Aisladores de cerámica (CERAMIC ISOLATOR) with a quantity of 7,300 units at a unit price of 50.00, resulting in a subtotal of \$365,000.00. The total is also \$365,000.00. The interface includes a navigation bar and a sidebar with various action buttons like 'Enviar solicitud de cotización', 'Confirmar orden', 'Imprimir', 'Cancelar', 'Solicitud de cotización', 'Orden de compra', 'Enviar mensaje', 'Registrar una nota', and 'Actividad'.

Nota: Pablo Chacón Morua

Detalle de la orden de compra

El detalle de la Solicitud P00001 consolida toda la información necesaria para completar la compra: proveedor HI TECH CERAMIC, producto Aisladores de cerámica (CERAMIC ISOLATOR), 7,300 unidades a \$50.00 cada una, fecha límite 19 de mayo y fecha de entrega esperada 3 de julio, con un total de \$365,000. El coordinador confirma la orden con un clic. Al recibir el material y registrar la recepción, el stock se actualiza automáticamente en el módulo de Inventario cerrando el ciclo completo como se puede observar en la Figura 100 Detalle de solicitud.

Figura 100 Detalle de solicitud



Nota: Pablo Chacón Morua

A continuación se presenta la Tabla 30 Beneficios de módulo de compras del módulo propuesto:

Tabla 30 Beneficios de módulo de compras

Beneficios del módulo de Compras para Elyon Industrial S.A.	
Generación automática de OC	Las órdenes de compra se generan desde la alerta de inventario sin intervención manual, eliminando el proceso reactivo de compras de urgencia que incrementaba los costos de adquisición.
Cálculo automático de fechas	El sistema calcula la fecha límite del pedido y la fecha de recepción esperada considerando el lead time del proveedor, garantizando que el material llegue antes de afectar la producción.
Trazabilidad del ciclo de compras	Cada solicitud queda registrada con proveedor, cantidad, precio, fechas y estado, generando el historial de adquisiciones que hoy no existe y que permite auditar el ciclo completo.
Panel de desempeño de proveedores	El módulo registra entregas cumplidas a tiempo y días promedio para ordenar, generando indicadores objetivos para evaluar proveedores.
Integración con Inventario	Al confirmar la recepción, el stock se actualiza automáticamente en Inventario cerrando el ciclo sin registros manuales paralelos.

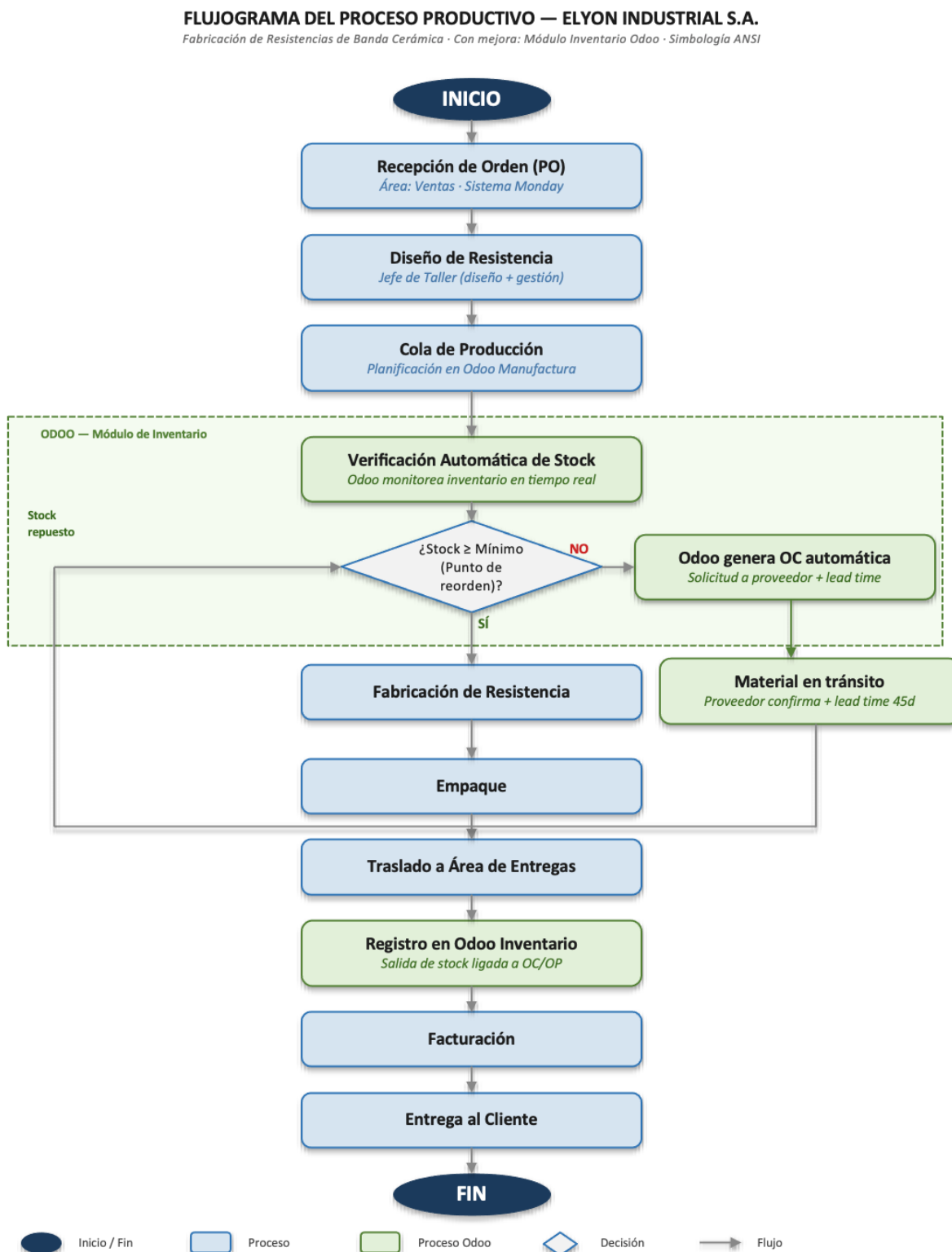
Nota: Pablo Chacón Morua

Flujo integrado del proceso con el sistema propuesto

Los tres diagramas de flujo que se presentan a continuación ilustran de forma visual cómo el sistema Odoo transforma el proceso productivo de Elyon Industrial S.A. Cada diagrama aborda una dimensión distinta del proceso: el flujo general con la integración del módulo de Inventario, el flujo completo del taller con los tres módulos integrados, y el flujo específico de gestión de órdenes de fabricación en el módulo de Manufactura. En conjunto, permiten comprender tanto la operación individual de cada módulo como su funcionamiento articulado dentro del sistema propuesto.

A diferencia del proceso actual, donde las actividades se ejecutan de forma manual y sin trazabilidad, los diagramas evidencian cómo cada etapa queda registrada y controlada digitalmente. Los recuadros resaltados identifican las actividades gestionadas por Odoo, mientras que los puntos de decisión muestran cómo el sistema responde automáticamente ante situaciones como la falta de materiales o el alcance del punto de reorden. De esta manera, los diagramas no solo describen la secuencia del proceso, sino que también demuestran el valor agregado de la automatización en la reducción de interrupciones y en el aseguramiento de la continuidad operativa como se puede observar en la Figura 101 Diagrama de flujo del proceso con integración de módulo Odoo.

Figura 101 Diagrama de flujo del proceso con integración de módulo Odoo



Nota: El módulo de Inventario Odoo elimina el loop de compras de emergencia documentado en el proceso actual. Elaboración propia (2026).

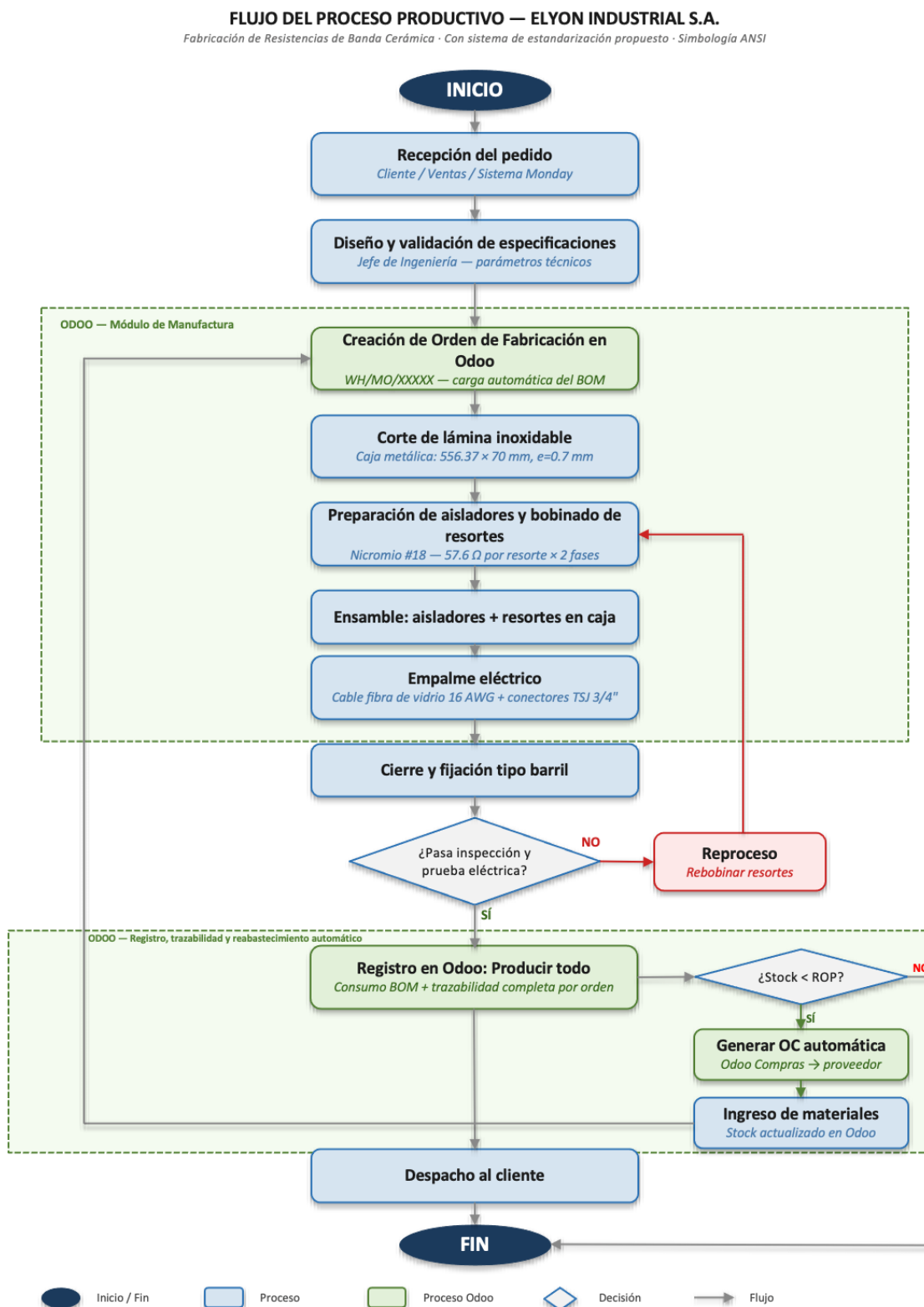
Nota: Pablo Chacón Morua

La **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** ilustra el rediseño del proceso productivo a partir de la incorporación del módulo de Inventario de Odoo. Este diagrama representa de forma visual cómo cambia la operación del taller cuando se pasa de un modelo manual a uno digitalizado, permitiendo comparar directamente la manera en que se ejecutaban las actividades antes y cómo se ejecutan con el sistema propuesto. El recuadro verde punteado delimita las etapas que pasan a ser gestionadas digitalmente por el sistema, sustituyendo la revisión física manual de bodega donde el operario debía trasladarse hasta el área de almacenamiento y verificar visualmente la existencia de material por una verificación automática de stock en tiempo real que el sistema realiza de manera continua y sin intervención humana.

El punto central de este rediseño es el rombo de decisión que evalúa si el stock disponible supera el mínimo configurado, conocido como punto de reorden. Este rombo representa el quiebre que diferencia el proceso propuesto del proceso actual, ya que introduce un control automático que antes no existía. Cuando el stock es suficiente, el flujo continúa de forma normal hacia la fabricación de la resistencia sin ningún tipo de interrupción, lo que permite que el operario trabaje de manera fluida y sin tener que detenerse a confirmar la disponibilidad de insumos. En cambio, cuando el stock se encuentra por debajo del mínimo, el sistema reacciona de inmediato y genera automáticamente la orden de compra dirigida al proveedor correspondiente, adelantándose al agotamiento del material antes de que este afecte la producción.

Esta lógica de funcionamiento es precisamente la que permite eliminar el ciclo de compras de emergencia documentado en el Capítulo IV, el cual fue identificado como el causante del 32.41% de los paros registrados durante el período de estudio. En el proceso actual, la falta de un punto de reorden obligaba a realizar compras apresuradas y a precios elevados cada vez que se agotaba un material, generando retrasos, sobrecostos y tiempos muertos en el taller. Con la integración del módulo de Inventario, este comportamiento reactivo se transforma en uno preventivo, en el que el sistema anticipa las necesidades de material y mantiene el flujo productivo de manera constante. De esta forma, el diagrama no solo muestra la secuencia de actividades del proceso, sino que evidencia el valor real que aporta la automatización en términos de continuidad operativa, reducción de interrupciones y mejora en el aprovechamiento del tiempo de trabajo.

Figura 102 Diagrama de flujo completo con la integración de sistema Odoo



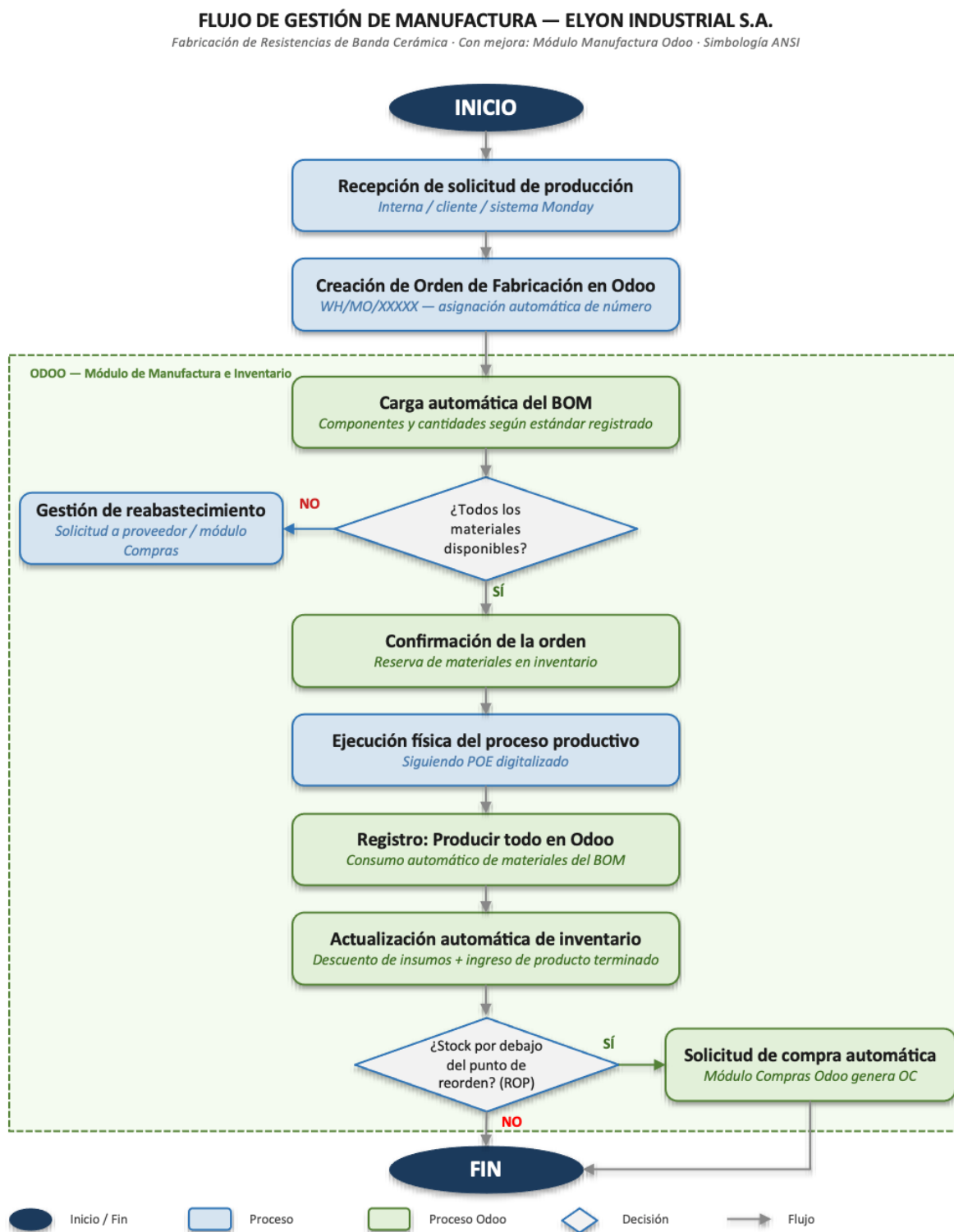
Nota: Pablo Chacón Morua

La Figura 103 Flujo del proceso productivo del taller con sistema de estandarización propuesto presenta el flujo completo del proceso productivo del taller de Elyon Industrial S.A. con el sistema de estandarización propuesto implementado en su totalidad. Este diagrama constituye la representación más integral de la propuesta, ya que reúne en un solo flujo todas las etapas de fabricación de la resistencia cerámica de banda, desde la recepción del pedido hasta el despacho final al cliente. A diferencia del diagrama anterior, que ilustra únicamente la integración del módulo de Inventario, este flujo incorpora los tres módulos de Odoo operando de forma articulada: Manufactura gestiona la creación de la Orden de Fabricación con la carga automática del BOM y el registro del consumo de materiales, Inventario mantiene el stock actualizado en tiempo real, y Compras cierra el ciclo generando la solicitud de compra automática cuando el stock cae por debajo del punto de reorden. Esta integración demuestra que las tres herramientas no operan de manera aislada, sino como un sistema continuo en el que cada acción ejecutada en un módulo genera una respuesta automática en los demás.

La nota de "Stock garantizado" que aparece junto a la creación de la orden resume el argumento central de la propuesta. El punto de reorden automático elimina la posibilidad de iniciar una fabricación sin contar con los materiales necesarios, lo que convierte las interrupciones por falta de insumos que en el proceso actual representaron el 32.41% de las órdenes analizadas en un evento estructuralmente imposible dentro del nuevo sistema. De esta forma, el diagrama no solo describe la secuencia de actividades, sino que evidencia el cambio de fondo que introduce la propuesta: pasar de una operación reactiva, donde los problemas se atienden cuando ya ocurrieron, a una operación preventiva, donde el sistema anticipa las necesidades de material antes de que afecten la producción.

Finalmente, el rombo de reproceso con retorno al bobinado de resortes formaliza el único punto de retrabajo aceptado dentro del proceso. La incorporación de este punto de decisión establece un flujo de control de calidad que antes no existía de manera documentada, ya que define con claridad qué debe ocurrir cuando una resistencia no cumple con la prueba de inspección eléctrica. En lugar de descartar la pieza o reprocesarla sin un criterio establecido, el sistema indica la acción correctiva específica rebobinar los resortes y la reintegra al flujo en la etapa correspondiente, garantizando así la trazabilidad del retrabajo y la consistencia de la calidad del producto final.

Figura 103 Flujo del proceso productivo del taller con sistema de estandarización propuesto



Nota: El módulo de Manufactura Odoo gestiona desde la carga del BOM hasta el registro de consumo y la verificación automática del punto de reorden. Elaboración propia (2026).

Nota: Pablo Chacón Morúa

La Figura 103 Flujo del proceso productivo del taller con sistema de estandarización propuesto detalla el flujo específico de gestión de órdenes de fabricación dentro del módulo de Manufactura de Odoo, desde la recepción de la solicitud de producción hasta el cierre del expediente digital. Este diagrama complementa los dos anteriores al mostrar la lógica interna del módulo: la carga automática del BOM activa la verificación de disponibilidad de cada componente, y la confirmación de la orden reserva los materiales en inventario para garantizar que no sean asignados a otra orden en paralelo. El rombo de decisión al final del flujo que evalúa si el stock cayó por debajo del punto de reorden tras el consumo de materiales cierra el ciclo de integración entre Manufactura, Inventario y Compras, demostrando que los tres módulos no operan de forma independiente sino como un sistema continuo donde cada acción en uno genera una respuesta automática en los demás.

Propuesta 2: Procedimiento Operativo Estándar (POE) Digital para la Fabricación de Resistencias Cerámicas

El análisis de causas raíz desarrollado mediante la técnica de los 5 Porqués en el Capítulo IV concluyó que la variabilidad del proceso productivo y los defectos por ensamble incorrecto se originan en un mismo punto: la ausencia de instrucciones formales de trabajo. En Elyon Industrial S.A., el proceso de fabricación de resistencias cerámicas de banda se transmite de forma oral entre el jefe de taller y el operario, sin documentación escrita, sin parámetros técnicos definidos y sin criterios de aceptación verificables. Cada resistencia se fabrica según el criterio y la experiencia del operario disponible ese día, lo que genera resultados variables e imposibles de auditar.

Esta propuesta establece, por primera vez en la empresa, un Procedimiento Operativo Estándar (POE) documentado y digitalizado para la fabricación de resistencias cerámicas de banda completa en la configuración estándar de Elyon Industrial S.A. El POE define los parámetros técnicos fijos, los materiales requeridos según el BOM registrado en Odoo, un flujo de 16 pasos secuenciales con criterios técnicos por etapa y una tabla de criterios de aceptación con valores medibles. Al integrarse con el módulo de Manufactura de Odoo, el cierre de cada orden de fabricación queda vinculado a la ejecución del procedimiento, generando trazabilidad completa del proceso productivo. En la Tabla 31 Análisis de situación sobre el estándar de fabricación de resistencias se puede observar un análisis de un antes y un después sobre la situación del taller de fabricación de resistencias respecto a la propuesta.

Tabla 31 Análisis de situación sobre el estándar de fabricación de resistencias

Situación actual	Con la propuesta
El proceso de fabricación dependía exclusivamente del conocimiento empírico del operario. No existía ningún documento que definiera los pasos, los parámetros técnicos ni los criterios de calidad. Ante la ausencia o cambio del operario habitual, la calidad y los tiempos del proceso se veían directamente afectados, generando defectos y reprocesos que representaron \$1,404.00 USD en costos de ineficiencia durante el período analizado.	El POE digitalizado establece un estándar documentado con 16 pasos, parámetros técnicos fijos, fórmulas de cálculo y criterios de aceptación medibles. Cualquier operario puede ejecutar el proceso siguiendo el procedimiento con el mismo resultado esperado, eliminando la dependencia del conocimiento individual y reduciendo la variabilidad y los reprocesos.

Nota: Pablo Chacón Morúa

Alcance y configuración estándar

Un aspecto crítico de la propuesta es la delimitación explícita del alcance del POE. El procedimiento aplica únicamente a la fabricación de resistencias de banda cerámica completa (1 segmento) con la configuración estándar que se detalla en la Tabla 32 Especificaciones técnicas estándar POE-FAB-001. Esta delimitación garantiza que los parámetros técnicos, las cantidades de materiales y los criterios de aceptación del POE sean aplicables a todas las órdenes de este tipo, sin variaciones que introduzcan subjetividad en la ejecución.

Tabla 32 Especificaciones técnicas estándar POE-FAB-001

Parámetro	Valor estándar
Tipo de resistencia	Banda cerámica banda completa (1 segmento)
Diámetro del cañón (Ø)	140 mm
Ancho de la resistencia	70 mm
Voltaje de operación	240 V
Número de fases	2 fases
Potencia nominal	2,000 W
Tipo de cierre	Barril
Tipo de conexión	Cable fibra de vidrio 16 AWG
Resistencia eléctrica calculada	$28.8 \Omega \pm 1.44 \Omega (\pm 5\%)$
Longitud de la caja	$476.37 \text{ mm} \pm 2 \text{ mm}$

Nota: Pablo Chacón Morúa

Estructura del POE-FAB-001

El Procedimiento Operativo Estándar POE-FAB-001 está estructurado en nueve secciones que cubren desde la identificación del documento hasta el control de cambios. La siguiente figura muestra el encabezado corporativo del procedimiento con su código, versión, fecha de emisión y responsables, elementos que garantizan la identificación única del documento y su trazabilidad a lo largo del tiempo.

Lista de materiales integrada con Odoo

Una de las ventajas clave del POE digitalizado es su integración directa con la Lista de Materiales (BOM) registrada en el módulo de Manufactura de Odoo. Los 8 insumos detallados en el POE corresponden exactamente a los 8 componentes que el sistema carga automáticamente al crear una orden de fabricación, garantizando coherencia entre el procedimiento documentado y el control digital de inventario. Esto elimina la lista manual en papel que el operario elaboraba informalmente antes de revisar la bodega como se observa en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia..**

Tabla 33 Lista de materiales de POE-FAB-001

POE-FAB-001 — Lista de Materiales (BOM)				
Resistencia de Banda Cerámica — Ø 140 mm 70 mm 240 V 2 fases 2,000 W Cierre barril Cable fibra de vidrio				
#	Material / Insumo	Cantidad	Unidad	Especificación técnica
1	Aisladores de cerámica	150	und	Combinación 2 × 7 orificios para ancho 70 mm, disposición entrelazada
2	Alambre de nicromio #18	22	m	Calibre #18 — 2 resortes de 57.6 Ω cada uno para 28.8 Ω total en paralelo
3	Barril 1½"	2	und	Acero inoxidable — cierre tipo barril en ambos extremos de la caja
4	Cable de fibra de vidrio 16 AWG	3	m	Aislamiento fibra de vidrio, 240 V — conexión de salida de cada fase
5	Conector TSJ 3/4"	2	und	Conexión a tierra, 3/4 pulgada — empalme nicromio–cable fibra de vidrio
6	Fibra de vidrio 2"	0.24	m²	Lámina para aislamiento térmico interior de la caja
7	Tornillos 3"	2	und	Acero inoxidable, cabeza hexagonal — fijación del cierre barril
8	Lámina Inox 0.7 mm	0.95	kg	AISI 304, e = 0.7 mm — corte a 556.37 × 70 mm para la caja metálica

Nota: Pablo Chacón Morúa

Procedimiento de fabricación 16 pasos

El procedimiento de fabricación se desarrolla en 16 pasos distribuidos en seis etapas secuenciales. Cada paso incluye la acción a ejecutar, los parámetros técnicos aplicables y las fórmulas de cálculo cuando corresponde. La secuencia garantiza que el proceso se ejecute siempre en el mismo orden, eliminando las variaciones derivadas del criterio individual del operario.

Etapas 1 Recepción y verificación de la orden (Pasos 1–3)

Crear orden en Odoo

Crear la Orden de Fabricación en el módulo de Manufactura. El sistema carga automáticamente el BOM y verifica disponibilidad de materiales. Si algún material aparece No disponible, detener y gestionar reabastecimiento antes de continuar.

Verificar especificaciones técnicas

Confirmar que el pedido corresponde a la configuración estándar: Ø 140 mm, ancho 70 mm, 240 V, 2 fases, 2,000 W, cierre barril, conexión cable fibra de vidrio. Cualquier desviación detiene la fabricación hasta aclarar con el cliente.

Calcular resistencia eléctrica requerida

Aplicar la fórmula: $\Omega = V^2 \div W = (240)^2 \div 2,000 = 28.8 \Omega$ total. Al ser 2 fases en paralelo, cada resorte debe medir 57.6 Ω . Registrar en la hoja de cálculo antes de bobinar.

Etapas 2 Cálculo y corte de la caja metálica (Pasos 4–6)

Calcular diámetro efectivo

Diámetro de cálculo = diámetro del cañón + grosor de aisladores (9 mm por lado): $140 + 9 + 9 = 158$ mm.

Calcular longitud de la caja

Perímetro = $158 \times \pi = 496.37$ mm. Restar gab estándar de 20 mm: 476.37 mm. Agregar 40 mm por extremo para pestañas de cierre: longitud total de corte = 556.37 mm.

Cortar lámina inoxidable

Cortar lámina AISI 304 de 0.7 mm a 556.37×70 mm. Verificar corte recto sin rebabas. Cortar dientes de sujeción (10×10 mm, separados 2 mm) inmediatamente después del área útil, como se puede observar en la Figura 104 Corte de lámina inoxidable por laser.

Figura 104 Corte de lámina inoxidable por laser



Nota: Pablo Chacón Morúa

Etapas 3 Selección y disposición de aisladores cerámicos (Pasos 7–8)**Seleccionar combinación de aisladores**

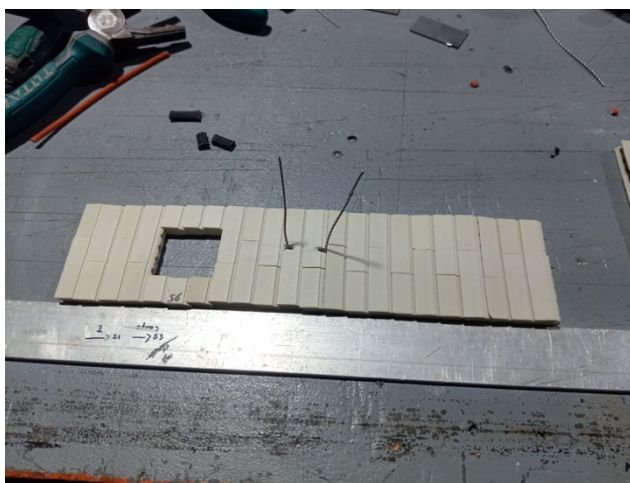
Para ancho de 70 mm: 2 aisladores de 7 orificios en disposición entrelazada. Verificar que la medida acumulada cubra el ancho sin exceder 5 mm adicionales.

Verificar cantidad por longitud

Con la longitud efectiva de 476.37 mm y las dimensiones del aislador cerámico seleccionado, se determina la cantidad necesaria de piezas para cubrir el largo completo de la resistencia en disposición entrelazada. Este cálculo garantiza que toda la superficie del cañón quede cubierta de manera uniforme, sin espacios vacíos que comprometan la distribución del calor ni excesos que dificulten el cierre de la caja metálica. La disposición entrelazada permite además distribuir de forma homogénea los resortes de nicromo a lo largo de la resistencia.

Cada aislador debe quedar cosido en al menos un orificio, de modo que se asegure su sujeción firme dentro del conjunto y se evite el desplazamiento de las piezas durante el ensamble y la operación. Esta condición es un criterio de calidad fundamental, ya que un aislador suelto puede generar contacto entre fases o puntos de sobrecalentamiento que afecten el desempeño de la resistencia. Por ello, la verificación del cosido de cada aislador forma parte de los controles establecidos en el procedimiento como se puede observar en la Figura 105 Verificación de longitud.

Figura 105 Verificación de longitud



Nota: Pablo Chacón Morúa

Etapas 4 Formación y bobinado de resortes (Pasos 9–10)

Preparar alambre de nicromio

Enrollar alambre nicromo #18 (22 m/unidad) para formar el resorte. Calentar y estirar: máximo 7 m de estiramiento. Formar 2 resortes de $57.6 \, \Omega$ cada uno (1 por fase).

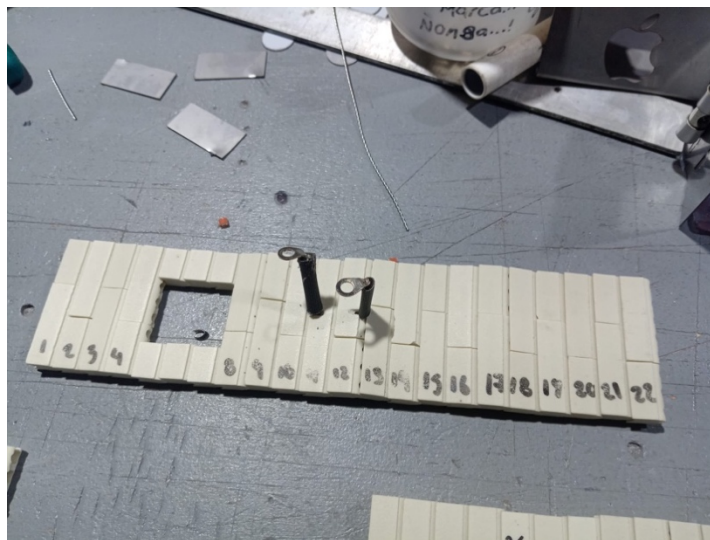
Coser resortes en aisladores

El resorte de nicromio se pasa por los orificios de los aisladores siguiendo una disposición entrelazada continua, asegurando que cada aislador quede cosido en al menos un punto. La separación entre las bobinas debe mantenerse uniforme a lo largo de toda la resistencia, ya que una distribución despareja genera zonas de mayor concentración de calor que reducen la vida útil del producto y afectan su desempeño térmico.

Durante este proceso es indispensable que los alambres de las distintas fases no se toquen entre sí, pues el contacto entre ellos provocaría un cortocircuito que inutilizaría la resistencia. Además, se

deben dejar aproximadamente 20 cm de alambre libre en cada extremo, longitud necesaria para realizar posteriormente el empalme eléctrico con el cable de fibra de vidrio mediante los conectores correspondientes como se puede observar en la Figura 106 Etapa de coser los resortes.

Figura 106 Etapa de coser los resortes



Nota: Pablo Chacón Morúa

Etapa 5 Ensamble y cierre de la caja (Pasos 11–13)

Colocar aisladores en la caja

Introducir el conjunto aisladores + resortes dentro de la caja metálica. La zona de empalme debe coincidir con el recorte ovalado (2×3 cm). Verificar que ningún aislador sobresalga por el recorte.

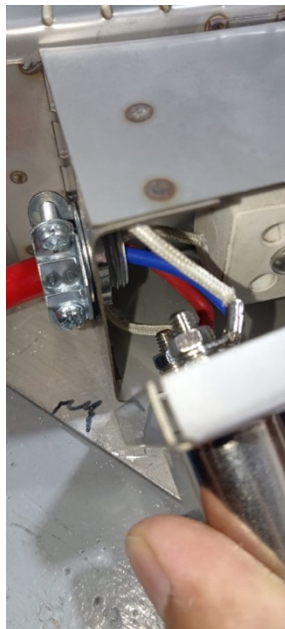
Realizar empalme eléctrico

Los extremos de los resortes de nicromio se empalman con el cable de fibra de vidrio 16 AWG mediante conectores TSJ de 3/4". Este empalme debe quedar firme y bien aislado, ya que es el punto donde la resistencia se conecta a la alimentación eléctrica y, por lo tanto, está sometido a esfuerzo térmico y mecánico durante la operación. Un empalme deficiente puede generar falsos contactos o puntos de sobrecalentamiento.

Una vez realizado el empalme, se verifica la continuidad eléctrica con un multímetro para confirmar que la resistencia medida se encuentre dentro del $\pm 5\%$ del valor calculado, es decir, entre $27.36 \, \Omega$ y $30.24 \, \Omega$ ($28.8 \, \Omega \pm 1.44 \, \Omega$). Esta verificación es un criterio de aceptación obligatorio, pues garantiza que la resistencia operará dentro de los parámetros de potencia contratados por el

cliente antes de continuar con el cierre de la pieza como se puede observar en la Figura 107 Empalme eléctrico.

Figura 107 Empalme eléctrico

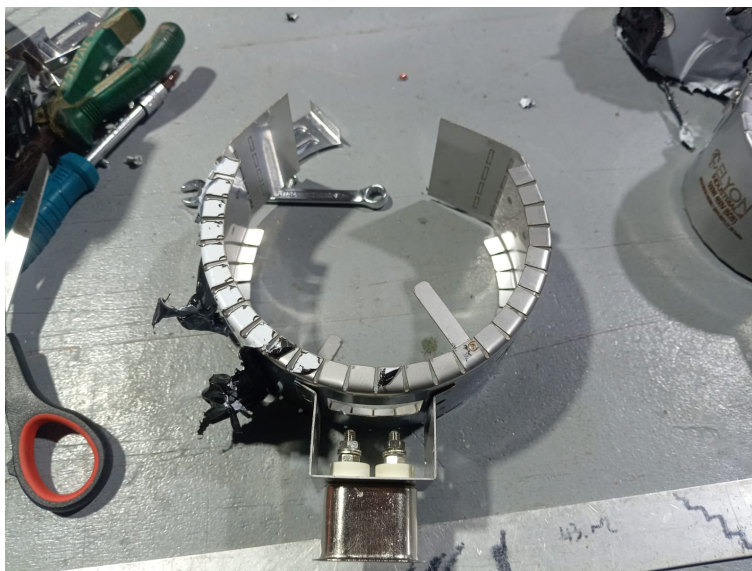


Nota: Pablo Chacón Morúa

Cerrar y fijar con cierre barril

Doblar pestañas sobre los extremos de los aisladores. Instalar barriles 1½" en los extremos. Instalar tornillos 3" en puntos de fijación. Verificar gap de 20 mm (10 mm por extremo) y ajuste al cañón sin forzar como se puede observar en la Figura 108 Cerrar y fijar con cierre barril.

Figura 108 Cerrar y fijar con cierre barril



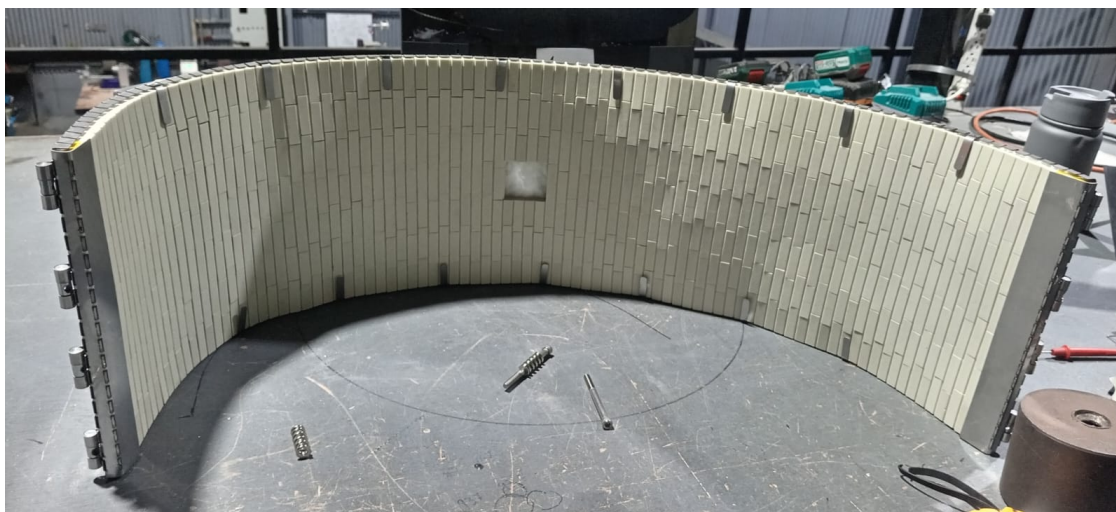
Nota: Pablo Chacón Morúa

Etapas 6 Verificación y registro de cierre (Pasos 14–16)

Inspección dimensional

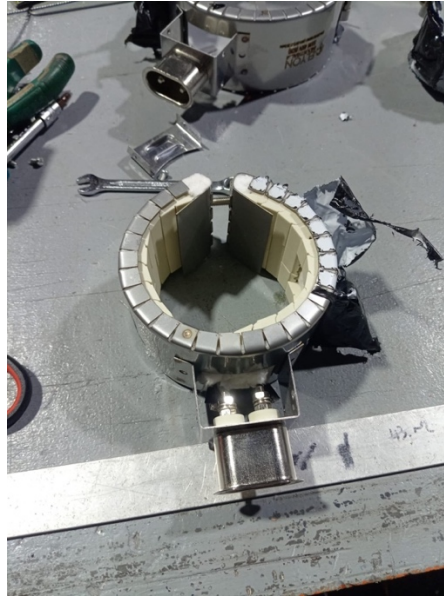
Verificar: longitud $476.37 \text{ mm} \pm 2 \text{ mm}$, ancho $70 \text{ mm} \pm 1 \text{ mm}$, gab $20 \text{ mm} \pm 2 \text{ mm}$. Cable sin dobleces bruscos ni exposición del conductor como se puede observar en la Figura 109 Inspección dimensional de resistencia y Figura 110 Inspección de cierre según dimensión.

Figura 109 Inspección dimensional de resistencia



Nota: Pablo Chacón Morúa

Figura 110 Inspección de cierre según dimensión



Nota: Pablo Chacón Morúa

Prueba eléctrica final

Medir la resistencia total entre terminales: $28.8 \Omega \pm 1.44 \Omega (\pm 5\%)$. Verificar aislamiento entre caja y terminales: mínimo $1 \text{ M}\Omega$ a 500 V DC como se puede observar en la Figura 111 Prueba eléctrica final.

Figura 111 Prueba eléctrica final



Nota: Pablo Chacón Morúa

Registrar producción en Odoo

Ejecutar «Producir todo» en la Orden de Fabricación. El sistema registra automáticamente el consumo del BOM, actualiza el inventario y cierra el expediente con fecha, hora y responsable.

Criterios de aceptación

El POE establece por primera vez criterios de aceptación medibles y verificables para cada resistencia fabricada. Estos criterios eliminan la subjetividad del proceso actual, donde la calidad dependía del juicio del operario sin parámetros definidos. La **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** detalla los siete parámetros de control con sus valores esperados y los criterios de rechazo que activan el reproceso.

Tabla 34 Criterios de aceptación

POE-FAB-001 Resistencia de Banda Cerámica		
Tabla de Criterios de Aceptación		
Parámetro de calidad	Valor esperado	Criterio de rechazo
Resistencia eléctrica total	$28.8 \Omega \pm 1.44 \Omega$ (tolerancia $\pm 5\%$)	Fuera de rango: rebobinar resortes
Aislamiento caja-terminal	$\geq 1 \text{ M}\Omega$ a 500 V DC	$< 1 \text{ M}\Omega$: revisar empalmes
Longitud de la resistencia	$476.37 \text{ mm} \pm 2 \text{ mm}$	Fuera de tolerancia: rechazar corte
Ancho de la resistencia	$70 \text{ mm} \pm 1 \text{ mm}$	Fuera de tolerancia: rechazar
Gab de ajuste al cañón	$20 \text{ mm} \pm 2 \text{ mm}$ (10 mm por extremo)	Sin gab: riesgo de falla prematura
Continuidad eléctrica por fase	Sin circuito abierto	Circuito abierto: revisar cosido
Acabado superficial	Sin rebabas, bordes redondeados, cable sin dobleces	Bordes cortantes o conductor expuesto: corrección antes de despacho

Nota: Pablo Chacón Morúa

Integración con el sistema ERP Odoo

La integración del POE con el módulo de Manufactura de Odoo se materializa en el Paso 16 del procedimiento: el registro de producción. Al completar los 15 pasos anteriores y ejecutar «Producir todo» en la orden de fabricación correspondiente, el operario confirma digitalmente que el proceso fue ejecutado en su totalidad. Esta acción genera tres efectos simultáneos: cierra el expediente digital de la orden con fecha, hora y nombre del responsable; descuenta automáticamente del inventario los 8 materiales del BOM; y verifica si algún insumo cayó por debajo del punto de reorden para activar el ciclo de compras. La combinación del POE con Odoo convierte la fabricación de resistencias cerámicas en un proceso estandarizado, trazable y digitalmente documentado de punta a punta.

A continuación se presenta la Tabla 35 Beneficios del POE digitalizado para Elyon Industrial S.A. del módulo propuesto:

Tabla 35 Beneficios del POE digitalizado para Elyon Industrial S.A.

Beneficios del POE digitalizado para Elyon Industrial S.A.	
Estandarización del proceso	Los 16 pasos con parámetros técnicos fijos garantizan que el proceso se ejecute de la misma manera independientemente de quién esté en el taller, eliminando la variabilidad por dependencia del operario.
Criterios de calidad medibles	Los 7 criterios de aceptación con valores numéricos reemplazan el juicio subjetivo del operario, permitiendo verificar objetivamente si cada resistencia cumple con las especificaciones antes de despachar.
Reducción de reprocesos	Al definir parámetros correctos en cada etapa (resistencia por resorte, dimensiones de la caja, separación entre fases), se eliminan los errores de ensamble que generaban los 27 órdenes de reproceso documentados en el Capítulo IV.
Integración con Odoo	El Paso 16 conecta el procedimiento físico con el sistema digital: el cierre de la orden en Odoo confirma que el POE fue ejecutado, generando trazabilidad completa del proceso productivo.
Base para la capacitación	El POE funciona como material de capacitación formal para nuevos operarios, eliminando la dependencia de la transmisión oral del conocimiento y reduciendo el tiempo de inducción al proceso.
Documento vivo y auditable	El control de cambios del POE garantiza que cualquier modificación al proceso quede documentada con versión, fecha y responsable, generando el historial de mejoras del procedimiento a lo largo del tiempo.

Nota: Pablo Chacón Morúa

Control De La Implementación

Con el fin de garantizar una implementación ordenada y medible del sistema propuesto, se desarrolló un plan estructurado en seis fases distribuidas en un horizonte de seis meses, comprendido entre junio y noviembre de 2026. El plan contempla desde la configuración técnica inicial del sistema Odoo y la digitalización del POE-FAB-001, hasta la capacitación del jefe de taller y los cuatro operarios, el levantamiento del inventario inicial, la curva de aprendizaje supervisada, la prueba piloto con órdenes reales y el cierre formal con la declaración del sistema en producción estable. Cada fase tiene actividades, responsables y duraciones definidas, lo que permite dar seguimiento al avance y detectar desviaciones antes de que afecten el cronograma. El diagrama de Gantt que se presenta en la Figura 112 Gantt - Plan de implementación resume visualmente este plan, organizado en quincenas para facilitar su seguimiento mensual

Figura 112 Gantt - Plan de implementación

PLAN DE IMPLEMENTACIÓN — ERP ODOO + POE DIGITAL Elyon Industrial S.A. Junio–Noviembre 2026															
#	Fase	Actividad principal	Responsable	Junio 2026		Julio 2026		Agosto 2026		Set. 2026		Octubre 2026		Nov. 2026	
				Q1 01/06	Q2 15/06	Q3 29/06	Q4 13/07	Q5 27/07	Q6 10/08	Q7 24/08	Q8 07/09	Q9 21/09	Q10 05/10	Q11 19/10	Q12 02/11
1	FASE 1 Diseño y Configuración	Configuración Odoo: instancia, usuarios y módulos	Jefe de Ingeniería												
2		Registro de BOM, proveedores y ROP por material	Jefe de Ingeniería												
3		Configuración módulo Manufactura y Compras	Jefe de Ingeniería												
4		Elaboración y validación del POE-FAB-001	Jefe Ing. + Jefe Taller												
5	FASE 2 Levantamiento	Conteo físico de bodega e ingreso del stock inicial	Jefe Taller + Operarios												
6		Verificación stock físico vs sistema y ajuste	Jefe Ing. + Jefe Taller												
7		Validación del flujo Inventario→Manufactura→Compras	Jefe de Ingeniería												
8	FASE 3 Capacitación	Capacitación módulos Inventario y Manufactura — 5 personas	Jefe de Ingeniería												
9		Capacitación módulo Compras y POE-FAB-001 — 5 personas	Jefe Ing. + Jefe Taller												
10		Simulacro completo POE + Odoo y evaluación	Jefe de Ingeniería												
11	FASE 4 Curva de Aprendizaje	Producción supervisada con POE y Odoo en paralelo	Jefe Taller + Operarios												
12		Operarios ejecutan solos — registro de desviaciones	Jefe de Taller												
13		Seguimiento primer ciclo ROP y compra automática	Jefe de Ingeniería												
14	FASE 5 Prueba Piloto	Ejecución piloto: 10 órdenes reales con sistema completo	Todos los operarios												
15		Monitoreo Kanban y verificación consumo BOM vs real	Jefe de Ingeniería												
16		Comparación defectos piloto vs Cap. IV — informe piloto	Jefe de Ingeniería												
17	FASE 6 Cierre y Estándar	Ajuste del POE y emisión versión 1.1 con datos reales	Jefe Ing. + Jefe Taller												
18		Capacitación de refuerzo POE v1.1 — 5 personas	Jefe de Ingeniería												
19		Configuración KPIs Odoo e informe final a Gerencia	Jefe de Ingeniería												

Nota: Pablo Chacón Morúa

Análisis Económico

Para validar si la propuesta es rentable y vale la pena implementarla, se utilizaron cuatro herramientas financieras: el Valor Actual Neto (VAN), el Período de Recuperación de la Inversión (PRI), la Tasa Interna de Retorno (TIR) y la relación Costo-Beneficio. Estas herramientas permiten comparar lo que cuesta implementar el sistema ERP Odoo y el POE contra el beneficio que genera al eliminar las ineficiencias del taller. Todos los datos parten del Capítulo IV y de costos reales del mercado.

Determinación del beneficio

El beneficio del proyecto no es un ingreso nuevo, sino el dinero que la empresa deja de perder al eliminar las ineficiencias que se midieron en el capítulo anterior. En el período de estudio de tres meses (del 5 de enero al 27 de marzo de 2026) se registró un costo total de ineficiencias de \$9,524.67, repartido como se muestra en la Tabla 36 Determinación de beneficio

Tabla 36 Determinación de beneficio

Componente	Monto (USD)	Porcentaje
Tiempo de interrupción	\$6,621.30	69.52%
Horas extra	\$2,559.96	26.88%
Material perdido por retrabajo	\$343.41	3.60%
Total	\$9,524.67	100%

Nota: Pablo Chacón Morúa

Como ese dato es de tres meses y el análisis se hace por año, se multiplicó por cuatro para llevarlo a un valor anual, tomando ese trimestre como representativo del comportamiento del taller durante el año. Así, el costo anual de ineficiencias es de \$38,098.68. A ese monto se le aplicó un factor de efectividad del 90%, porque la propuesta no elimina el 100% de las ineficiencias. Siempre quedan factores que no se pueden controlar, como el cambio de personal, las incapacidades y los retrasos de mercadería por parte de los proveedores, aunque los pedidos se hagan con anticipación. Con este ajuste, el beneficio anual del proyecto queda en \$34,288.81.

Para comprobar que este beneficio es realista, se comparó con la facturación del taller que aparece en la Tabla 6. La resistencia cerámica de banda genera ingresos anuales de aproximadamente \$690,800, por lo que el beneficio del proyecto representa apenas un 4.96% de esa facturación. Esto demuestra que el ahorro estimado es razonable y no está inflado.

Determinación de la inversión y los costos operativos

La inversión inicial del proyecto es de \$5,293.46. Este monto incluye las horas de trabajo del personal que participa en la implementación contemplando el levantamiento del inventario inicial, la elaboración y el afinamiento del POE, la prueba piloto y la curva de aprendizaje, así como la consultoría para implementar Odoo, la compra de una computadora adicional, la licencia de Odoo del primer año y la impresión del procedimiento. Es importante señalar que las horas de trabajo del personal consideran un 26.67% adicional correspondiente a las cargas sociales patronales (CCSS Seguro de Salud y Pensiones, INA, IMAS, Banco Popular y Asignaciones Familiares), de manera que el costo por hora refleje el gasto real que asume la empresa por cada colaborador. El detalle se muestra en la Tabla 37 Costos operativos de la inversión

Tabla 37 Costos operativos de la inversión

Concepto	Cálculo	Costo (USD)
Implementación Odoo - jefe de taller	$2h \times 30d \times \$8.33$	\$499.80
Capacitación Odoo - jefe de taller	$3h \times 5d \times \$8.33$	\$124.95
Levantamiento de información - operario inventario	$3h \times 5d \times \$5.83$	\$87.45
Capacitación Odoo - operario inventario	$3h \times 5d \times \$5.83$	\$87.45
Elaboración del SOP - jefe de taller	$3h \times 4d \times \$8.33$	\$99.96
Implementación Odoo - coordinadora compras	$2h \times 30d \times \$9.00$	\$540.00
Capacitación Odoo - coordinadora compras	$3h \times 5d \times \$9.00$	\$135.00
Afinamiento del SOP - ingeniero a cargo	$3h \times 5d \times \$9.00$	\$135.00
Capacitación POE + Odoo - 4 operarios	$3h \times 5d \times \$3.33 \times 4$	\$199.80
Levantamiento de inductivos - jefe de taller	$2h \times 5d \times \$8.33$	\$83.30
Levantamiento de inductivos - operario inventario	$2h \times 5d \times \$5.83$	\$58.30
Monitoreo prueba piloto - jefe de taller	$30h \times \$8.33$	\$249.90
Soporte prueba piloto - ingeniero a cargo	$15h \times \$9.00$	\$135.00
Curva de aprendizaje - 4 operarios	$1h \times 15d \times \$3.33 \times 4$	\$199.80
Curva de aprendizaje - jefe de taller	$1h \times 15d \times \$8.33$	\$124.95
Consultoría Odoo (Success Pack Basic)	50 horas	\$1,300.00
PC adicional para implementación	Equipo gama media	\$550.00
Licencia Odoo año 1	$4 \times \$13.60 \times 12$	\$652.80
Impresión POE-FAB-001	4 copias	\$30.00
Total inversión inicial		\$5,293.46

Nota: Pablo Chacón Morúa

A partir del Año 1, cuando el sistema ya está funcionando, solo quedan los costos operativos: el soporte y mantenimiento del sistema (\$720 al año) y, desde el segundo año, la renovación de la licencia de Odoo (\$652.80), ya que la licencia del primer año se incluyó en la inversión inicial.

Parámetros de evaluación

La tasa de descuento que se usó es del 10% anual. Este valor está dentro del rango recomendado para evaluar proyectos en pequeñas y medianas empresas, y representa el rendimiento mínimo que la empresa espera para aceptar el proyecto (también llamado TMAR). El análisis se proyecta a tres años, que es el tiempo de vida esperado de la primera versión del sistema. Con estos datos se armó el flujo de caja que se muestra en la Tabla 38 Flujo de caja de proyecto

Tabla 38 Flujo de caja de proyecto

Año	Beneficio	Costos	Flujo neto
Año 0	—	Inversión: -\$5,293.46	-\$5,293.46
Año 1	\$34,288.81	Soporte: -\$720.00	\$33,568.81
Año 2	\$34,288.81	Licencia + soporte: -\$1,372.80	\$32,916.01
Año 3	\$34,288.81	Licencia + soporte: -\$1,372.80	\$32,916.01

Nota: Pablo Chacón Morúa

PRI

El PRI indica en cuánto tiempo se recupera el dinero que se invirtió en el proyecto. Es uno de los indicadores más sencillos porque no toma en cuenta el valor del dinero en el tiempo; simplemente compara la inversión con los flujos que va generando el proyecto. Según Cuatrecasas (2020), el período de recuperación mide la cantidad de tiempo que se necesita para que las ganancias igualen la inversión inicial (p. 362). Entre menor sea este período, menor es el riesgo, porque la empresa recupera su dinero más rápido. En este caso, la inversión inicial es de \$5,293.46 y el flujo del primer año es de \$33,568.81. Como el flujo del primer año ya supera por mucho la inversión, esta se recupera dentro del mismo Año 1:

$$\text{PRI} = \$5,293.46 \div \$33,568.81 = 0.158 \text{ años}$$

$$0.158 \times 12 = 1.89 \text{ meses} \approx 58 \text{ días}$$

Esto significa que la inversión se recupera en menos de dos meses, lo que representa un riesgo financiero muy bajo para la empresa.

VAN

El VAN sirve para saber si el proyecto genera valor una vez que se toma en cuenta el valor del dinero en el tiempo. Trae todos los flujos futuros a su valor de hoy usando la tasa de descuento, y luego les resta la inversión inicial. Según Cuatrecasas (2020), el valor actual neto permite conocer

la rentabilidad de un proyecto al actualizar los flujos de caja a su valor presente (p. 359). Su fórmula es:

$$VAN = \sum [F_t \div (1 + i)^t] - I$$

F_t = Flujo neto del período t

i = Tasa de descuento (10%)

t = Número del período (año)

I = Inversión inicial

Primero se trae cada flujo a su valor presente, dividiéndolo entre $(1 + 0.10)$ elevado al año correspondiente:

$$\text{Año 1: } \$33,568.81 \div (1.10)^1 = \$33,568.81 \div 1.1000 = \$30,517.10$$

$$\text{Año 2: } \$32,916.01 \div (1.10)^2 = \$32,916.01 \div 1.2100 = \$27,203.31$$

$$\text{Año 3: } \$32,916.01 \div (1.10)^3 = \$32,916.01 \div 1.3310 = \$24,730.29$$

Luego se suman los tres valores presentes y se resta la inversión inicial:

$$VAN = (\$30,517.10 + \$27,203.31 + \$24,730.29) - \$5,293.46$$

$$VAN = \$82,450.70 - \$5,293.46 = \$77,157.24$$

Como el VAN es positivo y muy superior a cero, el proyecto genera valor para la empresa y es viable desde el punto de vista económico.

TIR

La TIR muestra la rentabilidad del proyecto en forma de porcentaje. Es la tasa de descuento a la que el VAN se hace igual a cero, o sea, el punto donde el proyecto ni gana ni pierde. Según Cuatrecasas (2020), la TIR representa el rendimiento porcentual que se espera de un proyecto y es uno de los criterios más usados para saber si es viable (p. 360). Su fórmula es:

$$0 = \sum [F_t \div (1 + TIR)^t] - I$$

TIR = Tasa interna de retorno (incógnita)

F_t = Flujo neto del período t

t = Número del período (año)

I = Inversión inicial

A diferencia de las otras herramientas, la TIR no se puede despejar directamente porque está dentro del exponente. Por eso se obtiene probando distintas tasas de descuento hasta que el VAN se aproxime a cero. Planteando la ecuación con los datos del proyecto:

$$0 = 33,568.81 \div (1+TIR)^1 + 32,916.01 \div (1+TIR)^2 + 32,916.01 \div (1+TIR)^3 - 5,293.46$$

A continuación se desarrolla el cálculo de cuatro pruebas clave para mostrar cómo se obtiene el VAN en cada caso: la primera prueba (10%), una intermedia (300%) y las dos que rodean el cero (630% y 640%). El resto de las pruebas se resumen luego en la Tabla 40.

Prueba 1 — Tasa de descuento = 10%

$$VAN = 33,568.81 \div (1.10)^1 + 32,916.01 \div (1.10)^2 + 32,916.01 \div (1.10)^3 - 5,293.46$$

$$VAN = 30,517.10 + 27,203.31 + 24,730.29 - 5,293.46$$

$$VAN = \$77,157.24$$

Prueba 5 — Tasa de descuento = 300%

$$VAN = 33,568.81 \div (4.00)^1 + 32,916.01 \div (4.00)^2 + 32,916.01 \div (4.00)^3 - 5,293.46$$

$$VAN = 8,392.20 + 2,057.25 + 514.31 - 5,293.46$$

$$VAN = \$5,670.31$$

Prueba 9 — Tasa de descuento = 630%

$$VAN = 33,568.81 \div (7.30)^1 + 32,916.01 \div (7.30)^2 + 32,916.01 \div (7.30)^3 - 5,293.46$$

$$VAN = 4,598.47 + 617.68 + 84.61 - 5,293.46$$

$$VAN = \$7.30 \text{ (se aproxima a cero)}$$

Prueba 10 — Tasa de descuento = 640%

$$VAN = 33,568.81 \div (7.40)^1 + 32,916.01 \div (7.40)^2 + 32,916.01 \div (7.40)^3 - 5,293.46$$

$$VAN = 4,536.33 + 601.10 + 81.23 - 5,293.46$$

$$VAN = -\$74.81 \text{ (cruza a negativo)}$$

En la Tabla 39 Pruebas para la obtención de la TIR se resumen las once pruebas realizadas con sus respectivos resultados. Se observa que el VAN disminuye conforme aumenta la tasa, hasta cruzar el cero entre el 630% y el 640%.

Tabla 39 Pruebas para la obtención de la TIR

Prueba	Tasa probada	VAN resultante
1	10%	\$77,157.24
2	50%	\$41,467.98

3	100%	\$23,834.45
4	200%	\$10,772.59
5	300%	\$5,670.31
6	400%	\$3,000.27
7	500%	\$1,368.06
8	600%	\$269.80
9	630%	\$7.30
10	640%	-\$74.81
11	700%	-\$518.76

Nota: Pablo Chacón Morúa

Para obtener el valor exacto entre las dos tasas que rodean el cero se aplica la interpolación lineal, tomando la tasa con VAN positivo (630%, VAN = \$7.30) y la tasa con VAN negativo (640%, VAN = -\$74.81):

$$TIR = i_1 + (i_2 - i_1) \times [VAN_1 \div (VAN_1 - VAN_2)]$$

$$TIR = 630\% + (640\% - 630\%) \times [7.30 \div (7.30 - (-74.81))]$$

$$TIR = 630\% + 10\% \times (7.30 \div 82.11)$$

$$TIR = 630\% + 10\% \times 0.0889 = 630.89\%$$

De esta forma, la TIR del proyecto es de aproximadamente 631%, valor que coincide con el obtenido mediante la función financiera de Excel. Como la TIR (631%) es muy superior a la tasa de descuento del 10%, se confirma que el proyecto es altamente rentable. Este porcentaje tan alto se debe a que la inversión es baja, ya que se apoya principalmente en horas del personal que ya trabaja en la empresa y en un software de bajo costo, mientras que el beneficio que genera es grande en comparación. No es un error del cálculo, sino el reflejo de un proyecto que cuesta poco y tiene un impacto importante en un taller que factura más de \$690,000 al año en resistencias cerámicas.

C/B

La relación Costo-Beneficio indica cuántos dólares de beneficio genera el proyecto por cada dólar invertido. Se calcula dividiendo el valor presente de los beneficios entre el valor presente de los costos. Según Cuatrecasas (2020), este índice refleja la eficiencia económica de un proyecto al relacionar los ingresos con los gastos (p. 361). Su fórmula es:

$$B/C = VP \text{ Beneficios} \div VP \text{ Costos}$$

VP Beneficios = Valor presente de los beneficios del proyecto

VP Costos = Valor presente de los costos (inversión + operativos)

Primero se calcula el valor presente de los beneficios, trayendo el beneficio anual de \$34,288.81 a valor de hoy:

$$VP \text{ Ben} = 34,288.81 \div 1.10 + 34,288.81 \div 1.21 + 34,288.81 \div 1.331$$

$$VP \text{ Ben} = \$31,171.65 + \$28,337.86 + \$25,761.69 = \$85,271.20$$

Luego se calcula el valor presente de los costos, que incluye la inversión inicial (año 0) más los costos operativos de cada año traídos a valor presente:

$$VP \text{ Costos} = \$5,293.46 + 720 \div 1.10 + 1,372.80 \div 1.21 + 1,372.80 \div 1.331$$

$$VP \text{ Costos} = \$5,293.46 + \$654.55 + \$1,134.55 + \$1,031.40 = \$8,113.96$$

Finalmente se dividen ambos valores:

$$B/C = \$85,271.20 \div \$8,113.96 = \$10.51$$

Esto quiere decir que por cada \$1.00 que la empresa invierte en el proyecto, recibe \$10.51 de beneficio. Como el resultado es mucho mayor que 1, el proyecto es conveniente.

Resumen de resultados

En la Tabla 40 Resumen de resultados se resumen los resultados de las cuatro herramientas financieras aplicadas al proyecto.

Tabla 40 Resumen de resultados

Herramienta	Resultado	Criterio	Conclusión
PRI	1.89 meses	Menor tiempo = menor riesgo	Recuperación muy rápida
VAN	\$77,157.24	$VAN > 0$ = viable	Genera valor
TIR	$\approx 631\%$	$TIR > 10\%$ = rentable	Altamente rentable
Relación B/C	\$10.51	$B/C > 1$ = conveniente	\$10.51 por cada \$1

Nota: Pablo Chacón Morúa

Las cuatro herramientas coinciden en que el proyecto es viable y muy rentable. La inversión es baja porque se basa en recursos que la empresa ya tiene y en un software accesible, mientras que el beneficio proviene de eliminar las ineficiencias en una operación que mueve un volumen alto de dinero al año. Por esta razón, se concluye que la implementación del sistema ERP Odoo y el POE digital es económicamente conveniente para Elyon Industrial S.A.

CAPÍTULO VI CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En este capítulo se presentan las conclusiones del trabajo, organizadas de manera que respondan a cada uno de los objetivos específicos planteados en el Capítulo I, así como al objetivo general. Posteriormente se exponen las recomendaciones dirigidas a la empresa Elyon Industrial S.A. para la implementación y el seguimiento de la propuesta.

Conclusiones

A continuación, se presentan las conclusiones derivadas del desarrollo de la investigación. Cada una responde de manera directa a los objetivos específicos planteados en el Capítulo I y, finalmente, al objetivo general del trabajo. Las conclusiones se sustentan en los hallazgos del diagnóstico realizado en el Capítulo IV y en las propuestas desarrolladas en el Capítulo V, de modo que reflejan tanto la situación encontrada en el taller como las soluciones planteadas para atenderla.

Objetivo: Describir la deficiente estandarización del proceso productivo en el taller de fabricación de resistencias de cerámica de la empresa Elyon Industrial S.A.

Se concluye que el proceso productivo del taller operaba sin ningún tipo de estandarización formal. La fabricación de las resistencias cerámicas dependía por completo del conocimiento empírico del operario y de la transmisión verbal de las instrucciones por parte del jefe de taller, sin que existiera un documento que definiera los pasos, los parámetros técnicos ni los criterios de calidad del producto. Esta situación quedó evidenciada en el levantamiento del proceso actual, donde se identificó que cada orden se ejecutaba según el criterio de la persona disponible, lo que generaba variabilidad en los tiempos y en los resultados.

Asimismo, se determinó que el taller carecía de control sobre su inventario y de un sistema de planificación de la producción. La revisión de materiales se realizaba de forma manual con listas en papel y la disponibilidad de materia prima no estaba garantizada, lo que confirmó la ausencia de mecanismos formales de gestión y la necesidad de intervenir el proceso mediante la estandarización.

Objetivo: Medir las consecuencias de la deficiente estandarización del proceso productivo.

Se concluye que la falta de estandarización generó consecuencias económicas y operativas cuantificables. A partir del análisis de 108 órdenes de producción registradas durante el período del 5 de enero al 27 de marzo de 2026, se determinó un costo total de ineficiencias de \$9,524.67,

distribuido entre el tiempo de interrupción por falta de materiales (\$6,621.30), las horas extra (\$2,559.96) y el material perdido por retrabajo (\$343.41).

Adicionalmente, se midió que el 32.41% de las órdenes presentaron interrupciones por falta de material, el 28.70% se entregaron fuera del tiempo comprometido y el 25% requirió algún tipo de reproceso. Estos datos permitieron dimensionar el impacto real de la deficiente estandarización y establecieron la línea base contra la cual se evaluó la propuesta de mejora, confirmando que el problema tenía un peso económico significativo para la operación del taller.

Objetivo: Analizar las causas que generan la deficiente estandarización del proceso productivo en el taller de fabricación de resistencias de cerámica de la empresa Elyon Industrial S.A.

Se concluye que mediante la aplicación de herramientas de análisis de causa raíz se identificaron los orígenes concretos de la deficiente estandarización. El diagrama de Pareto evidenció que cuatro causas concentraban cerca del 79% de las interrupciones, siendo la falta de materia prima la principal con un 32.41%. El análisis de modo y efecto de falla (AMFE) determinó que las etapas de verificación de materiales y de planificación presentaban los mayores números de prioridad de riesgo, con valores de 648 y 504 respectivamente.

La técnica de los 5 Porqués permitió concluir que la causa raíz de la variabilidad y los defectos no era la falta de capacidad técnica del personal, sino la ausencia de instrucciones formales de trabajo y de un sistema de control de inventario. Este análisis fue determinante para orientar la propuesta hacia dos frentes complementarios: la digitalización del control mediante un ERP y la estandarización del proceso mediante un procedimiento documentado.

Objetivo: Desarrollar un sistema de estandarización y control de procesos basado en herramientas de mejora de procesos para el taller de producción de resistencias de cerámica de la empresa Elyon Industrial S.A.

Se concluye que se desarrolló un sistema integral de estandarización y control compuesto por dos propuestas complementarias. La primera consistió en la implementación del sistema ERP Odoo mediante tres módulos integrados: Inventario, que mantiene el control del stock en tiempo real y activa un punto de reorden automático; Manufactura, que gestiona las órdenes de fabricación con carga automática de la lista de materiales y registro del consumo; y compras, que cierra el ciclo generando órdenes de compra automáticas cuando el stock cae por debajo del mínimo.

La segunda propuesta consistió en el diseño del Procedimiento Operativo Estándar POE-FAB-001, que establece por primera vez en la empresa un estándar documentado para la fabricación de resistencias cerámicas de banda, con dieciséis pasos, parámetros técnicos fijos y criterios de aceptación medibles. La selección del ERP se respaldó mediante una matriz comparativa que evaluó cinco plataformas del mercado, en la cual Odoo obtuvo la mejor calificación por su funcionalidad y su bajo costo. De esta forma se cumplió con el desarrollo de un sistema que ataca directamente las causas raíz identificadas en el objetivo anterior.

Objetivo: Establecer mecanismos de control e indicadores de desempeño que permitan dar seguimiento a la propuesta.

Se concluye que la propuesta incorpora mecanismos de control e indicadores que permiten dar seguimiento a su desempeño. El sistema Odoo genera trazabilidad completa por cada orden de fabricación, registra los movimientos de inventario y permite configurar un tablero de indicadores con métricas como el porcentaje de entregas cumplidas a tiempo y los días promedio para ordenar. Por su parte, el POE establece siete criterios de aceptación medibles que funcionan como puntos de control de calidad durante la fabricación.

Adicionalmente, se elaboró un plan de implementación estructurado en seis fases distribuidas en seis meses, que contempla una prueba piloto y mecanismos de medición para comparar los resultados obtenidos contra la línea base documentada en el Capítulo IV. El análisis económico, mediante las herramientas del PRI, VAN, TIR y relación Costo-Beneficio, confirmó la viabilidad de la propuesta, con un período de recuperación menor a dos meses y un valor actual neto positivo, lo que respalda la conveniencia de su implementación.

Objetivo: Proponer un sistema de estandarización y control de procesos para el taller de producción de resistencias de cerámica de la empresa Elyon Industrial S.A.

Se concluye que se cumplió con el objetivo general del trabajo, al proponer un sistema de estandarización y control de procesos sustentado en el análisis del proceso productivo y en la aplicación de herramientas de mejora. La propuesta integra la digitalización del control operativo mediante el ERP Odoo y la estandarización del proceso mediante el POE-FAB-001, mitigando de forma directa las causas que generaban las interrupciones, los retrasos y los reprocesos documentados. En conjunto, el sistema propuesto contribuye a la reducción de los tiempos de las

órdenes de producción y a la mejora del desempeño operativo del taller, tal como lo planteaba el objetivo general.

Recomendaciones

Con base en las conclusiones anteriores, se presentan las siguientes recomendaciones dirigidas a la empresa Elyon Industrial S.A. para la implementación efectiva y el aprovechamiento de la propuesta:

Ejecutar el plan de implementación por fases

Se recomienda seguir el plan de implementación de seis fases propuesto, cumpliendo especialmente la fase de prueba piloto, ya que esta permite validar el funcionamiento del sistema en condiciones reales antes de la operación definitiva y ajustar los parámetros con datos propios del taller.

Capacitar a la totalidad del personal involucrado

Se recomienda garantizar la capacitación completa del jefe de taller, los cuatro operarios y la coordinadora de compras en el uso de los tres módulos de Odoo y en la aplicación del POE, de manera que el sistema no dependa del conocimiento de una sola persona y se asegure la continuidad de la operación ante ausencias o rotación de personal.

Mantener actualizados los parámetros del sistema

Se recomienda revisar periódicamente los parámetros del punto de reorden y las cantidades del BOM en Odoo, ajustándolos según el comportamiento real de la demanda y los cambios en los tiempos de entrega de los proveedores, para que el sistema mantenga su efectividad en el tiempo.

Dar seguimiento a los indicadores de desempeño

Se recomienda configurar y monitorear de forma continua el tablero de indicadores de Odoo, con el fin de medir el avance real frente a la línea base documentada y detectar oportunamente cualquier desviación que requiera corrección. Para ello se proponen al menos tres indicadores clave: el porcentaje de órdenes entregadas a tiempo, que permite evaluar el cumplimiento frente al 28.70% de entregas tardías registrado en el diagnóstico; el porcentaje de órdenes con quiebre de inventario, que mide la efectividad del punto de reorden frente al 32.41% de interrupciones por falta de material; y la tasa de reproceso, que da seguimiento a la calidad del producto frente al 25% de

órdenes que requirieron retrabajo. El monitoreo conjunto de estos indicadores permitirá verificar el impacto real de la propuesta y sustentar la toma de decisiones con datos objetivos.

Actualizar el POE como documento vivo

Se recomienda mantener el POE-FAB-001 como un documento vivo, registrando mediante su control de cambios cualquier mejora identificada durante la operación, y considerar la elaboración de procedimientos similares para los demás tipos de resistencias que fabrica el taller.

Evaluar la extensión del sistema a otras áreas

Se recomienda que, una vez consolidada la operación en el taller de resistencias cerámicas, la empresa evalúe la posibilidad de extender el uso del sistema Odoo y la metodología de estandarización a otras líneas de producción, aprovechando la base técnica desarrollada en este trabajo.

APÉNDICES

Apéndice I

ELYON INDUSTRIAL S.A.
Ingeniería y Manufactura

Elaborado: Depto. Ingeniería

PROCEDIMIENTO OPERATIVO ESTÁNDAR
Fabricación — Resistencia Banda Cerámica Completa (1 seg.)

Aprobado: Representante Legal

Código: POE-FAB-001
Versión: 1.0
Fecha: Junio 2026

Revisión: A

1. ALCANCE — CONFIGURACIÓN ESTÁNDAR

PARÁMETRO	VALOR	PARÁMETRO	VALOR
Tipo	Banda cerámica completa (1 segmento)	Ø cañón	140 mm
Ancho	70 mm	Voltaje	240 V
Fases	2	Potencia	2,000 W
Cierre	Barril	Conexión	Cable fibra de vidrio 16 AWG
Resistencia	28.8 Ω ± 1.44 Ω (±5%)	Longitud caja	476.37 mm ± 2 mm

2. PROCEDIMIENTO DE FABRICACIÓN — 16 PASOS

ETAPA 1 — Recepción y verificación de la orden

1

Crear Orden en Odoo

Crear Orden de Fabricación en Manufactura. Odoo carga el BOM y verifica disponibilidad. Si hay material No disponible: detener y gestionar reabastecimiento.
Param.: Módulo: Manufactura → Crear

2

Verificar especificaciones técnicas

Confirmar configuración estándar: Ø 140 mm, ancho 70 mm, 240 V, 2 fases, 2,000 W, cierre barril, cable FV 16 AWG.
▲ Cualquier desviación detiene la fabricación hasta aclarar con el cliente.

3

Calcular resistencia eléctrica requerida

$\Omega \cdot V^2 = W \cdot t$ (240V)² · 2,000 = 28.8 Ω total. Al ser 2 fases en paralelo: 57.6 Ω por resorte.
Registrar en hoja de cálculo antes de bobinar.
Param.: 28.8 Ω total | 57.6 Ω Directora

ETAPA 2 — Cálculo y corte de la caja metálica

4

Calcular diámetro efectivo

Diámetro efectivo = Ø cañón + aisladores (9 mm cilíndro): 140 + 9 + 9 = 158 mm.
Param.: Ø efectivo: 158 mm

5

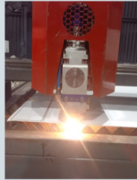
Calcular longitud de la caja

Perímetro = 158 × π = 496.37 mm. Restar gap 20 mm → longitud útil 476.37 mm.
Agregar 40 mm/extremo para pestañas → longitud total de corte: 556.37 mm.
Param.: Util: 476.37 mm | Corte total: 556.37 mm

6

Cortar lámina inoxidable

Cortar AISI 304 (0.7 mm) a 556.37 × 70 mm. Verificar corte recto sin rebabas. Cortar dientes de sujeción 10 × 10 mm, separados 2 mm, en ambos extremos.
Param.: AISI 304 / 0.7 mm | 556.37 × 70 mm
▲ EPP obligatorio: guantes de cuero + lentes.

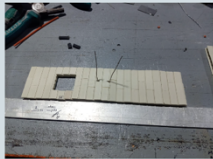


ETAPA 3 — Selección y disposición de aisladores cerámicos

7

Seleccionar combinación de aisladores

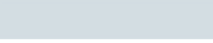
Para ancho 70 mm: 2 aisladores de 7 orificios en disposición entrelazada. Medida acumulada no debe exceder el ancho en más de 5 mm.
Param.: 2 aisladores × 7 orificios | Tol. ancho: +5 mm máx.



8

Verificar cantidad de aisladores por longitud

Determinar cantidad necesaria para cubrir 476.37 mm en disposición entrelazada. Cada aislador cubre en ±1 orificio. Sin espacios sin cobertura.
Param.: Longitud a cubrir: 476.37 mm



ETAPA 4 — Formación y bobinado de resortes

9

Preparar alambre de nicromo

Enrollar nicromo #18 (22 milid). Calentar y esilar: máx. 7 m. Formar 2 resortes de 57.6 Ω (1 por fase).
Param.: Nicromo #18 | 22 milid | Estiramiento máx.: 7 m

POE-FAB-001 | Elyon Industrial S.A. | v1.0 | Junio 2026

Página 1 de 5

10

Coser resortes en aisladores

Pasar resorte por orificios en disposición entrelazada continua. Separación uniforme entre bobinas.
Dejar 20 cm libre en cada extremo para empalme. Fases NO deben tocarse.
Param.: 2 resortes × 57.6 Ω | Extremos libres: 20 cm
▲ Contacto entre fases = cortocircuito. Verificar separación visual en toda la longitud.



ETAPA 5 — Ensamble y cierre de la caja

11

Colocar aisladores en la caja

Introducir conjunto aisladores+resortes en la caja. Zona de empalme debe coincidir con recorte ovalado (2×3 cm).
Ningún aislador debe sobresalir por el recorte.
▲ Aislador sobresaliente → se fractura al cerrar la caja.

12

Realizar empalme eléctrico

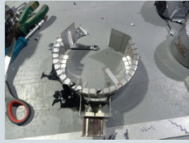
Empalmar extremos con cable FV 16 AWG mediante conectores TSJ 3/4". Verificar continuidad con multímetro.
Param.: 28.8 Ω ± 1.44 Ω | 27.36 – 30.24 Ω
▲ Fuera del rango: identificar causa y corregir antes de cerrar.



13

Cerrar y fijar con cierre barril

Doblar pestañas, instalar barriles 1½" y tornillos 3". Verificar gap 20 mm (10 mm/extremo). Ajuste al cañón sin forzar.
Param.: Barril: 1½" | Tornillos: 3" | Gap: 20 mm
▲ Gap incorrecto impide ajuste al cañón. Verificar con calibrador.



ETAPA 6 — Verificación y registro de cierre

14

Inspección dimensional

Medir: longitud 476.37 ± 2 mm, ancho 70 ± 1 mm, gap 20 ± 2 mm.
Verificar cable sin dobleces ni conductor expuesto.
Param.: 474.37–478.37 mm | 69–71 mm | 18–22 mm
▲ Fuera de tolerancia: detener. No avanza a prueba eléctrica.



15

Prueba eléctrica final

Medir resistencia total: 28.8 Ω ± 1.44 Ω (±5%). Medir aislamiento caja-terminal: ≥1 MD a 500 V DC con megóhmetro.
Param.: 27.36–30.24 Ω | ≥1 MD @ 500 V DC
▲ Aislamiento <1 MD = fuga a tierra. Desarmar e inspeccionar. No se libera.



16

Registrar producción en Odoo

Ejecutar «Producir todo» en la Orden de Fabricación. Sistema registra consumo del BOM, actualiza inventario y cierra expediente con fecha, hora y responsable.
Param.: Manufactura → Producir todo

3. CRITERIOS DE ACEPTACIÓN Y RECHAZO

PARÁMETRO	ACEPTACIÓN	RECHAZO
Longitud	476.37 ± 2 mm	< 474.37 o > 478.37 mm
Ancho	70 ± 1 mm	< 68 o > 71 mm
Gap	20 ± 2 mm	< 18 o > 22 mm
Resistencia	28.8 Ω ± 1.44 Ω	Fuera del ±5%
Aislamiento	≥ 1 MD a 500 V DC	< 1 MD
Cable	Sin dobleces ni expuesto	Conductor visible
Aisladores	Ninguno sobresale	Sobresaliente o sin coser

ELABORÓ

REVISÓ

APROBÓ

Depto. Ingeniería

Jefe de Fabricación

Representante Legal

4. CONTROL DE CAMBIOS

VER.	FECHA	DESCRIPCIÓN	RESPONSABLE
1.0	Jun 2026	Emisión inicial	Depto. Ingeniería — Elyon Industrial

Nota: Pablo Chacón Morúa

REFERENCIAS

Artículos Científicos

- Bello, R., Parra, C., y Valarezo, M. (2023). Procedimiento para la estandarización de procesos y la competitividad en empresas agroproductivas de Manabí. *Revista Episteme*, 10(2), 234–248. <https://revista.uniandes.edu.ec/ojs/index.php/EPISTEME>
- Bravo, J. (2023). Aplicación de herramientas Lean Manufacturing(5S,Andon y Tiempo Estándar) para el aumento de la productividad en el área de producción de una empresa metalmecánica. *Industrial Data*, 26(1), 217-245. doi:10.15381/idata.v26i1.24580
- Escudero, B. (2025). Mejora de la eficiencia en el proceso de revisión de estado de envases aplicando herramientas de Lean Manufacturing. *Ingeniería, Investigación y Tecnología*, 26(1), 1–15. doi:doi.org/10.22201/fi.25940732e.2025.26.1.008
- Quintana Sequeira, D., Fuentes Espinoza, O., y Godinez Duriez, M. (2023). Aplicación de técnicas lean manufacturing: estudio de caso del taller de producción de "print colors" S.A. *EL HIGO Revista de Ciencia y Tecnología*, 13(02), 200-216. doi:10.5377/elhigo.v13i2.17392
- Sánchez, J., y Lalaleo, G. (2024). Estandarización de los procesos productivos para mejorar la eficiencia en la empresa CAPOLIVERY. *Revista Multidisciplinaria Perspectivas Investigativas*, 4(2), 34–48. doi:doi.org/10.62574/rmpi.v4iespecial2.239

Páginas Web

- Tempo Electric Heater Corporation. (s.f.). *Calentadores de banda de cerámica*. Tempo. <https://www.tempeco.com>

Libros

- Bautista, J. (2023). *Planificación y control de stocks* (Primera ed.). Dextra Editorial. <https://elibro.net/es/lc/bibliouia/titulos/271332>
- Bowersox, D., Closs, D., Bixby , M., & Bowersox, J. (2024). *Administración y logística en la cadena de suministro* (Sexta ed.). McGraw-Hill. <https://www.ebooks7-24.com/?il=40603>

- Cruelles, J. (2018). *Productividad industrial: Métodos de trabajo, tiempos y su aplicación a la planificación y la mejora continua* (Segunda ed.). Marcombo. <https://elibro.net/es/ereader/bibliouia/280294>
- Cuatrecasas, L. (2020). *Manual de organización e ingeniería de la producción y gestión de operaciones* (Primera ed.). Profit Editorial. <https://www.books.google.co.cr>
- Escobedo, E., y Socconini, L. (2021). *Lean six sigma green belt: paso a paso* (Primera ed.). Marge Books. <https://elibro.net/es/ereader/bibliouia/172966?>
- Framiñán, J. (2023). *Diseño y análisis de sistemas productivos* (Primera ed.). Marcombo.
- García, E., Orozco, J., y Cayán, J. (2022). *Fundamentos para el análisis de circuitos eléctricos en corriente continua* (Primera ed.). CIDE. https://repositorio.cidecuador.org/jspui/bitstream/123456789/2075/3/Libro%20Circuitos%20Electricos_VF.pdf
- Guerrero, H. (2017). *Inventarios: manejo y control* (Segunda ed.). Ecoe Ediciones. <https://elibro.net/es/ereader/bibliouia/126551?>
- Gutiérrez , H. (2020). *Calidad y productividdad* (quinta ed.). McGraw Hill Interamericana. <https://www.ebooks7-24.com/?il=10411>
- Hernandez, R., y Mendoza, C. (2018). *Metodología de la investigación: Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta* (primera ed.). McGraw-Hill. <https://www.ebooks7-24.com/?il=6443>
- Hernández , R., y Mendoza, C. (2023). *Metodología de la investigación: Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta* (Segunda ed.). McGraw-Hill Interamericana. <https://www.ebooks7-24.com/?il=31455>
- Holguín, M., Escobar, A., y Buitrago, D. (2024). *Introducción al control de la calidad y Seis Sigma* (Primera ed.). Editorial UTP. <https://elibro.net/es/lc/bibliouia/titulos/287143>
- International Organization for Standardization. (2015). *ISO 9001:2015: Quality management systems—Requirements* (Quinta ed.). Publisher. <https://www.iso.org/standard/62085.html>
- Jacos, R., y Chase, R. (2018). *Administración de operaciones: Producción y cadena de suministros* (Decimoquinta ed.).<https://ucreanop.com/wp->

content/uploads/2020/08/Administracion-de-Operaciones-Produccion-y-Cadena-de-Suministro-13edi-Chase.pdf

Monroy, S. (2024). *Estadística y probabilidad* (Primera ed.). Grupo Editorial Éxodo. <https://elibro.net/es/lc/bibliouia/titulos/275763>

Palacios, L. (2016). *Ingeniería de Métodos: Movimientos y Tiempos* (Segunda ed.). Ecoe Ediciones. <https://elibro.net/es/ereader/bibliouia/114350?>

Pardo, J. (2017). *Gestión por procesos y riesgo operativa* (AENOR ed.). <https://elibro.net/es/ereader/bibliouia/53618>

Project Management Institute. (2021). *Guía de los fundamentos para la dirección de proyectos (Guía del PMBOK)* (Séptima ed.). PMI. <https://www.demosidea.com/wp-content/uploads/2023/12/PMBOK-7Ed.pdf>

Saenz, M., y Gutiérrez, M. (2018). *LOGÍSTICA D'EMMAGATZEMATGE* (Primera ed.). Marcombo.

Sanchez, D. (2020). *Análisis FODA o DAFO: el mejor y más completo estudio con 9 ejemplos prácticos* (Primera ed.). Bubok Publishing S.L. <https://elibro.net/es/ereader/bibliouia/189293?>

Sanchez, S. (2023). *Control de calidad y Certificaciones industriales* (Primera ed.). Universidad de Almería. <https://elibro.net/es/ereader/bibliouia/280883?>

Socconini, L. (2021). *Lean Six Sigma Management: Manual de certificación* (Primera ed.). Marge Books. <https://elibro.net/es/lc/bibliouia/titulos/198578>

Socconini, L. (2024). *Lean Manufacturing: Step by Step* (Segunda ed.). Marge Books. <https://elibro.net/es/ereader/bibliouia/260274>

Socconini, L., y Barrantes, M. (2023). *Manual práctico de las 5S para ganar en calidad y productividad* (Cuarta ed.). Marge Books. <https://elibro.net/es/lc/bibliouia/titulos/230512>

Solorzano, M. (2018). *Gestión de pedidos y stock: UF0929* (Primera ed.). IC Editorial. <https://elibro.net/es/ereader/bibliouia/59203>

Tesis

- Cid, J. (2025). *Propuesta de mejora del tiempo de atención para los trámites del área de Cajas de una cooperativa costarricense de ahorro y crédito*[Licenciatura en Ingeniería Industrial, Universidad Internacional de las Américas, Costa Rica].<http://repositorio.uia.ac.cr/items/6df593db-8934-4b07-b69a-81e3443441cf>
- Del Cisne, P. (2023). *Propuesta de implementación de herramientas Lean Manufacturing para reducir tiempos de preparación en la línea de ensamble de cocinas y cocinetas en la empresa Fibroacero S.A.*[Maestría en Producción y Operaciones, Universidad Politécnica Salesiana, Ecuador].<https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/24853/1/UPS-CT010530.pdf>
- Gallegos, G. (2024). *El desarrollo organizacional y la productividad de la empresa Agrícola y Pecuaria Todo Agro Cía. Ltda.*[Licenciatura en Administración de Empresas, Universidad Nacional de Chimborazo, Ecuador].
<http://dspace.unach.edu.ec/bitstream/51000/13251/1/Medina%20Gallegos%20G%202024.pdf>
- Hidalgo, A. (2022). *La gestión por procesos y la productividad de la fábrica de mangueras ICOPLAST*[Licenciatura en Ingeniería Comercial, Universidad Nacional de Chimborazo, Ecuador].<http://dspace.unach.edu.ec/bitstream/51000/10211/1/Mullo%20Hidalgo%2C%20A.%20%282022%29.pdf>
- Rodríguez, L. (2021). *Diseño del sistema de programación y control de la producción de rótulos de la empresa Impresiones Amerrique S. A.*[Bachillerato en Ingeniería Industrial, Universidad Internacional de las Américas, Costa Rica].<http://repositorio.uia.ac.cr/items/d5ea1af9-be76-4f86-b8e4-690f3d671165>