

TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO



TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO

**INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR
DE SALVATIERRA**



**“APLICACIÓN DE LA GESTIÓN DE PROYECTOS BAJO
EL ENFOQUE APQP, PARA LA IMPLEMENTACIÓN
DE CAMBIO DE INGENIERÍA POR REDISEÑO DE
EMPAQUE DE PRODUCTOS 624260 Y 624261”**

**TITULACIÓN INTEGRAL
(TESIS)**

Elaborada por:

MARÍA TOMASA FUENTES PÉREZ

Para obtener el título de:

INGENIERA INDUSTRIAL

Asesora:

M.I.I. ALEJANDRA YÁÑEZ VÁZQUEZ

Salvatierra, Gto.

Junio, 2025



Instituto Tecnológico Superior de Salvatierra

Subdirección Académica

FORMATO DE LIBERACIÓN DE PROYECTO PARA LA TITULACIÓN INTEGRAL

Lugar y fecha: 28 de mayo de 2025

Asunto: Liberación de proyecto para la titulación integral.

C. M.C.P. OMAR GIL VÁZQUEZ

Jefe(a) de la División de Estudios Profesionales o su equivalente en los Institutos Tecnológicos Descentralizados

PRESENTE

Por este medio informo que ha sido liberado el siguiente proyecto para la titulación integral:

Nombre:	Maria Tomasa Fuentes Pérez
Carrera:	Ingeniería Industrial
No. De Control	IN09110048
Nombre del proyecto:	"APLICACIÓN DE LA GESTION DE PROYECTOS BAJO EL ENFOQUE APQP, PARA LA IMPLEMENTACION DE CAMBIO DE INGENIERIA POR REDISEÑO DE EMPAQUE DE PRODUCTOS 624260 Y 624261."
Producto:	Tesis

Agradezco de antemano su valioso apoyo en esta importante actividad para la formación profesional de nuestros egresados.

ATENTAMENTE

M.C.P. Omar Gil Vázquez

Mil. Alejandra Yáñez Vázquez Nombre y firma del Asesor	Ing. Alejandra Martínez Coria Nombre y firma del revisor	MICP. Omar Gil Vázquez Nombre y firma del revisor

*Solo aplica en caso de Tesis

Ccp. Expediente



2025
Año de
La Mujer
Indígena

Manuel Gómez Morín #300 Comunidad de Janicho, Salvatierra,

Guanajuato, Méx. C.P. 38900 Tels. 466 663 98 00 Ext. 130



AGRADECIMIENTOS

A Dios por permitirme concluir mis estudios y este trabajo.

Con mucho cariño, admiración y respeto a quienes me apoyaron en la decisión de continuar con mis estudios, por su confianza, esfuerzo y sacrificio para brindarme la educación que me permitió ser la mujer que hoy en día soy, MIS PADRES.

A mi esposo Mario y mis hijos Rodrigo y Mariel, por apoyarme en cada decisión que tomo, por motivarme a seguir mis objetivos y superarme constantemente.

Al ITESS por brindarme las herramientas necesarias en mi formación profesional y a sus profesores por compartirme sus conocimientos y experiencia, en especial a la MII Alejandra Yáñez por su asesoría, tiempo y consejos para la realización de este trabajo.

A mis hermanos y sobrinos por su confianza y motivación.

DEDICATORIA

Por ser el motor más importante en mi vida:
A mis padres, mi esposo y mis hijos con amor.

RESUMEN

La presente investigación tiene como propósito establecer la influencia de la Gestión de proyectos bajo el enfoque APQP como una de las herramientas utilizadas para la implementación de cambio de ingeniería por rediseño de empaque/ embalaje dentro de la empresa ELRAD Electronics.

La Planeación Avanzada de la Calidad del Producto (APQP) por sus siglas en inglés, es una metodología mandatoria en la industria automotriz, por lo que es necesario que todo el equipo conozca los lineamientos, documentos, herramientas, beneficios, etc., que esta herramienta proporciona para el cumplimiento de la calidad de productos, eliminando riesgos o fallas que se puedan presentar en el proceso de fabricación y garantizar el cumplimiento de los requisitos específicos del cliente.

En ELRAD Electronics se trabaja con el Milestone Plan, el cual está basado en el APQP y permite tener un proceso estructurado para la correcta introducción de nuevos productos e implementación de cambios de ingeniería aplicables, de tal forma que se realice un análisis de impacto sobre el producto para identificar documentación o procesos que sufrirán cambios por consecuencia del ECO. Para ello, se trabaja a la par con el diagrama de flujo de proceso de cambios de ingeniería.

Los cambios de ingeniería son procedimientos considerados críticos debido al impacto que este pueda tener sobre el producto, una mala gestión detonara en errores que generaran pérdidas para la empresa e insatisfacción del cliente.

Palabras clave:

- Gestión de proyectos
- APQP
- Cambios de ingeniería
- Empaque/ Embalaje

SUMMARY

The purpose of this research is to establish the influence of Project Management under the APQP approach as one of the tools used for the implementation of engineering change through packaging redesign within the company ELRAD Electronics.

Advanced Product Quality Planning (APQP) is a mandatory methodology in the automotive industry. Therefore, it is essential that the entire team be familiar with the guidelines, documents, tools, benefits, etc., that this tool provides for product quality compliance, eliminating risks or failures that may arise in the manufacturing process and ensuring compliance with specific customer requirements.

At ELRAD Electronics, we work with the Milestone Plan, which is based on the APQP and provides a structured process for the successful introduction of new products and the implementation of applicable engineering changes. This allows for a product impact analysis to identify documentation or processes that will be changed as a result of the ECO. To this end, we work in conjunction with the engineering change process flow diagram.

Engineering changes are considered critical procedures due to their potential impact on the product. Poor management can lead to errors that generate losses for the company and customer dissatisfaction.

Keywords:

- Project management
- APQP
- Engineering changes
- Packaging

ÍNDICE DE CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS	i
DEDICATORIA.....	ii
RESUMEN	iii
SUMMARY	iv
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	v
ÍNDICE DE TABLAS	ix
ÍNDICE DE FIGURAS	x
INTRODUCCIÓN	xii
CAPÍTULO 1. DATOS GENERALES DE LA INVESTIGACIÓN.....	14
1.1 Planteamiento del problema	14
1.2 Objetivos	15
1.2.1 General	15
1.2.2 Objetivos Específicos.....	15
1.3 Pregunta de investigación.....	15
1.4 Hipótesis	16
1.5 Justificación del proyecto	16
1.6 Alcance del proyecto.....	18
1.7 Limitaciones	18
1.8 Descripción detallada de las actividades	18
CAPÍTULO 2. ANTECEDENTES	20
2.1 Propuesta de mejora en los procesos de empaque y embalaje en los cuatro formatos de baldosas para una empresa de revestimiento cerámico. Autores: Nathalia Quintero Sepúlveda. Katherin Julieth Wandurraga Chamat. Stefany Garzón Portilla. Jenny Carolina Osorio Tamayo (2019).	20
2.2 Rediseño y estandarización del proceso de empaque para flores de exportación. Autor: Eduardo Andrés Pazmiño Sosa (2017).	22

2.3	Implantación del “Programa de Planeación Avanzada de la Calidad” en la industria automotriz”. Autores: Arian Sangri Renteria, Miguel Angel Sanchez Avila (2015).	23
2.4	Reducción del desperdicio en materiales de empaque para los productos embalados por reformas en el negocio de conversión planta 1. José Sebastián Paredes Castillo. 2014	25
CAPÍTULO 3. MARCO TEÓRICO.....		27
3.1	Bases teóricas	27
3.1.1	Proyectos.....	27
3.1.1.1	Clasificación de proyectos	27
3.1.1.2	Elementos que conforman un proyecto.....	28
3.1.1.3	Ciclo de vida de un proyecto.....	28
3.1.2	Tipos de Cambios de ingeniería	31
3.1.2.1	Generación de un cambio de Ingeniería	31
3.1.2.2	Etapas clave del proceso de cambio de ingeniería	32
3.1.2.3	Beneficios del uso de OCE o ECO.....	34
3.1.3	Aplicación de APQP	34
3.1.3.1	Etapas de APQP	35
3.1.3.2	Beneficios del APQP	36
3.1.4	Clasificación de los costos de manufactura.....	37
3.1.5	Puntos donde el BOM ayuda a las organizaciones	38
3.1.6	Beneficios de los milestones (hitos).....	39
3.2	Bases conceptuales	39
3.2.1	Gestión de proyectos.....	39
3.2.2	Definiciones de Proyecto	40
3.2.3	Proyectos de inversión	41
3.2.4	Proyectos de cambio o de innovación	41
3.2.5	Cambios de Ingeniería.....	42

3.2.6 ECR.....	42
3.2.7 ECO / OCE	43
3.2.8 ECN.....	44
3.2.9 APQP.....	44
3.2.10 Especificación del embalaje (standard pack).....	45
3.2.12 ERP Infor LN	46
3.2.13 BOM	46
3.2.14 Estudio de Factibilidad.....	47
3.2.15 Inspección dimensional	47
3.2.16 Milestones (hitos).....	48
CAPÍTULO 4. METODOLOGÍA.....	49
4.1 Variables relacionadas	49
4.2 Enfoque de investigación.....	54
4.3 Tipo de investigación.....	55
4.4 Población objetivo y muestra.....	55
4.5 Instrumentos y técnicas de recolección de datos	56
4.6 Diseño	63
4.7 Método de análisis de datos	64
CAPÍTULO 5. RESULTADOS	65
5.1 Análisis del diseño actual de embalaje de productos 624260 y 624261 e identificación del área de mejora.	65
5.2 Generación de documentación inicial necesaria para la gestión del cambio.	69
5.3 Realización y validación de nueva versión de diseño de embalaje.	77
5.4 Obtención de aprobación de cliente para la realización del cambio.	82
5.5 Implementación del cambio.	86
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	102

Conclusiones	102
Recomendaciones	103
FUENTES DE INFORMACIÓN	104
Referencias	104
GLOSARIO	109

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Estándar de embalaje Diseño#2 FA08.....	14
Tabla 2 Capacidad de piezas por pallet Diseño#2 FA08	17
Tabla 3 Formato para análisis de diseño de embalaje	64
Tabla 4 Análisis de diseño de caja.....	65
Tabla 5 Análisis de Diseño de rejilla anterior	66
Tabla 6 Volumen de desperdicio entre dimensiones de caja y diseño de rejillas anterior.....	68
Tabla 7 Comparativa visual de diseño anterior y nuevo de set de rejillas.....	77
Tabla 8 Comparativa de diseño de rejillas anterior y nuevo.....	78
Tabla 9 Volumen de desperdicio entre dimensiones de caja y nuevo diseño de rejillas.....	79
Tabla 10 Presentación del cambio de capacidad de embalaje a cliente	83
Tabla 11 Requerimiento de cajas con capacidad de 16pcs en base a ventas de 2023 y 2024	101
Tabla 12 Costo de cajas de 16pcs de capacidad para ventas del 2023 y 2024	101
Tabla 13 Requerimiento de cajas con capacidad de 32pcs en base a ventas de 2023 y 2024	101
Tabla 14 Costo de cajas de 32pcs de capacidad para ventas del 2023 y 2024	101

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Porcentaje de desperdicio de cajas x formato, Varianza de consumo de cajas	20
Figura 2 Diagrama de proceso APQP. (Sangri y Sánchez, 2015).....	24
Figura 3 Diagrama de Demin (Sangri y Sánchez, 2015).....	25
Figura 4 Clasificación de proyectos según Sarmiento S. (2001).....	27
Figura 5 Fases de proyectos según guía PMBOK.	29
Figura 6 Diagrama de desarrollo de las etapas de un proyecto desde su inicio hasta su culminación en su etapa productiva. (Laura López Dominguez, s.f.)	36
Figura 7 Fases de Milestone Plan de ELRAD	50
Figura 8 ELRAD Milstone Deliverables	51
Figura 9 Diagrama de flujo de proceso de cambios de ingeniería internos.....	53
Figura 10 Change Filter Checklist / "Just do it"	58
Figura 11 ECR - Engineering Change Request (ECR)	59
Figura 12 Change Feasibility Study	60
Figura 13 Open Point List (OPL)	61
Figura 14 Bill of Materials affected format.....	62
Figura 15 Diseño de Objetivos	63
Figura 16 Formato de Reporte Dimensional	64
Figura 17 Diseño completo de caja, rejillas y separadores	66
Figura 18 Distribución de piezas en caja de diseño anterior	67
Figura 19 Diseño de rejilla anterior	67
Figura 20 Checklist de control de cambio por rediseño de embalaje	70
Figura 21 ECR de cambio de empaque por rediseño de embalaje.....	72
Figura 22 Feasibility study de cambio por rediseño de embalaje.....	74
Figura 23 OPL de cambio por rediseño de embalaje	76
Figura 24 Reporte dimensional de cambios realizados en dimensiones de rejillas	80
Figura 25 Validación de dos piezas con respecto a laterales de cavidad	81
Figura 26 Validación de dos piezas con respecto a altura de rejilla.....	82
Figura 27 Embarque de muestras para validación de cliente	84

Figura 28 Etiqueta correspondiente a material con cambio.	84
Figura 29 Aprobación de cliente para implementación del cambio	85
Figura 30 Norma interna de empaque (standard pack) de FA08 / Especificación de separador de caja	86
Figura 31 Norma interna de empaque (standard pack) de FA08 / Especificación de rejillas	87
Figura 32 Norma interna de empaque (standard pack) de FA08 / Especificación de caja	88
Figura 33 Norma interna de empaque (standard pack) de FA08 / Capacidad de piezas y peso por caja	89
Figura 34 Norma interna de empaque (standard pack) de FA08 / Capacidad de piezas y peso por pallet	90
Figura 35 Norma interna de empaque (standard pack) de FA08 / Especificación de paletizado.....	91
Figura 36 Norma interna de empaque (standard pack) de FA08 / Control de revisiones de documento	92
Figura 37 Caratula de formato ECO para implementación de cambio en Infor	93
Figura 38 Lista de materiales afectados por cambio.....	94
Figura 39 Aprobación de ECO por equipo interno	95
Figura 40 Notificación interna de cambio de ingeniería	96
Figura 41 Nueva versión de WI de empaque	97
Figura 42 Liberación de personal en proceso 1 turno	98
Figura 43 Liberación de personal en proceso 2 turno	98
Figura 44 1er embarque con nueva capacidad de caja	99
Figura 45 Etiqueta material con cambio 1er embarque.....	99
Figura 46 Formato ECR firmado por cliente.....	100

INTRODUCCIÓN

ELRAD ELECTRONICS es una empresa del sector electrónico dedicada a ensamblar componentes electrónicos en PCB's para todo tipo de industria electrónica (herramientas electrónicas, electrodomésticos, línea blanca, jardinería, automotriz, entre otras). Siendo especialista y proveedor clave para casi todas las marcas de herramientas eléctricas selectas.

El departamento de gestión de proyectos (Project Management / PM) e ingeniería de producto son las áreas principales en la planeación, organización y coordinación de nuevos proyectos y cambios de ingeniería dentro de la empresa, los cuales, trabajan en conjunto con un equipo multifuncional que comprende al departamento de calidad, ingeniería, manufactura, compras y ventas.

La introducción de proyectos en tiempo y forma siguiendo la metodología APQP es uno de los objetivos principales del área de proyectos. Debido a la interacción con las demás áreas, son considerados pilares para el diseño y desarrollo de procesos.

El contenido de este trabajo muestra la importancia de optimizar los procesos y ejecutar los proyectos de cambio con mayor eficiencia, para ello; se pretende llevar a cabo el rediseño de embalaje que afecta los números de parte 624260 y 624261 de la familia FA08, que actualmente se produce en ELRAD ELECTRONICS y cuenta con área de mejora en cuestión de reducción de consumo de materiales = reducción de costos.

Este cambio generara la actualización del estándar de embalaje (standard pack) que es donde se plasma información referente a pesos de pieza, de caja y pallet, de igual forma, la capacidad de piezas por caja y pallet. Siendo el objetivo del cambio; maximizar la capacidad de caja de 16pcs a 32pcs y que, colateralmente, estaría afectando el resto de la información del standard pack.

La implementación del cambio se realizará siguiendo el Milestone Plan interno, el cual está basado en la metodología APQP, puesto que es un método estructurado para definir y establecer los procesos y documentación necesaria para cumplir con todos los requisitos específicos del cliente (CSR) en cualquier proceso de planificación, modificación o lanzamiento de nuevo proyecto.

De igual forma, se estará siguiendo el diagrama de flujo de gestión de cambios de ingeniería internos, como herramienta de implementación secuencial de las actividades a realizar para garantizar la correcta introducción y trazabilidad del cambio.

CAPÍTULO 1. DATOS GENERALES DE LA INVESTIGACIÓN

1.1 Planteamiento del problema

Para mantener la eficiencia de los procesos, es necesario que la información, herramientas, maquinaria, métodos, materiales, estándares y recursos, estén bien definidos y establecidos en el diseño de procesos, los cuales deberán implementarse a manera que cumplan las especificaciones de diseño y los costos establecidos para manufactura del producto.

Actualmente, se ha detectado que existe un sobre costo de material de embalaje (cartón) por alto volumen de desperdicio en caja de dos números de parte de la familia de productos FA08 de los PCBA's que se manufacturan en ELRAD ELECTRONICS, dichos números de parte conforman el Diseño #2 de esta familia. A consecuencia del alto volumen de desperdicio, se realizará un análisis sobre el diseño de empaque, la distribución, y capacidad de piezas por caja de este diseño (Ver tabla 1).

Tabla 1 Estándar de embalaje Diseño#2 FA08

Producto / Product	Piezas por nivel / Pieces per Level	Niveles por caja / Levels per-Box	Piezas por caja / Pieces per- Box	Peso por pieza / Weight per-Pc	Peso neto / Net weight	Peso bruto / Gross weight
624260 // FSA120	8	2	16	0.224 kg	3.60 Kg	4.60 Kg
624261 // KMA120	8	2	16	0.224 kg	3.60 kg	4.60 kg

Para el control de materiales, estos son declarados en un BOM, los cuales son gestionados en sistema INFOR como ERP que utiliza la empresa. En este, se deberá colocar la cantidad exacta de material que consume cada PCBA, por ello, esta información deberá ser verídica y bien establecida acorde

especificación y diseño del producto, para evitar sobre stock de materiales o problemas de abastecimiento que generen paros de línea que detonaran en costos extraordinarios.

Debido a lo anterior, es de suma importancia que la administración y control de cambios dé el seguimiento correspondiente e identifique el impacto que esta modificación traería sobre el producto, procesos, materiales y costos que se requieren para manufacturar el PCBA.

1.2 Objetivos

1.2.1 General

Aplicar la gestión de proyectos bajo el enfoque APQP para la implementación de cambio de ingeniería por rediseño de embalaje de productos 624260 y 624261.

1.2.2 Objetivos Específicos

- 1.- Analizar diseño actual de embalaje de productos 624260 y 624261 e identificar área de mejora.
- 2.- Generar documentación inicial necesaria para la gestión del cambio.
- 3.- Realizar y validar nueva versión de diseño de embalaje.
- 4.- Obtener aprobación de cliente para la realización del cambio.
- 5.- Implementar el cambio.

1.3 Pregunta de investigación

¿De qué manera interviene la gestión de proyectos bajo el enfoque APQP para la implementación de cambio de ingeniería por rediseño de embalaje de productos 624260 y 624261?

1.4 Hipótesis

H0: Con la implementación de rediseño de empaque se actualizará la especificación de embalaje, lo cual ocasionará reducción de costos de materiales de empaque un 50%.

H1: No se logrará un cambio significativo con la implementación del rediseño de embalaje.

1.5 Justificación del proyecto

Ingeniería de producto está en constante revisión con el resto de las áreas para identificar las mejoras que se puedan evaluar e implementar, con la finalidad de aumentar capacidad, eficiencia o reducción de costos de elaboración del producto. Así mismo, es quien se encarga de gestionar los proyectos de cambio de ingeniería, con el soporte de un equipo multifuncional, para que se planeen, desarrollen y se apliquen exitosamente dentro de ELRAD ELECTRONICS. Esto siguiendo el Milestone plan, el cual está bajo el enfoque del APQP y que conforme a la política de negocios que establece ELRAD, es la metodología utilizada para la administración de nuevos proyectos y cambios de ingeniería. En caso de este último, solo se trabaja sobre las etapas o fases de la metodología APQP que se ven afectadas por el cambio. De igual forma, se actualiza la información referente al impacto que el cambio traería sobre el producto, procesos o materiales.

La metodología APQP (Advance Product Quality Planing o Planificación Avanzada de la Calidad de Producto) en conjunto con el diagrama de flujo de gestión de cambios de ingeniería internos, darán un enfoque estructurado para planificar, desarrollar, probar y lanzar este cambio de mejora. Lo cual garantizara la correcta introducción del cambio en los procesos y ayudara a aumentar la rentabilidad al reducir costos, riesgos, defectos, y a mejorar la satisfacción y lealtad del cliente.

El cambio de standard pack y rediseño de embalaje se estará considerando cambio de ingeniería en el proceso de gestión de cambios, esto para evitar su incorrecta introducción en los procesos internos que puedan afectar el cumplimiento de calidad. Así mismo, por la actualización en BOM (consumos de materiales) y documental que dicho cambio traerá consigo. Por tal motivo, será necesario obtener el VoBo del cliente, al cual se le debe especificar que no obtendrá valor agregado en el producto, ya que no se está cambiando o reemplazando ningún material o especificación crítica.

Por naturaleza de este cambio, el Ingeniero de Producto deberá informar al cliente sobre la idea de mejora y actualización del standard pack, ya que se deberá actualizar el plan de embarque y reporte de demanda a múltiplos de pallet de 512pcs a 1024pcs después del cambio. Lo cual resultara benéfico para el cliente, puesto que ellos son quienes cubren los costos logísticos y, por ejemplo, si se tenían planeados dos embarques a la semana de una tarima (512pcs) ahora solo tendría una recolección que cubriría su requerimiento semanal de 1024pcs.

Tabla 2 Capacidad de piezas por pallet Diseño#2 FA08

Producto / Product	Cajas por nivel / Box per Level	Niveles por pallet / Pallet per levels	Cajas por pallet / Box per Pallet	Total de pcs por pallet / Pcs per pallet	Peso aproximado por pallet / Approximate pallet weight	Altura aproximada por pallet / Approximate height per-pallet
624260 // FSA120	8	4	16	512	173 Kg	42.2" (1074 mm)
624261 // KMA120	8	4	16	512	173 kg	42.2" (1074 mm)

En cuestión de reducción de costos, se estaría reduciendo el precio de empaque (cartón) por pieza, lo cual resultara benéfico para ELRAD.

Y, por último, esta mejora traerá consigo la reducción de consumo de cartón, lo cual, a modo benéfico, generará impacto positivo sobre el cuidado del medio ambiente y cumplimiento de los objetivos ambientales establecidos dentro de la empresa.

1.6 Alcance del proyecto

El presente proyecto tendrá alcance primario en el standard pack de los números de parte 624260 y 624261 de la familia FA08 y consumo de material. Por consiguiente, y bajo la metodología de cambios que se sigue dentro de ELRAD ELECTRONICS, este cambio será gestionado por el área de proyectos e Ing. de Producto, quienes, debido a los requerimientos y características de este cambio, trabajaran con Ing. Industrial y producción para la validación e implementación del mismo.

1.7 Limitaciones

Para poder efectuar con éxito este proyecto, es necesario contar con disponibilidad de tiempo por parte de las áreas involucradas (Ing. de producto, Industrial, Compras, Ventas, Calidad y Producción) para poder desarrollar el análisis de impacto que se tendría con este cambio. Otra de las limitantes, es no contar con la aprobación del cliente para poder proceder con la implementación del cambio. Dicho lo anterior, es necesario hacer mención que, si no se cuenta con esta aprobación, no se podrá proceder, aunque se haya justificado y presentado que existe mejora significativa en los costos.

1.8 Descripción detallada de las actividades

Objetivo 1.- Analizar diseño actual de embalaje de productos 624260 y 624261 e identificar área de mejora.

- Analizar diseño actual de embalaje.
- Calcular porcentaje de desperdicio de empaque (caja).
- Identificar área de mejora.

Objetivo 2.- Generar documentación inicial necesaria para la gestión del cambio.

- Realizar "Change filter checklist"
- Elaborar caratula de formato ECR con equipo multifuncional.
- Crear estudio de factibilidad con equipo multifuncional.
- Crear OPL de actividades a realizar y responsables.

Objetivo 3.- Realizar y validar nueva versión de diseño de embalaje.

- Actualizar diseño de embalaje.
- Calcular porcentaje de desperdicio con nuevo diseño.
- Obtener muestras de cartón (rejillas) y validarlas contra diseño.
- Evaluar muestras (cartón) en proceso. Verificar cavidades contra piezas físicas.

Objetivo 4.- Obtener aprobación de cliente para la realización del cambio.

- Presentar a cliente datos del nuevo standard pack.
- Enviar cajas muestra con nuevo diseño a cliente para obtener VoBo.

Objetivo 5.- Implementar el cambio

- Actualizar standard pack.
- Realizar ECO de materiales en BOM de sistema Infor.
- Notificar cambio realizado en sistema a personal de involucrado con proceso de manufactura.
- Actualizar WI de empaque.
- Liberar cambio en producción con capacitación a operador de proceso.
- Notificar a cliente primer embarque con nueva capacidad y punto de quiebre de standard pack anterior.
- Compartir y obtener ECN firmado por cliente.
- Obtener ahorro por reducción de material.

CAPÍTULO 2. ANTECEDENTES

2.1 Propuesta de mejora en los procesos de empaque y embalaje en los cuatro formatos de baldosas para una empresa de revestimiento cerámico. Autores: Nathalia Quintero Sepúlveda. Katherin Julieth Wandurraga Chamat. Stefany Garzón Portilla. Jenny Carolina Osorio Tamayo (2019).

El objetivo general de este trabajo es mejorar el proceso de empaque y embalaje de baldosas, mediante la evaluación de alternativas con viabilidad técnica y económica, con el fin de estandarizar los procesos de empaque y embalaje de baldosas en una empresa de revestimientos cerámicos.

Según los datos analizados desde Julio de 2018 a marzo de 2019 en el área de empaque se genera hasta un 5% de desperdicio adicional en las cajas con respecto al consumo estándar, siendo los formatos 60x60 y 51x51 los formatos con mayor porcentaje de desperdicio los cuales se evidencian en la figura 1.

Formato	% Desperdicio
27 x 45	1,3%
51 x 51	1,8%
60 x 60	1,4%
31 x 60	0,5%
Total	5,0%

Figura 1 Porcentaje de desperdicio de cajas x formato, Varianza de consumo de cajas

Este proyecto está encaminado a la aplicación de los conceptos teóricos y prácticos, los cuales permitirán priorizar las actividades relacionadas al proceso productivo que causan: retrasos en la producción, sobrecostos en empaques y despilfarros de materia prima (cajas).

Las metodologías y herramientas utilizadas por los autores son las siguientes:

1. Mediante el Diagrama de Operaciones, ellos pretendieron visualizar el paso a paso que se lleva a cabo en los procesos de empaque y embalaje.
2. Se realizaron la lluvia de ideas, determinando visualmente falencias que se presentan durante los procesos de empaque y embalaje.
3. Mediante el Diagrama de causa-efecto, identificaron las causas que inciden en el aumento de desperdicios de cajas para los procesos de empaque y embalaje, lo que se genera incremento de los costos de producción.
4. Mediante el Diagrama de Pareto, priorizaron los defectos que están generando inconformidad en las cajas, cuyo fin es mitigar la situación que esté presentando anomalías directamente al producto.
5. Alternativas de solución cuyo propósito era plantear las propuestas de mejoramiento en las áreas de estudio, cuyo fin era reconocer las actividades internas dentro de los procesos que permitieran maximizar la creación de valor agregado al cliente, satisfacción del producto, reducción de desperdicios y el costo de empaque.
6. Análisis de costos incurridos en los procesos de empaque y embalaje, en cuanto al desaprovechamiento de espacio de la estiba y la distribución de piezas en las cajas.

Las herramientas de Ingeniería implementadas en el proyecto permitieron hacer un análisis detallado, en el cual se pudo identificar los problemas críticos del proceso actual de empaque y embalaje de la Empresa. Encontrando a partir del análisis del Diagrama de Pareto que el formato 51x51 presenta mayor cantidad de defectos en las cajas, seguidamente de los formatos 27x45 y 60x60 y 31x60.

A partir de las alternativas de mejoras planteadas los autores realizaron la evaluación económica de cada una, se obtuvo un ahorro anual para cada uno de los formatos, siendo estos: para el formato 27x45 de \$64.656.000, para el formato 31x60 de \$106.710.000, para el formato 60x60 de \$3.960.000 y para el formato 51x51 de \$406.410.000. Por otra parte, al realizar la suma de la disminución de costo de cada uno de los formatos y restando la inversión que se haría \$25.960.000 obtuvieron un ahorro de \$555.776.000. (Quintero Sepúlveda, Wandurraga Chamat, Garzón Portilla, Osorio Tamayo. 2019)

2.2 Rediseño y estandarización del proceso de empaque para flores de exportación. Autor: Eduardo Andrés Pazmiño Sosa (2017).

El trabajo de investigación de Pazmiño (2017) tuvo como objetivo rediseñar y estandarizar el proceso de empaque y desarrollar una prepuesta de empaque más eficiente con la adición de un material complementario que evite los daños generados por exceso de presión, movimiento o incorrecta manipulación de las rosas y las cajas.

Las metodologías o herramientas utilizadas en este trabajo fueron: diagrama de proceso, estudio de tiempos, balanceo de línea y hojas de trabajo estandarizado, con la finalidad de elevar los niveles de productividad, así como diseñar un prototipo confiable de caja que permita preservar la integridad y calidad de las flores.

Con el estudio de tiempos, se estableció el tiempo estándar y el tiempo ciclo del proceso, lo que permitió elaborar un plan de producción que se adaptara de mejor manera a la demanda establecida por los clientes, además permitió evaluar el desempeño de los operarios y que puedan cumplir con la producción diaria en el tiempo disponible de trabajo.

El balanceo de línea permitió conocer la situación actual del proceso y se logró identificar las mejoras que se puedan implementar en la línea de empaque para aumentar la productividad y que los operarios desarrollen de mejor manera sus actividades.

Se elaboraron hojas de trabajo estandarizado para asegurar repetitividad por parte de los operadores en los procesos críticos de la empresa.

Los cálculos realizados demuestran que fue necesario contratar 12 operadores más para que se pudiera cumplir con la demanda establecida y se aumentara la productividad. (Pazmiño Sosa. 2017)

2.3 Implantación del “Programa de Planeación Avanzada de la Calidad” en la industria automotriz”. Autores: Arian Sangri Renteria, Miguel Angel Sanchez Avila (2015).

El objetivo principal de esta investigación es, describir los pasos y procedimientos para el desarrollo de nuevos productos que son utilizados en la industria automotriz, siguiendo la metodología de APQP, la cual es utilizada por la gran mayoría de fabricantes de automóviles a nivel mundial.

Este trabajo de Sangri y Sánchez (2015) esta basado en la metodologia de la planeacion avanzada de la calidad del producto (APQP) por sus siglas en ingles.

APQP incluye los metodos y los controles (es decir, medidas, pruebas) que seran utilizados en el diseño y la produccion de un producto o de una familia especifica de los productos. El planteamiento de la calidad incorpora los conceptos de la prevencion del defecto y de la mejora continua según lo puesto en contraste con la deteccion del defecto.

Proceso avanzado de planeacion de la calidad del producto consiste en cuatro fases y cinco actividades importantes junto con el gravament en curso de la regeneracion y la accion correctiva según se muestra en figura 2.

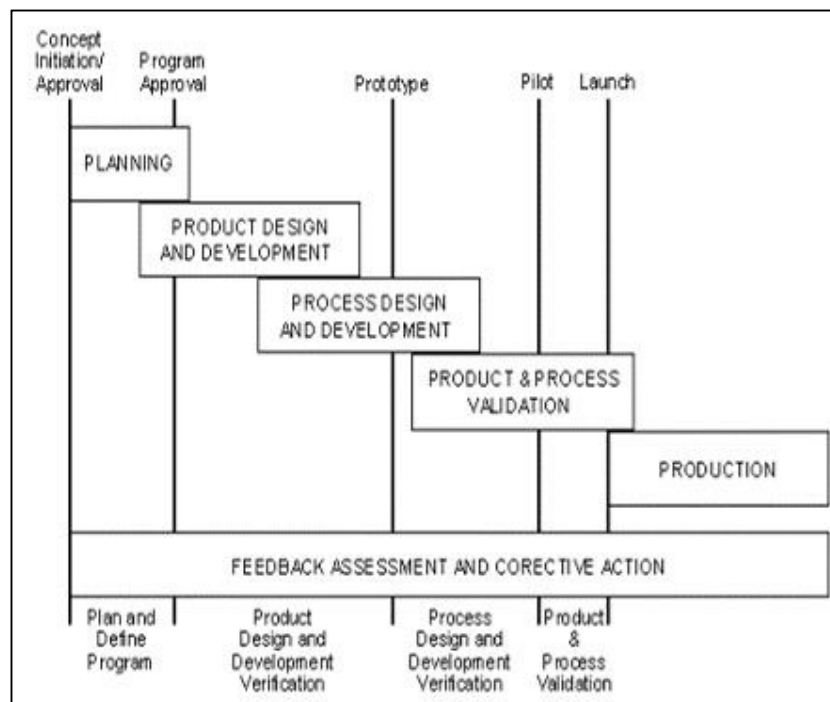


Figura 2 Diagrama de proceso APQP. (Sangri y Sánchez, 2015)

Otra indicacion del proceso APQP es examinar las salidas de proceso por fase (ver figura 3).

Plan and Define Program	Product Design and Development Verification	Process Design and Development Verification	Product & Process Validation
▪ Design Goals ▪ Reliability & Quality Goals ▪ Preliminary Bill of Materials ▪ Preliminary Process Flow ▪ Preliminary Listing of Special Product & Process Characteristics ▪ Product Assurance Plan	▪ Design FMEA ▪ DFMA ▪ Design Verification ▪ Design Reviews ▪ Prototype Build ▪ Engineering Drawings ▪ Engineering Specifications ▪ Material Specifications ▪ Drawing & Specification Changes ▪ New Equip., Tooling & Facilities Reqmts. ▪ Special Product & Process Characteristics ▪ Prototype Control Plan ▪ Gages/Testing Equip. Requirements	▪ Packaging Standards ▪ Product/Process Quality System Review ▪ Process Flow Chart ▪ Floor Plan Layout ▪ Characteristics Matrix ▪ Process FMEA ▪ Pre-Launch Control Plan ▪ Process Instructions ▪ Measurement Systems Analysis Plan ▪ Preliminary Process Capability Study Plan ▪ Packaging Specifications	▪ Production Trial Run ▪ Measurement Systems Evaluation ▪ Preliminary Process Capability Study ▪ Production Part Approval ▪ Production Validation Testing ▪ Packaging Evaluation ▪ Production Control Plan ▪ Quality Planning Sign-Off

Figura 3 Diagrama de Demin (Sangri y Sánchez, 2015).

Este trabajo concluye en que es muy importante la aplicación de la metodología APQP al desarrollo de nuevos productos y/o proyectos, ya que de manera multidisciplinaria se realiza la concepción del producto no dejando a un área responsable de esto, sino que todas las áreas como unidad trabajan en conjunto para que se tenga un lanzamiento exitoso. (Sangri y Sánchez, 2015).

2.4 Reducción del desperdicio en materiales de empaque para los productos embalados por reformas en el negocio de conversión planta 1. José Sebastián Paredes Castillo. 2014

El objetivo general de la investigación de Paredes (2014), es estandarizar el material de empaque de los productos embalados en Carvajal pula y papel planta 1, reduciendo los desperdicios e incrementando la producción que se genera en la línea folio.

Las metodologías o herramientas utilizadas en su trabajo fueron, el análisis de indicadores de productividad de proceso, análisis de la productividad total, indicadores de tiempo, indicadores de eficacia y eficiencia.

En el análisis de indicadores de productividad se pudo constatar como este viene decayendo del año 2011 a 2012, especialmente por la pérdida de eficiencia en los costos de materia prima, lo que de alguna manera explica que los costos por desperdicios han tenido un efecto directo en este aspecto.

Mediante el análisis de cada uno de los indicadores de eficacia, eficiencia y calidad se pudo observar cómo estos afectan de manera directa el comportamiento que ha tenido la productividad total de la empresa durante ese año, ya que los indicadores de tiempo y la mayoría de indicadores de calidad se encuentra en un bajo desempeño, afectando negativamente el funcionamiento de la organización. Lo que también incide en un aumento de los costos, específicamente cuando se presentan desperdicios de material.

En vista de las deficiencias de la empresa en cuanto a su productividad y las principales que causan sus desperdicios (el refile y la falta de stock), se decidió enfocar la propuesta de mejora en dos aspectos: el primero relacionado con la retroalimentación a los operarios en cuanto a los procesos de control en el área y lo segundo, mediante la implementación de un modelo de pronóstico que permita estimar mejor la demanda y de esta manera que se mejore el stock de inventario y se reduzca el desperdicio por refilado. (Paredes Castillo. 2014).

CAPÍTULO 3. MARCO TEÓRICO

3.1 Bases teóricas

3.1.1 Proyectos

3.1.1.1 Clasificación de proyectos

Existen diferentes tipos o clasificaciones de proyectos, entre los que se pueden destacar los de tipo productivo o empresarial, que buscan beneficios económicos, y los de tipo público o social, que lo que pretenden es mejorar la calidad de vida de las personas (Pérez, 2021).

Para Sarmiento S. (2001), la clasificación de proyectos debe hacerse por el objetivo del proyecto. De esta manera se encuentran dos grandes grupos, el primero es el de los proyectos de inversión, cuyo objetivo principal es la obtención de beneficios futuros. En el segundo grupo se encuentran los proyectos de inversión social, los cuales tienen como objetivo el lograr un aumento en el bienestar de una comunidad específica (ver figura 4).

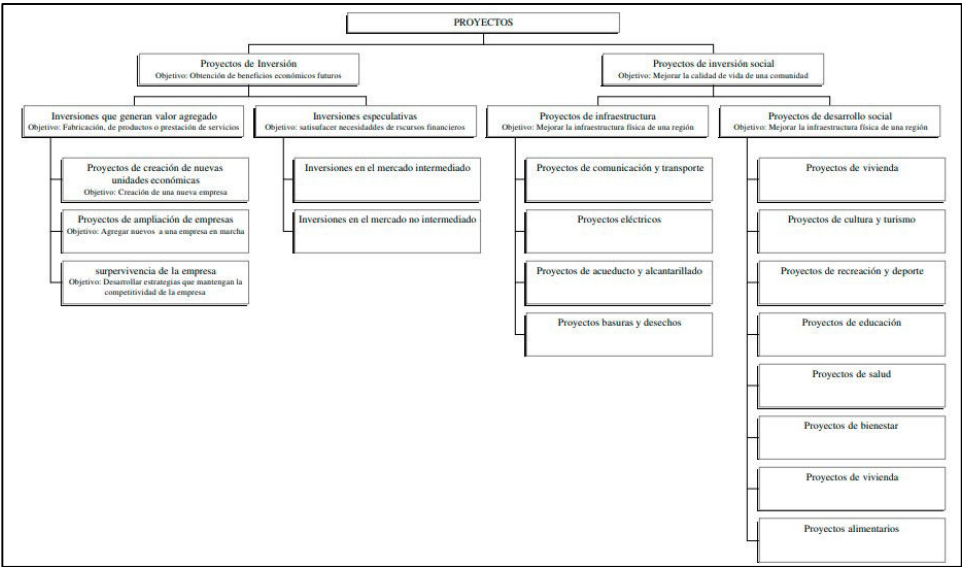


Figura 4 Clasificación de proyectos según Sarmiento S. (2001)

3.1.1.2 Elementos que conforman un proyecto

A continuación, se enlistan los elementos que contiene un proyecto según Pérez (2021):

- Tiempo: lapso de tiempo que va a durar.
- Alcance: repercusión del proyecto.
- Coste: total de recursos necesarios para llevar el proyecto a término.
- Organización y planificación: diferentes actividades a desarrollar y plazo para ello.
- Gestión de stakeholders: gestión de los diferentes intereses de inversores, clientes, etc.
- Comunicación.
- Asignación de tareas.
- Resultados: medición de los objetivos. (Anna Pérez. 2021)

3.1.1.3 Ciclo de vida de un proyecto

Según PMBOOK®, el ciclo de vida de un proyecto es la serie de fases por las que atraviesa un proyecto desde su inicio hasta su cierre. Cada organización determina el ciclo de vida de un proyecto sobre la base de sus propias necesidades. (Riveros, 2020)

Los ciclos de vida de un proyecto suelen tener las siguientes características:

- Sus fases son secuenciales.
- El paso de una fase a la siguiente conlleva la entrega de algún producto o resultado.
- Los entregables de una fase deben ser aprobados antes de comenzar el siguiente. (Riveros, 2020)

Según Riveros, (2020), dentro del ciclo de vida de un proyecto está la dirección del proyecto y esta funciona dentro de cada fase del ciclo de vida.

La dirección del proyecto incluye el inicio, planificación, ejecución, monitorización, control y cierre (véase figura 5). Este proceso funciona en cada fase secuencial, lo que implica que se deben incluir estas mismas en cada una de las fases que tenga nuestro proyecto (Riveros, 2020).



Figura 5 Fases de proyectos según guía PMBOK.

- Inicio

Se identifican a los stakeholder, se plantean los criterios de aceptación, se da claridad de los objetivos y expectativas y todo lo que tiene que ver a alto nivel del proyecto, para saber si es viable o no. (Riveros, 2020)

- Planificación

Una vez detectadas las necesidades y analizado el origen, es el momento de la planificación, es decir, de diseñar el proyecto. Para ello, habrá que definir los objetivos que se persiguen, las fases por las que se van a pasar, la duración del proyecto, los recursos necesarios, los métodos que se van a utilizar, el seguimiento que se llevará a cabo, la organización de los equipos de

trabajo, los costes y la financiación, las estrategias de comunicación que se utilizarán o los indicadores que se tendrán presentes para la evaluación. (Pérez, 2021)

- Puesta en marcha del proyecto / ejecución

Anna Pérez (2021) describe en su trabajo que, una vez realizada la planificación, se podrá ejecutar el proyecto. Es el momento de llevar a cabo cada uno de los pasos establecidos y de realizar todas las estrategias y actividades que se han programado. En esta fase, el seguimiento y la evaluación continua son fundamentales para asegurar el éxito del proyecto, ya que permiten introducir las mejoras necesarias en cada momento. (Pérez, 2021)

- Evaluación final / monitorización y control

La última fase, una vez finalizado el proyecto, será la evaluación de los resultados obtenidos, es decir, si los objetivos que se plantearon inicialmente se han alcanzado y en qué grado. Además, en esta fase, lo ideal es realizar un análisis de los resultados, en el que se reflejen tanto las dificultades encontradas por el camino como la forma en que se han superado. (Pérez, 2021)

- Cierre

Evaluación de indicadores de calidad, satisfacción del cliente y revisiones de procesos de mejora continua. (Riveros, 2020)

Luego de observar durante un tiempo prudencial los resultados de la ejecución del proyecto, se llega a la evaluación ex post, en donde se evalúan los resultados y se hacen los ajustes necesarios por medio de retroalimentación que pueden llevar a mejorar, variar o cambiar los objetivos planteados del proyecto. (Albis, 2012)

3.1.2 Tipos de Cambios de ingeniería

Un cambio de ingeniería ocurre cuando alguno de los productos sufre un cambio físico o administrativo. Este proceso puede involucrar varios tipos de cambios como pueden ser: Un cambio físico; que es un cambio de la materia prima solicitado y las causas u orígenes son: Ahorro de costos, problemas de ensamble del arnés, cambio de modelo, una solicitud del proveedor o problemas en sus sistemas. (Arrieta, 2023)

También pueden ser de origen administrativo y este cambio ocurre cuando hay problemas de uso de la materia prima, ya que pueden estar usándose de más o de menos de lo que el sistema de uso indica, por lo se hace una corrección en el uso y éstas tienen su origen o causa en alguna modificación al diseño, cambio de proveedor, especificación, causas de algún problema. También cuando es necesario el cambio de herramental o maquinaria que pueda afectar el sistema. Cuando hay aumento de la competencia, la globalización y la incertidumbre de los mercados actuales son sólo algunos de los muchos desafíos a los que se enfrentan actualmente las principales empresas de manufactura. Esto ha llevado a una mayor personalización y cambio de los productos. (Arrieta, 2023)

3.1.2.1 Generación de un cambio de Ingeniería

Estos dependen de donde viene el problema, pueden ser:

- Proveedor: El proveedor necesita hacer un cambio de herramental o de materia prima y notifica al departamento de ingeniería que está a cargo de estos cambios. (Arrieta, 2023)
- Diseño: Un cambio de diseño no es muy frecuente y por lo regular no se hace un cambio de ingeniería sino un oficio, pero cuando un cambio de diseño afecta los componentes se convierte en un cambio de ingeniería.

- Proceso: este es igual al de diseño, pero solamente cuando es un cambio muy significativo llega a ser un cambio de ingeniería (esto es cuando afecta a cambios físicos o administrativos). (Arrieta, 2023)
- Herramental: Cuando se necesita hacer un cambio de herramienta o maquinaria que afecte al sistema de producción.
- Problemas de instalación: Los operarios al instalar la materia prima encuentran algunas dificultades para su instalación, reportan el problema y los ingenieros estudian sus especificaciones y los problemas que pueda causar para poder generar el cambio de ingeniería. (Arrieta, 2023)
- Ahorro de costos: Los ingenieros involucrados tienen la asignación de monitorear las materias primas para desarrollar un plan de ahorro de costos, después se le comunica a ingeniería para revisarlo con el proveedor involucrado. (Arrieta, 2023)
- Cambio de modelo: Cada año se rediseña el automóvil por lo que regularmente cambian algunos componentes, los cambios significativos se presentan cada 6 años y es cuando cambia de diseño de manera total, este cambio es monitoreado por los ingenieros de producto por lo que no se llega a considerar como un cambio de ingeniería. (Arrieta, 2023)

3.1.2.2 Etapas clave del proceso de cambio de ingeniería

1.- Identificación y alcance del problema:

Alguien identifica un problema o cuestión y determina que puede requerir un cambio. Se estima el alcance del problema y su posible impacto. (Arena Solutions, s.f.)

2.- Creación de ECR:

Se crea una solicitud de cambio de ingeniería (ECR) para examinar la necesidad y viabilidad del cambio, identificar piezas, componentes y documentación que podrían verse afectados, estimar costos y enumerar los recursos necesarios para implementar el cambio. (Arena Solutions, s.f.)

3.- Revisión de la ECR:

La ECR se distribuye para su revisión y discusión entre las partes interesadas clave y se modifica según sea necesario. (Arena Solutions, s.f.)

4.- Creación ECO:

Una vez que se aprueba la ECR, se genera una orden de cambio de ingeniería (ECO), que enumera los elementos, ensamblajes y documentación que se modifican e incluye dibujos actualizados, archivos CAD, códigos de disposición de materiales, procedimientos operativos estándar o instrucciones de trabajo de fabricación. (WI) necesarios para tomar una decisión sobre el cambio. (Arena Solutions, s.f.)

5.- Revisión de ECO:

Luego, la ECO se envía a una junta de control de cambios formada por todas las partes interesadas (incluidos socios externos cuando corresponda) que deben aprobar el cambio. (Arena Solutions, s.f.)

6.- Notificación de aprobación (ECN):

Una vez que se ha aprobado la ECO, se notifica a las personas afectadas que se debe implementar el cambio de ingeniería. (Arena Solutions, s.f.)

7.- Implementación de cambios:

Los responsables de la implementación utilizan la información de la ECO para realizar el cambio solicitado. Si bien una orden de cambio de ingeniería se utiliza para muchos cambios, algunas empresas también utilizarán otros tipos

de cambios. Estos incluyen órdenes de cambio de fabricación (MCO) y órdenes de cambio de documentos (DCO). (Arena Solutions, s.f.)

3.1.2.3 Beneficios del uso de OCE o ECO

Tal vez un OCE parezca exagerado para un cambio menor, pero en realidad es esencial para asegurar que la información del producto o proceso sea precisa en todo momento. También es esencial para asegurar que todos los afectados por el cambio entiendan que se está haciendo y por qué. Cuando una organización tiene un método para manejar el producto o cambios en el proceso, las posibilidades de error disminuyen, y a todos les resulta más fácil permanecer en la misma página. Y una vez que se establece un producto o proceso, los ECO's archivados proporcionan una historia completa de los cambios y cuándo ocurrieron. En algunas industrias, los historiales de cambio son requeridos por las regulaciones, pero incluso cuando no son requeridos, son una buena idea. (McClintock, Processmaker, 2015)

3.1.3 Aplicación de APQP

APQP facilita la comunicación entre la cadena de suministro y la organización / cliente. Los requisitos que se traducen en especificaciones más detalladas se aclaran y descomponen a más detalles a medida que el proceso continúa. APQP se utiliza de 2 maneras: (Antona, 2025)

1. Soporte para introducción de nuevos productos (NPI):

APQP complementa los procesos de desarrollo de productos al agregar un enfoque en el riesgo como sustituto del fracaso. Esto permite que el equipo tome medidas sobre el riesgo en lugar de tener que esperar a que ocurra una falla en las pruebas o, lo que es peor, en las manos del cliente. APQP utiliza herramientas basadas en el riesgo que se centran en todos los aspectos del diseño de productos y procesos, el servicio, el control de calidad del proceso, el empaquetado y la mejora continua. Cada

aplicación de APQP puede ser exclusiva de una aplicación anterior debido al porcentaje de contenido nuevo, a los cambios en la tecnología actual o al historial de fallas anteriores. (Antona, 2025)

2. Cambio de producto o proceso:

APQP sigue un cambio de producto o proceso fuera de Desarrollo de Producto y garantiza que el riesgo de cambio se maneje con éxito al prevenir los problemas creados por el cambio. (Antona, 2025)

3.1.3.1 Etapas de APQP

1. Planificación del proyecto: Establecimiento de objetivos, equipo de proyecto, planificación de recursos y planificación de tiempo. (Rodriguez, 2019)

2. Desarrollo de producto y proceso: Análisis de requisitos del producto, definición de procesos, diseño de pruebas y verificación de procesos.

3. Validación de producto y proceso: Realización de pruebas y verificación de procesos para validar que el producto y el proceso cumplen con los requisitos especificados. (Rodriguez, 2019)

4. Comercialización de producto y proceso: Puesta en marcha de la producción, capacitación de los trabajadores y validación de la producción en masa.

5. Mejora continua: Monitoreo y mejora continua de la eficiencia y la calidad de los procesos y productos. (Rodriguez, 2019)

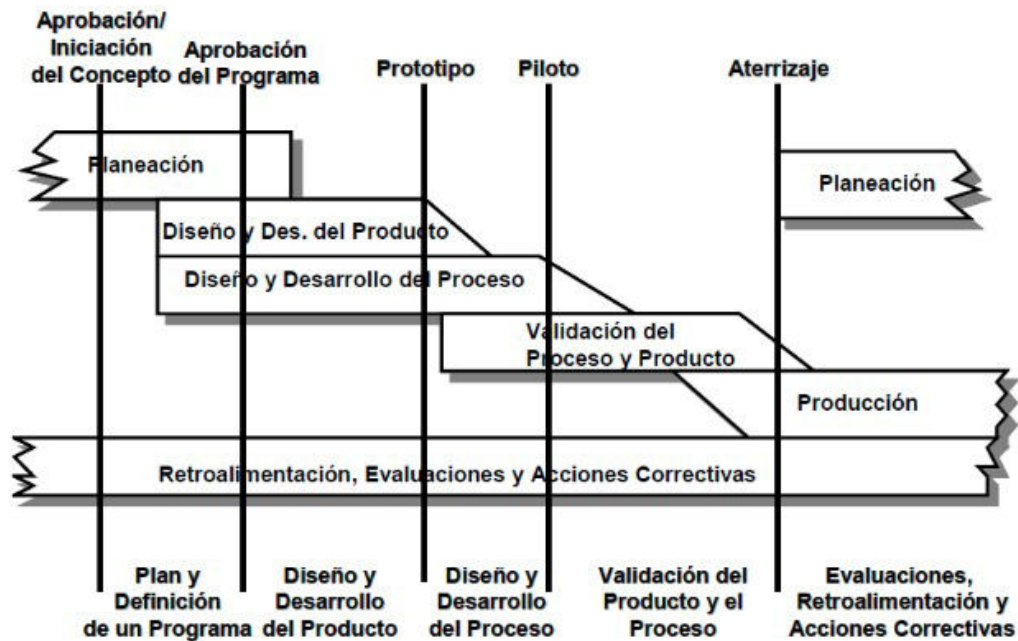


Figura 6 Diagrama de desarrollo de las etapas de un proyecto desde su inicio hasta su culminación en su etapa productiva. (Laura López Dominguez, s.f.)

3.1.3.2 Beneficios del APQP

Entre los beneficios de la utilización del APQP, se pueden nombrar: (Kohn J. , 2021)

- Diseñar una buena planificación del desarrollo de un nuevo producto.
- Establecer un control de diseño y del proceso para asegurar que las actividades se lleven a cabo de la manera planificada. (Kohn J. , 2021)
- Asegura la calidad: En cada fase del APQP existen diferentes herramientas del control que ayudarán a prevenir defectos en fases posteriores o en la vida útil del producto
- Disminuye costos operativos al tener los procesos bajo control, aumentando su eficiencia y reduciendo los desperdicios
- Posibilita la identificación de deficiencias de los procesos de producción y/o fabricación.
- Identifica y reduce la variación en las características del producto

- Mejora la seguridad en el lugar de trabajo. (Kohn J. , 2021)

3.1.4 Clasificación de los costos de manufactura

La manufactura involucra la conversión de las materias primas en productos terminados a través de los esfuerzos de los trabajadores de fábrica y del uso de los equipos de producción. En contraste, la comercialización es el mercadeo de productos terminados, adquiridos de un fabricante o de otra comercializadora. El costo de fabricar un producto o prestar un servicio se compone de tres elementos básicos: (Villegas, 2001)

- Materiales directos:

Una amplia variedad de materiales puede ser necesario para elaborar un producto o prestar un servicio. Aquellos materiales que forman parte integral del producto o servicio y que pueden identificarse de manera adecuada en el mismo, por ejemplo, la madera usada en la elaboración de una mesa, se denominan materiales directos o materias primas. Algunos ítems de materiales pueden formar parte del producto final, pero solo se pueden seguir en el producto incurriendo en altos costos y dificultades: por ejemplo, el pegante usado para encuadernar un libro. Estos ítems son llamados materiales directos, y serán incluidos como parte de los costos indirectos de fabricación. (Villegas, 2001)

- Mano de obra directa:

Esta expresión se reserva para aquellos costos laborales que pueden ser físicamente asignados a la producción de bienes y servicios y pueden ser seguidos sin costos o dificultades adicionales. Los carpinteros que elaboran la mesa, las costureras que cosen las telas en las camiserías, los operadores de equipos de rayos X son ejemplos claros de mano de obra directa.

Los costos de trabajo humano que no pueden rastrearse físicamente en la fabricación del producto, o que de hacerlo traerían costos adicionales o inconvenientes prácticos, son denominados mano de obra indirecta y tratados

como parte de los costos indirectos de producción. La mano de obra indirecta incluye: los costos de salarios de aseadores, supervisores, bodegueros, ingenieros y personal de vigilancia. Aunque la labor de estos trabajadores es esencial para la producción o prestación del servicio, serían sus costos imprácticos o imposibles de asignar a las unidades específicas de producto o servicio; por esta razón, son tratados como mano de obra indirecta. (Villegas, 2001)

- Costos indirectos de fabricación:

Denominados también costos generales de fabricación son definidos simplemente como todos los costos de producción, excepto los materiales directos y la mano de obra directa. En esta clasificación podría esperarse encontrar costos como: de materiales indirectos, mano de obra indirecta, servicios públicos, seguros, depreciación de las instalaciones de fábrica, reparación, mantenimiento y todos los demás costos de operación de la planta. (Villegas, 2001)

3.1.5 Puntos donde el BOM ayuda a las organizaciones

- Adquisición de las materias primas: Se planifica con mayor exactitud la compra de las materias primas, por lo que se realiza una adecuada y rigurosa adquisición de las mismas para la fabricación del producto. (Infinitia Industrial Consulting, 2024)
- Mayor control del material: Además de las materias primas, la lista de materiales permite llevar un control exhaustivo de los costes relacionados con el equipamiento. Maquinaria, útiles o herramientas necesarias para manipular las materias primas.
- Stock: Como hay un mayor control de las materias primas, el stock será el necesario; siendo más controlado con la lista de materiales.
- Detectar fallos: Gracias a la lista de materiales, es mucho más sencillo detectar con antelación los posibles fallos en la fabricación de un producto. (Infinitia Industrial Consulting, 2024)

3.1.6 Beneficios de los hitos (hitos)

- Mejora de la gestión del tiempo y la planificación

Como los hitos ayudan a definir eventos importantes y fechas clave, ayuda a construir una mejor estructura para un proyecto en el futuro. Además, ayuda a estimar el tiempo requerido para completar cada etapa de un proyecto. (Richardson, 2022)

- Mejor colaboración del equipo

En la mayoría de los casos, hay muchos departamentos y equipos involucrados en un proyecto. Tienen que mantenerse en el plazo y planificar su flujo de trabajo, así como comunicarse con otros departamentos.

- Identificación de desafíos

Para alcanzar un hito, debes realizar tareas y actividades predefinidas. Si no cumples con un plazo, puedes identificar qué tareas son obstáculos. Al monitorear los hitos, puedes entender qué está interrumpiendo tu flujo de trabajo. (Richardson, 2022)

- Entregables regulares a los interesados

Los interesados están interesados en la salida regular. Es mucho más fácil mantenerlos al tanto del cronograma y preparar informes basados en hitos

- Análisis e informes

Los informes son más precisos porque puedes observar las actividades para una cronología específica y estimar cómo las pequeñas tareas y otros componentes del proyecto afectaron los eventos clave del hito. (Richardson, 2022)

3.2 Bases conceptuales

3.2.1 Gestión de proyectos

La gestión de proyectos supone, por tanto, un conjunto de procedimientos explícitos cuya finalidad es mejorar la toma de decisiones en

relación con la asignación de recursos para el logro de objetivos a través de la movilización de medios adecuados para su obtención. Su concreción se verifica en el denominado ciclo de gestión de los proyectos, que supone una atención detallada e integral de todos los pasos por los que un proyecto transita: desde su concepción como idea hasta la evaluación final o posterior. Pasando por todas las etapas correspondientes. (Otero, 2005)

Pastor (2009) describe en su investigación, que la gestión de proyectos apunta a la consideración de herramientas de tipo gerencial, las cuales deben ser enfocadas para que la empresa u organización sea capaz de desarrollar un conjunto de habilidades tanto a nivel individual como de trabajo en equipo. El propósito de lograr esta actividad es planificar, organizar, dirigir y controlar los eventos asociados al proyecto, dentro de un escenario de tiempo, costo y calidad predeterminados. En otras palabras, se trata de verificar el cumplimiento específico y efectivo de las actividades, costo y calidades planificadas. Este concepto está asociado a lo que se llama la performance del proyecto. (Pastor, 2009).

3.2.2 Definiciones de Proyecto

El PMI (Project Management Institute) define el proyecto como un emprendimiento temporal que se lleva a cabo para crear un producto o servicio. Es un proceso, con una duración determinada y un fin concreto, compuesto por actividades y tareas diferentes, que puede ser elaborado de manera gradual. (Jesús David Guevara, 2017)

Edward Rogers define proyecto como idea, plan o iniciativa para lograr un objetivo específico, iniciar un negocio o innovar en uno ya existente, resolver un problema, satisfacer una necesidad, mejorar el bienestar social de las personas. (Orozco , 2019)

Según Montealegre M (2008), un proyecto se refiere a un conjunto articulado y coherente de actividades orientadas a alcanzar uno o varios objetivos siguiendo una metodología definida, para lo cual precisa de un equipo de personas idóneas, así como de otros recursos cuantificados en forma de

presupuesto, que prevé el logro de determinados resultados sin contravenir las normas y buenas prácticas establecidas, y cuya programación en el tiempo responde a un cronograma con una duración limitada. (Orozco , 2019)

3.2.3 Proyectos de inversión

Un proyecto de inversión se asocia comúnmente con las inversiones que las empresas hacen sobre: (1) un producto nuevo en el mercado, (2) modificaciones a los productos actuales, (3) reemplazo, compra o venta de activos de largo plazo (maquinaria, edificios, equipos, etc.), (4) incursión en nuevos mercados, etc. (José Antonio Morales Castro, 2005)

Según Morales Castro (2005), existen diversas definiciones de proyectos de inversión, sin embargo, se puede considerar que estos conllevan la asignación de recursos que se encaminan a producir bienes y/o servicios para satisfacer una necesidad humana previamente identificada. La asignación de recursos se traduce en la adquisición de diversos activos, tangibles e intangibles, necesarios para la producción de bien y/o servicio. (José Antonio Morales Castro, 2005).

3.2.4 Proyectos de cambio o de innovación

Estos proyectos pueden darse alrededor de nuevas inversiones como instalar una nueva línea de producción o servicios para incrementar la capacidad actual. Otro tipo de proyectos de cambio se refieren a la gestión de la organización, a mejoras en los procesos, simplificaciones o incorporación de nuevas tecnologías. La idea en este caso es mejorar la eficiencia o la eficacia. (Simon, 2021)

En todos los casos la gerencia debe evaluar y justificar las inversiones en recursos financieros, tiempo, talento humano e insumos físicos. En general la justificación es el VPN o Valor Presente Neto que demuestra que hay un

beneficio financiero o, por lo menos un ahorro, que se espera con la culminación del proyecto. (Simon, 2021)

3.2.5 Cambios de Ingeniería

Según Kernschmid et al. (2014), el ámbito de la administración de los cambios es conocido como cambios de ingeniería y generan numerosos cambios en los procesos bajo la perspectiva y soporte de profesionales que lidian con el cambio de ingeniería. Huang et al. (2001) definen a los cambios de ingeniería como una clase de cambios o modificaciones en las formas, funciones, materiales, dimensiones, etc., de productos y componentes constitutivos, además de que la capacidad de administrar los cambios de manera eficiente y eficaz refleja la agilidad de una empresa. (Arrieta, 2023)

Hernández (2012), menciona que la gerencia de cambios de ingeniería en la industria automotriz refiere a todas las actividades involucradas dentro de una empresa para planificar, desarrollar e implementar las modificaciones que afecten a un componente, productos o sistema que se encuentra en producción. La gestión de estos cambios por lo general se desarrolla considerando cada cambio como un proyecto y es liderada por el gerente del programa o (program manager, por sus siglas en inglés PM). La gerencia de programa es una función específica, pero no limitada, pues abarca diversas competencias técnicas, pero principalmente un alto sentido de organización y liderazgo, ya que implica la coordinación de diversos departamentos y sus distintos actores dentro de la organización para cumplir con las metas establecidas. (Arrieta, 2023)

3.2.6 ECR

Solicitudes de cambio de ingeniería (ECR) - Cada modificación comienza con la identificación de un problema, y los ECR formalizan la solicitud de resolución del problema. Los ECR's son la solicitud inicial de un cambio de

diseño de la máquina para mejorar la calidad, remediar los fallos de fabricación, satisfacer las demandas del cliente y similares. Estas solicitudes pasan por un proceso de aprobación en el que suelen participar múltiples interesados. (McClintock, Processmaker, 2017).

Una solicitud de cambio de ingeniería (ECR) es un documento que inicia el proceso de cambio describiendo el problema, la solución propuesta, la justificación y el impacto del cambio. El ECR debe ser claro, conciso y completo, y debe incluir datos, dibujos, especificaciones y referencias relevantes. El ECR también debe identificar las partes interesadas, la prioridad y la fecha prevista de finalización del cambio. El ECR debe presentarse a una autoridad designada o a una junta de control de cambios para evaluación y aprobación. (Linkedin , s.f.)

3.2.7 ECO / OCE

Órdenes de cambio de ingeniería (ECO) - Una vez que se autorizan los ECR, se emite una OCE. Las OCE son esencialmente la implementación de cambios de diseño solicitados en las ECR. Todos los cambios reales se documentan hasta que el cambio se completa. Los ejemplos incluyen dibujos actualizados, archivos CAD, procedimientos operativos estándar e instrucciones de trabajo de fabricación. (McClintock, Processmaker, 2017)

Una orden de cambio de ingeniería (ECO) es un documento que especifica detalles de diseño de nuevos productos o cambios propuestos a productos existentes. Los ECO proporcionan una lista de todos los componentes, conjuntos y otros documentos afectados. La orden de cambio de ingeniería se envía a todas las partes interesadas clave (junta de control de cambios o "CCB"), incluidos los equipos de ingeniería, calidad, adquisiciones, fabricación y diseño externo o socios de la cadena de suministro en muchos casos. Cada miembro de la CCB es responsable de determinar el impacto de la orden de cambio y si la ECO puede hacerlo. implementarse según lo planeado y a tiempo. Los miembros de la CCB aprobarán o rechazarán el cambio y

cuando todos los miembros de la CCB hayan aprobado la ECO, se podrá actuar en consecuencia. (Arena Solutions, s.f.)

3.2.8 ECN

Un aviso de cambio de ingeniería (ECN) es un aviso oficial de que se ha aprobado un cambio. Muchas empresas utilizan un ECN formal para garantizar que sus fabricantes contratados y otros socios de fabricación estén fabricando los productos correctamente. (Arena Solutions, s.f.)

Un aviso de cambio de ingeniería (ECN) es un documento que informa a las partes interesadas de la finalización y el resultado del cambio al proporcionar los detalles, las razones y los beneficios del cambio. La REC también debe documentar cualquier desviación, problema o lección aprendida del proceso de cambio. La ECN debe estar alineada con la ECO y debe incluir los datos, dibujos, especificaciones y referencias actualizados. La REC debe distribuirse a todas las partes afectadas y debe archivar para futuras referencias. (Linkedin , s.f.)

3.2.9 APQP

La planificación avanzada de la calidad del producto (APQP) es un método estructurado para definir y establecer los pasos necesarios para cumplir con todos los requisitos específicos del cliente (CSR) en cualquier proceso de planificación de producto o lanzamiento nuevo. El proceso APQP sirve como guía en el proceso de desarrollo de productos y una forma estándar de compartir resultados entre organizaciones y sus clientes. (Plexus Internacional, s.f.)

El APQP es un proceso de desarrollo de productos que se enfoca en la calidad, la seguridad y la fiabilidad. Fue desarrollado por la industria automotriz

en los años 80 como una forma de asegurarse de que los vehículos producidos cumplieron con los estándares de calidad y seguridad establecidos por la industria. Desde entonces, se ha extendido a otras industrias y se ha convertido en una herramienta de gestión de calidad ampliamente utilizada. (Laisequilla, 2023)

3.2.10 Especificación del embalaje (standard pack)

Una especificación de embalaje es un dato maestro. La especificación de embalaje define todos los niveles de embalaje necesarios para un producto, por ejemplo, para almacenarlo o transportarlo. En el caso de un producto, una especificación de embalaje describe principalmente en qué cantidades se puede envasar el producto, en qué materiales de embalaje y en qué secuencia. (SAP Documentation, s.f.)

En formato impreso, una especificación de embalaje es un conjunto de instrucciones para el empleado del almacén. Más concretamente, los pasos de trabajo que se introducen en una especificación de embalaje están pensados como información para el empleado. De esta forma, se pueden dar, por ejemplo, instrucciones precisas sobre dónde se debe colocar la etiqueta en una caja o cómo se debe apilar un producto en un palé. (SAP Documentation, s.f.)

3.2.11 Instrucción de trabajo (WI)

Las Instrucciones de Trabajo son documentos que describen de manera clara y precisa la manera correcta de realizar determinadas tareas que pueden generar inconvenientes o daños de no realizarse de la manera establecida. Es decir, describen, dictan o estipulan los pasos que se deben seguir para realizar correctamente alguna actividad o trabajo específico. (Robledo, s.f.)

Las instrucciones de trabajo están sobre todo enfocadas a explicar cómo se va a realizar una actividad concreta, y son de obligado cumplimiento. Las

instrucciones de trabajo se utilizan para describir una operación concreta, normalmente asociada a un puesto de trabajo. (Robledo, s.f.)

3.2.12 ERP Infor LN

Infor LN es el software de gestión empresarial (ERP) completo para administrar las demandas más exigentes de las empresas industriales de fabricación discreta. (Semantic Systems, 2025)

Dispone de una amplia funcionalidad que proporciona un control absoluto sobre todas las operaciones empresariales, más de 30 módulos que abarcan: gestión financiera, relación con los clientes, ventas y configuración de pedidos, planificación empresarial y de la cadena de suministro, control de fabricación, gestión de proyectos, calidad e ingeniería entre otros. (Semantic Systems, 2025)

3.2.13 BOM

Una lista de materiales o Bill Of Materials (BOM) es un documento que define todos los elementos indispensables en un proceso de producción. Por norma general, esta lista influye en las etapas de diseño, producción y ensamblaje de un producto, y recoge las materias primas, piezas, herramientas, componentes y subcomponentes que pueden conformar un producto. (Infinitia Industrial Consulting, 2024)

Esta lista de materiales sirve para rebajar costes en las operativas de almacén y repercute de manera directa en el correcto abastecimiento de las líneas de producción. Al final, es el primer paso para alcanzar una cadena de producción optimizada, sin errores y que trabaje a pleno rendimiento. (Infinitia Industrial Consulting, 2024)

3.2.14 Estudio de Factibilidad

Un estudio de factibilidad es una evaluación exhaustiva destinada a analizar la viabilidad de implementar una idea, plan o proyecto específico. Este análisis se adentra en la exploración de diversos factores, abarcando aspectos económicos, técnicos, legales y de organización, con el objetivo de determinar si un proyecto puede llevarse a cabo exitosamente. (Page/, 2024)

Estudio de factibilidad es un análisis que realizan las empresas para evaluar la viabilidad y el potencial de éxito de un nuevo negocio o proyecto antes de implementarlo. (Quiroa, 2024)

A modo de conclusión, Quiroa, 2024 describe que realizar un estudio de factibilidad es importante antes de que una empresa eche en marcha un nuevo negocio o proyecto. Debido a que permite saber si es posible realizarlo o no. Adicionalmente, permite saber que dificultades se pueden presentar y cómo se podrían superar. Finalmente permite visualizar las condiciones ideales para realizarlo con éxito.

3.2.15 Inspección dimensional

La inspección dimensional es un proceso que tiene como objetivo verificar y medir las características geométricas y dimensionales de un objeto o una pieza para asegurar que cumplan con las especificaciones requeridas. Es un paso esencial en el control de calidad y en garantizar la conformidad de las piezas y ensamblajes con estándares y requisitos específicos.

Las principales características medidas durante la inspección dimensional incluyen dimensiones lineales, ángulos, tolerancias, formas, perfiles, rugosidad superficial, posiciones relativas, desviaciones de las especificaciones, etc. (kreon3d, 2025)

3.2.16 Milestones (hitos)

Un hito (milestone) es un evento significativo que tiene importancia para todo el proyecto. Se utiliza para medir el progreso y mostrar cómo se acerca a los objetivos de proyecto que se han establecido.

En gestión de proyectos, los hitos se utilizan como señales para: la fecha de inicio o finalización de un proyecto, la necesidad de una revisión o aportación externa, la necesidad de comprobaciones presupuestarias, la presentación de una entrega importante y mucho más. Los hitos tienen una fecha fija pero no una duración. Entonces, ¿qué es un hito en gestión de proyectos? En pocas palabras, es un punto de referencia que marca un evento importante o un punto de decisión de ramificación dentro de un proyecto. (Wrike, 2025)

Sin embargo, para Richardson (2022), los hitos no son solo una herramienta para establecer etapas simplemente. Los hitos también ayudan a establecer actividades, monitorear ingresos y gastos, preparar informes para la oficina central y los interesados, establecer plazos y realizar reuniones de chequeo. En ese caso, los hitos también son una herramienta poderosa cuando se trata de programación y análisis, ya que puedes recopilar métricas para un período específico.

CAPÍTULO 4. METODOLOGÍA

4.1 Variables relacionadas

4.1.1 Gestión de proyectos bajo el enfoque APQP

El APQP como herramienta de gestión de proyectos, es un método estructurado para el diseño de productos y procesos en la industria automotriz, que ayuda a mejorar la comunicación entre las áreas involucradas para el cumplimiento de cada uno de los entregables asociados en cada etapa de desarrollo del mismo. De igual manera, permite administrar los recursos para desarrollar productos de calidad, seguros y confiables, que cumplan con los requerimientos del cliente. El APQP también permite la realización de pruebas que ayudaran a detectar posibles fallas de diseño o proceso que puedan perjudicar la calidad de los productos lo cual conllevaría a cambios extraordinarios, que se deban implementar previo su lanzamiento en masa.

La correcta implementación del APQP, ayudara a reducir o mitigar riesgos relacionados con la introducción de nuevos productos o con la implementación de proyectos de cambio de ingeniería al tener un enfoque estructurado, mediante el desarrollo de herramientas y metodologías que ayudan a gestionar y dirigir los recursos, para asegurar y trabajar bajo los requisitos o estándares establecidos por el cliente, y de esta manera, proporcionar productos de alta calidad en tiempo y respetando los presupuestos establecidos al inicio del proyecto.

Para la gestión de nuevos productos y cambios de ingeniería, ELRAD Electronics ha establecido el Milestone Plan, el cual debe ser gestionado por el departamento de PM e Ingeniería de Producto. Este Milestone Plan consiste en el desarrollo de 5 fases o milestones, los cuales están basados en la metodología APQP.

Como se puede observar en la figura 7, las etapas del APQP están divididas en 5 milestones, que son las etapas o eventos que se deben realizar en el desarrollo o introducción de cada nuevo producto. De igual forma, se describe el M2 como no mandatorio, esto porque al día de hoy, ELRAD Electronics trabaja bajo el requerimiento del cliente, es decir, no se diseñan los productos en la empresa, los clientes son quienes proporciona toda la información referente al producto que requieren se manufacture.

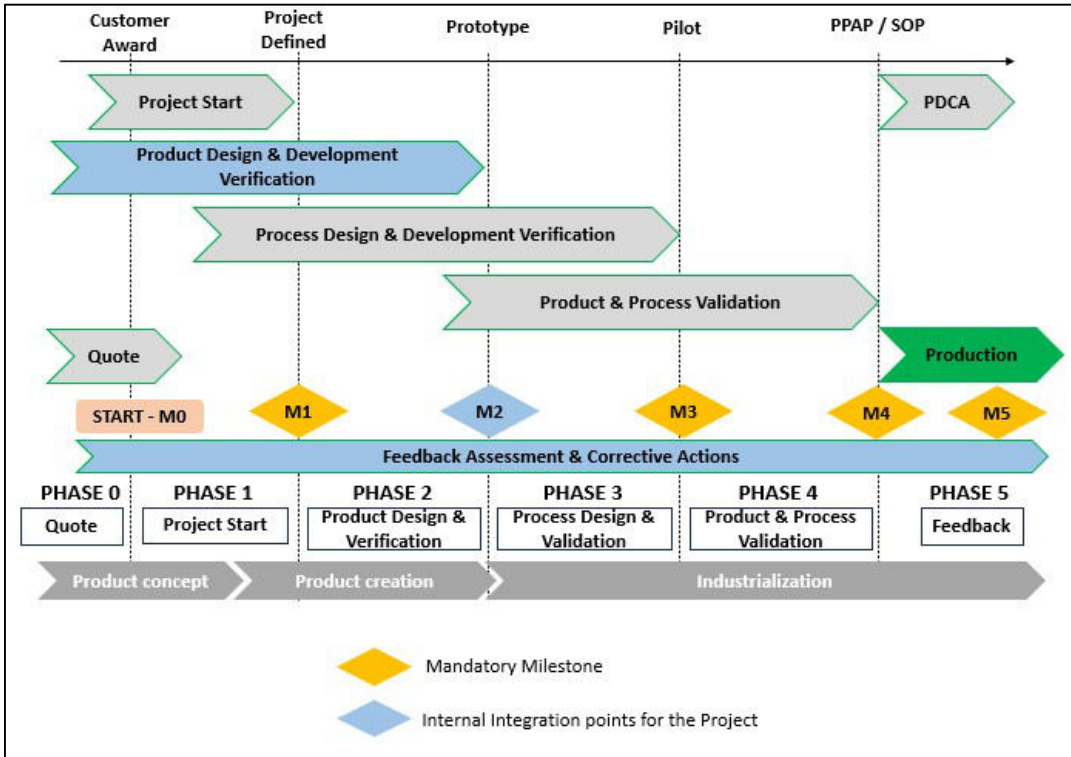


Figura 7 Fases de Milestone Plan de ELRAD

A continuación, se muestra la lista de entregables en relación a cada Milestone (véase figura 8):

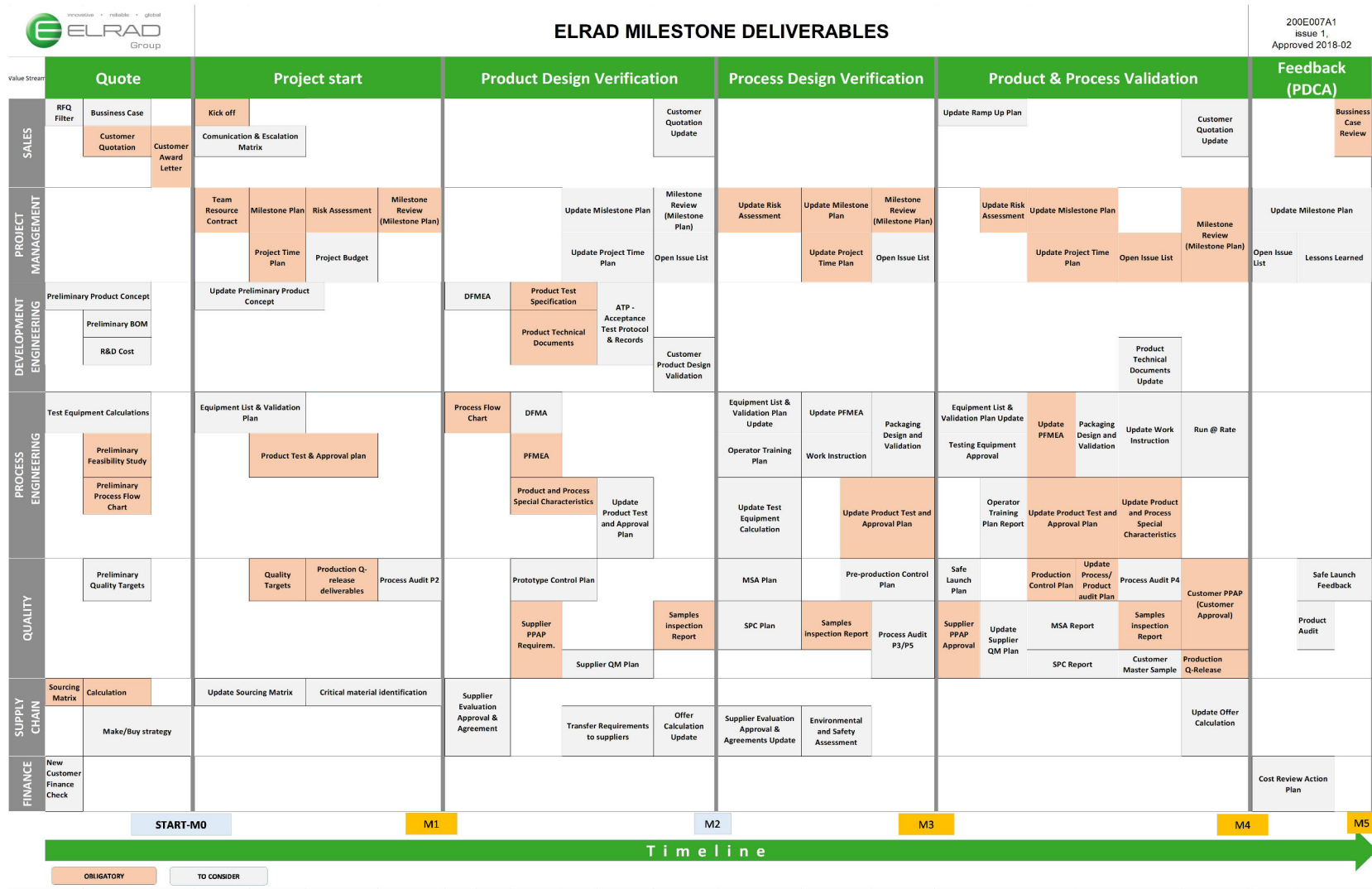


Figura 8 ELRAD Milstone Deliverables

La figura anterior muestra los entregables “Obligatorios” que se deben realizar y los “Por considerar” que dependerán del PM (Project manager / persona a cargo del proyecto) y los acuerdos que se establezcan con el equipo multifuncional y con el cliente. Esto para la gestión de introducción de nuevos productos.

Para el caso de cambios de ingeniería, dependiendo del tipo de cambio, impacto que genere sobre el producto o información y acuerdos con cliente, se señalarán los documentos entregables que se deberán actualizar. A este punto, el producto ya ha sido liberado en producción en serie, es decir, ya se concluyó un APQP y ahora será necesario la actualización de documentos (en caso de ser aplicable) por consecuencia del cambio. Para la correcta introducción de estos cambios, el equipo debe seguir el diagrama de flujo de proceso de cambios de ingeniería internos que se muestra a continuación en figura 9.

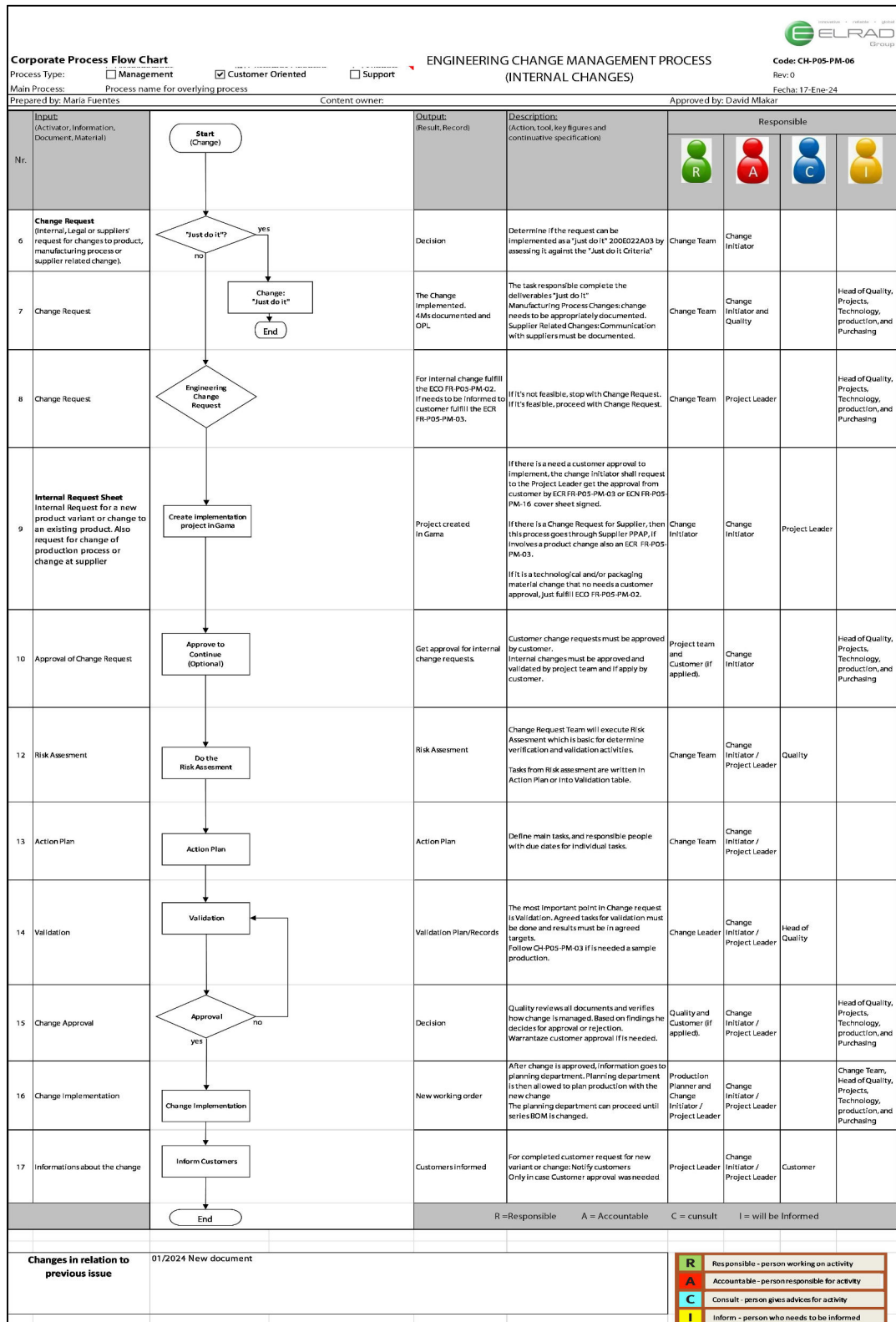


Figura 9 Diagrama de flujo de proceso de cambios de ingeniería internos.

4.2 Enfoque de investigación

4.2.1 Enfoque Mixto

Como cita Faneite (2023), en su artículo, el enfoque mixto surge como inquietud de los investigadores que se han visto en la necesidad de abordar la complejidad de las investigaciones de forma holística e integradora. Para Hernández-Sampieri y Mendoza (2018), es aceptado como una metodología que ofrece diversos puntos de vista para la solución de problemas. Tiene como fin proporcionar una visión más completa de los fenómenos e implica la integración sistemática de metodologías cuantitativas y cualitativas en una única investigación. Por su parte, Maldonado (2018), señala que los juicios basados en información mixta permiten comprender mejor el tema investigado y mezcla procedimientos en un mismo estudio de forma sistemática. Igualmente, Hernández-Sampieri et al. (2014), expresan que la recopilación, el análisis y la integración de datos cuantitativos y cualitativos constituyen un método que se emplea cuando ninguna de las otras vías es suficiente para ofrecer una comprensión cabal del tema estudiado.

Un enfoque mixto o complementario combina tanto métodos cuantitativos como cualitativos en una misma investigación. Por lo general, se divide en dos fases: la primera es la cuantitativa y se basa en la recopilación de datos numéricos, mientras que la segunda es cualitativa y se encamina en la recolección de datos descriptivos y subjetivos. Para realizar un enfoque mixto, Hernández-Sampieri y Mendoza (2018), expresan que es necesario seguir los siguientes pasos: identificar la pregunta de investigación y definir los objetivos del estudio; seleccionar los métodos cuantitativos y cualitativos que se van a emplear; diseñar la metodología para la selección de la muestra, la recolección y el análisis de datos; recopilar los datos cualitativos y cuantitativos y analizarlos por separado; finalmente, integrar los resultados de ambos análisis para obtener conclusiones más completas y precisas. Seguidamente, el enfoque experimental es una metodología de estudio científico cuyo objetivo es explicar conexiones de causa y efecto entre variables. (Faneite, 2023)

De acuerdo a las características de este trabajo, se puede concluir que esta investigación tiene un enfoque mixto debido a la integración de métodos y datos cuantitativos y cualitativos que la constituyen. De modo que se considera cuantitativa porque busca dar solución con base a métodos cuantificables y cualitativa debido a que ciertos datos se obtendrán de la observación, opiniones y discusión por las reuniones de seguimiento que se generarán con el equipo multifuncional para el buen control e implementación del cambio.

.

4.3 Tipo de investigación

4.3.1 Investigación aplicada

Para Murillo (2008), la investigación aplicada recibe el nombre de “investigación práctica o empírica”, que se caracteriza porque busca la aplicación o utilización de los conocimientos adquiridos, a la vez que se adquieren otros, después de implementar y sistematizar la práctica basada en investigación. El uso del conocimiento y los resultados de investigación que da como resultado una forma rigurosa, organizada y sistemática de conocer la realidad. (Cordero, 2009)

Este trabajo es considerado como investigación aplicada, ya que se conocía el problema y se busca implementar una mejora en específico. Se utilizarán conocimiento teóricos y prácticos sobre la gestión de proyectos y cambios de ingeniería para la correcta implementación del cambio.

4.4 Población objetivo y muestra

Para este trabajo se estará considera la población como infinita, ya que se trabajará bajo el requerimiento del cliente, siendo ellos quienes indiquen la cantidad de piezas necesarias para la evaluación y aprobación del cambio de empaque.

4.5 Instrumentos y técnicas de recolección de datos

Técnicas

- Observación es una de las técnicas utilizadas en la presente investigación, ya que es fundamental para la obtención de datos conforme se ve en la realidad. Con esta técnica y con la ayuda de diferentes formatos para el análisis más preciso de los mismos, se podrán obtener valores o información que ayudarán con la correcta implementación del cambio.
- La realización de un cuestionario inicial ayudara a conocer parte del impacto que el cambio de ingeniería tendrá sobre el producto y se identificara si es necesario realizar un seguimiento de evaluación y aprobación o si se puede realizar de forma inmediata, es decir, sin necesidad de consultar con cliente, ya que no cuenta con afectación sobre el producto o documentación técnica del mismo.
- Reuniones de seguimiento con equipo multidisciplinario como parte de la gestión e implementación del cambio, son parte fundamental para garantizar la correcta introducción de este. De igual manera, sirven para asegurar que todas las áreas están enteradas y se encuentran trabajando en conjunto para la realización satisfactoria del mismo.

Instrumentos

Los instrumentos que se utilizarán en la presente investigación de acuerdo al Milestone Plan y Flow Chart de gestión de cambios de ingeniería internos, serán:

- Change filter checklist (figura 10)
- ECR - Engineering Change Request format (figura 11)

- Change Feasibility Study (impact) format (figura 12)
- Open Points List (figura 13)
- Bill of Materials – Affected Items format (figura 14)
- Formato de reporte dimensional

A continuación, se muestran las figuras 10 - 14 como referencia de los formatos que se utilizaron para la recolección de información para elaboración de este trabajo.

Change Products & Processes

Change Filter Checklist

200E022A03

1st issue, 2020-08

Page 1 of 1

Strategic owner: Boštjan Nemec

Content owner: Damir Lipič

Approved by – Mlakar David

Change Filter Checklist

Date	
Plant	
Customer	
Type of change	
Filled in by	
Change ID	

Question	Y/N
Will engineering records, specifications, drawings, BOM or materials for part or product change?	
Will material or surface treatment change anywhere in the product?	
Will there be production from new or modified tools, moulds, dies, patterns?	
Will there be production from upgraded tools?	
Will the process flow diagram change?	
Is production tooling or equipment going to be transferred from a different plant site?	
Will supplier be changed for parts, materials or processes?	
Only for high-volume parts tooling and equipment: Will tooling or equipment be reused after being inactive for more than 12 months?	
Is there a new test/inspection method or technique?	
Is there a new source of raw material from new or existing supplier?	
Is product appearance going to change?	

Conclusion (check off):

No to all questions?		→ Approved for "just do it"
Yes to any question?		→ Further assessment needed → File this form as part of the change documentation

Changes in relation to previous issue:

Figura 10 Change Filter Checklist / "Just do it"

 ELRAD Mexico		ECR - Engineering Change Request				Code	FR-P05-PM-03
						Revision	19
						Date	09/08/2023

Origin ☐ EMEX ☐ Elrad plant (EDG/EI) ☐ Customer ☐ Supplier	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 30%;">Name of Requester:</td> <td colspan="2"></td> <td style="width: 20%;">Issue date:</td> <td colspan="2"></td> <td style="width: 25%;">In charge</td> </tr> <tr> <td>Product Number:</td> <td colspan="2"></td> <td>ELRADMX ECR No.</td> <td colspan="2"></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Product Description:</td> <td colspan="2"></td> <td>TD-POS No.</td> <td colspan="2"></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Requester ECR No.</td> <td></td> <td rowspan="2" style="text-align: center; vertical-align: middle;">Application period by requester:</td> <td colspan="2">☐ Running change</td> <td colspan="2">ELRADMX ECR applicable time:</td> </tr> <tr> <td>ECR received date:</td> <td></td> <td colspan="2">☐ Target day or WO</td> <td>Plan:</td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="2"></td> <td></td> <td colspan="2">☐ Urgent</td> <td>Actual:</td> <td></td> </tr> </table>	Name of Requester:			Issue date:			In charge	Product Number:			ELRADMX ECR No.				Product Description:			TD-POS No.				Requester ECR No.		Application period by requester:	☐ Running change		ELRADMX ECR applicable time:		ECR received date:		☐ Target day or WO		Plan:					☐ Urgent		Actual:	
Name of Requester:			Issue date:			In charge																																				
Product Number:			ELRADMX ECR No.																																							
Product Description:			TD-POS No.																																							
Requester ECR No.		Application period by requester:	☐ Running change		ELRADMX ECR applicable time:																																					
ECR received date:			☐ Target day or WO		Plan:																																					
			☐ Urgent		Actual:																																					
Description of Change:																																										
Reason for the Change:																																										

Clasificación de change		Phase product / project	
☐ Design	☐ Materials (BOM)	☐ Preliminar	
☐ Process	☐ Software	☐ Pre-series	
☐ Lay out	☐ Otro: _____	☐ Series	

ECR Assessment	
☐	Customer approval required (impact features, special features, logistics, cost, normatives)
☐	Pilot run required
☐	CapEx required

Figura 11 ECR - Engineering Change Request (ECR)

Change Feasibility Study (impact)

Code	FR-P05-PM-03
Revision	19
Date	09/08/2023

Department	Head	Deliverable/Task	Compliance	Task Description	Scheduled		
					Start date	Finish date	Comments
Quality System	Pablo Gazca	Control Plan	NA				
		Supplier PPAP approval	NA				
		Material Inspection	NA				
		Others	NA				
		Others	NA				
Technologies	Zeuz Aules	Special characteristics list	NA				
		Process (method)	NA				
		Flow diagram	NA				
		Machinery / Tools	NA				
		PFMEA	NA				
		Work instruction	NA				
		Visual support	NA				
		Layout	NA				
		Cicle time	NA				
		Work stations	NA				
		Machinery / Tools	NA				
		Software	NA				
		Others	NA				
		Others	NA				
		Others	NA				
Supply chain	Pedro Daniel A.	WO to samples	NA				
		Clean point WIP & PT	NA				
		Others	NA				
	Rodrigo Bolivar	PO for samples	NA				
		Clean point Raw material	NA				
		Others	NA				
	Luis Daniel R.	Identification of material with change	NA				
Production	Jose Daniel	Others	NA				
		Clean point RM, WIP & PT	NA				
		Others	NA				
Project management	Diego Gonzalez	CAPEX	NA				
		PPAP to customer	NA				
		Risk assessment	NA				
		COGS revision / Sale Price	NA				
		Others	NA				
		Others	NA				

Figura 12 Change Feasibility Study

BILL OF MATERIALS - AFFECTED

4.6 Diseño

En la figura 16, se muestran todo el método a realizar de los diferentes objetivos.



Figura 15 Diseño de Objetivos

4.7 Método de análisis de datos

Se realizará un análisis del diseño actual de caja contra rejillas (dimensiones), para determinar el desperdicio de espacio que genera el diseño actual (ver tabla 3).

Tabla 3 Formato para análisis de diseño de embalaje

Diseño	Especificaciones cm	Volumen Total cm3	Discrepancia cm3	% Desperdicio

Se solicitarán muestras a proveedor de empaque para realizar una validación dimensional y física vs piezas (ver figura 16).

		TIPO DE DOCUMENTO		Código: FR-P11-QA-18 Revisión: Rev. 01 Fecha de revisión: 04.Feb.2021 Página: 1 de 1																																																																																		
Nombre del documento:		Formato de reporte dimensional																																																																																				
Part Number: _____ Part Name: _____		Quantity: _____	Line: _____ Units: _____	Requested on: _____ Due Date: _____																																																																																		
<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Sample</th> <th rowspan="2">Cavity</th> <th>Method used</th> <th>Keyence IM</th> <th>Keyence IM</th> </tr> <tr> <th></th> <th>1</th> <th>2</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>NA</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>2</td><td>NA</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>3</td><td>NA</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>4</td><td>NA</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>5</td><td>NA</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr> <td colspan="2">Nominal Dimension</td> <td></td> <td>0.90</td> <td>0.90</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Tolerance</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="2">LSL</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="2">USL</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="2">MIN</td> <td></td> <td>0.000</td> <td>0.000</td> </tr> <tr> <td colspan="2">MAX</td> <td></td> <td>0.000</td> <td>0.000</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Cpk</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="2">RESULT (in=OK, Out=NG)</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="2">Min</td> <td></td> <td>in</td> <td>in</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Max</td> <td></td> <td>in</td> <td>in</td> </tr> </tbody> </table>	Sample	Cavity	Method used	Keyence IM	Keyence IM		1	2	1	NA				2	NA				3	NA				4	NA				5	NA				Nominal Dimension			0.90	0.90	Tolerance					LSL					USL					MIN			0.000	0.000	MAX			0.000	0.000	Cpk					RESULT (in=OK, Out=NG)					Min			in	in	Max			in	in			
Sample			Cavity	Method used	Keyence IM	Keyence IM																																																																																
		1		2																																																																																		
1	NA																																																																																					
2	NA																																																																																					
3	NA																																																																																					
4	NA																																																																																					
5	NA																																																																																					
Nominal Dimension			0.90	0.90																																																																																		
Tolerance																																																																																						
LSL																																																																																						
USL																																																																																						
MIN			0.000	0.000																																																																																		
MAX			0.000	0.000																																																																																		
Cpk																																																																																						
RESULT (in=OK, Out=NG)																																																																																						
Min			in	in																																																																																		
Max			in	in																																																																																		

Figura 16 Formato de Reporte Dimensional

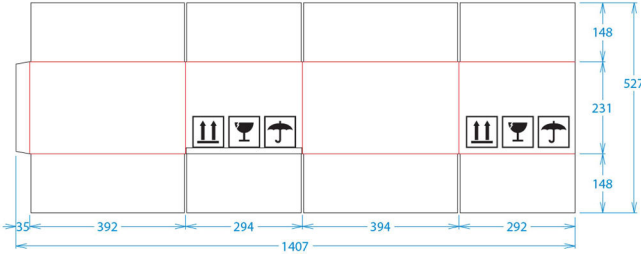
Se llevará a cabo kick off meeting con equipo multifuncional para análisis de factibilidad del cambio y toma de decisiones para su puesta en marcha.

CAPÍTULO 5. RESULTADOS

5.1 Análisis del diseño actual de embalaje de productos 624260 y 624261 e identificación del área de mejora.

En la tabla 4, se muestran las especificaciones (dimensiones) de la caja que se estaba utilizando para empacar los productos 624260 y 624261.

Tabla 4 Análisis de diseño de caja

Diseño	Especificaciones cm	Volumen Total cm3
<u>Caja</u> 	Largo= 39.2 Ancho= 29.4 Altura= 23.1	26,622.29

Para calcular el volumen de la caja de cartón, se utilizó la siguiente formula:

V= Largo x Ancho x Alto
V= 39.2cm x 29.4cm x 23.1cm
V= 26,622.29cm3

Concluyendo que 26,622.29cm3 son el 100% del espacio disponible en la caja acorde a las dimensiones con las que esta cuenta.

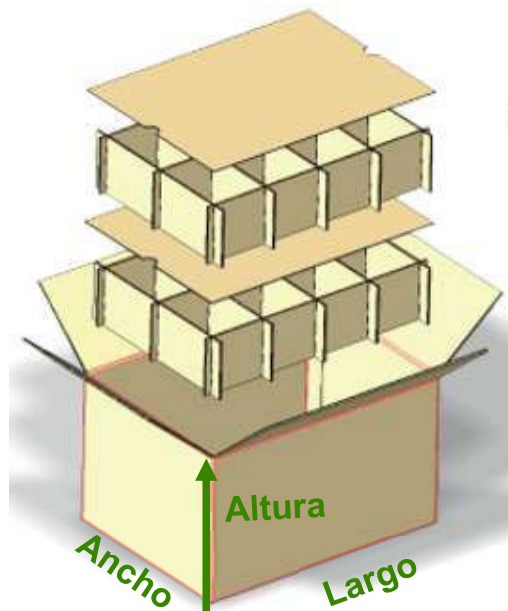
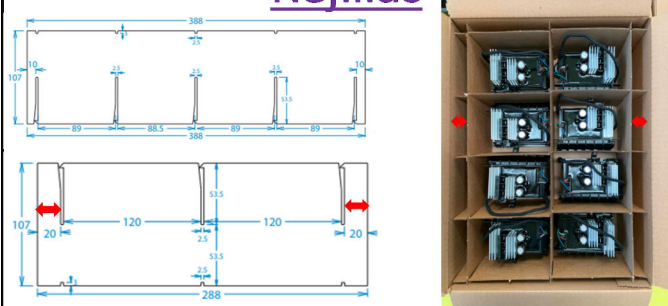


Figura 17 Diseño completo de caja, rejillas y separadores

Por otra parte, en la tabla 5 se muestra el diseño de rejillas y el cálculo del espacio utilizado de la caja de acuerdo a las especificaciones o medidas de estas. Siendo la altura la suma de dos sets de rejillas (107mm) más dos separadores de 3mm de ancho. Ver figura 17.

Tabla 5 Análisis de Diseño de rejilla anterior

Diseño	Especificaciones cm	Volumen Total cm3
<u>Rejillas</u> 	Largo= 38.8 Ancho= 24.8 Altura= 22.0	21,169.28

Como se puede visualizar a continuación en figura 18, existían gaps de aire en los cuatro lados de la caja, sin embargo, los más significativos son los generados por la rejilla pequeña que van hasta los 40mm (4cm) de espacio vacío. Ver figura 19.



Figura 18 Distribución de piezas en caja de diseño anterior

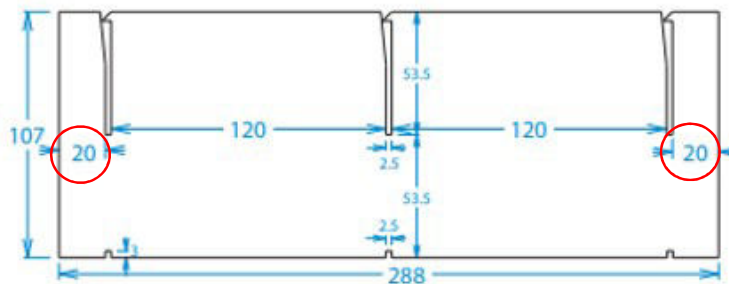


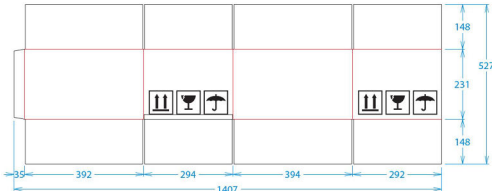
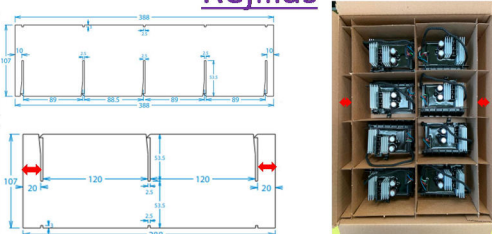
Figura 19 Diseño de rejilla anterior

La altura de las rejillas también contaba con un poco más de 1cm de discrepancia contra la altura de la caja, de igual forma, como se logra apreciar en la figura 18, las cavidades tienen exceso de espacio a las dimensiones de las piezas, lo que podía ocasionar que estas generaran mayor movimiento o vibraciones al momento de ser transportadas y, por ende, resultar defectuosas.

Para obtener el volumen utilizado real se restaron los 4cm al ancho de la caja y 1.1cm a la especificación de altura. Dando como resultado 21,169.28 cm³ que es un 79.52% de aprovechamiento de la caja.

A continuación, se muestra el volumen de desperdicio resultante de la comparativa del diseño de caja contra la distribución interna (rejillas). Ver tabla 6.

Tabla 6 Volumen de desperdicio entre dimensiones de caja y diseño de rejillas anterior.

Diseño	Especificaciones cm	Volumen Total cm ³	Discrepancia cm ³	% Desperdicio
Caja 	Largo= 39.2 Ancho= 29.4 Altura= 23.1	26,622.29		
Rejillas 	Largo= 38.8 Ancho= 24.8 Altura= 22.0	21,169.28	5,453.01	20.48%

El porcentaje de desperdicio con el diseño anterior era de 20.48% de espacio vacío, el cual no permitía tener una distribución o capacidad optima de las piezas por caja.

Como resultado de la evaluación de la mejora, se solicitó que se actualizara el rediseño de rejillas, ajustando la altura y eliminando dos de las rejillas largas, de tal forma que la cavidad se hiciera más grande para colocar dos piezas en lugar de una y se aprovecharan al máximo las cavidades, de esta forma se duplicaría la capacidad de piezas por caja.

5.2 Generación de documentación inicial necesaria para la gestión del cambio.

A continuación, se muestra el “Change filter checklist” que se realizó para determinar si el rediseño de embalaje requiere ser manejado internamente como cambio de ingeniería o si es un cambio que se puede implementar de forma inmediata, sin necesidad de llevar un seguimiento de implementación con equipo multifuncional y la obtención de VoBo o aprobación de cliente.

La figura 20 muestra el checklist realizado para este cambio, y que ayudo a identificar que este debe ser gestionado para garantizar los resultados y asegurar la trazabilidad de cambios de los productos afectados, puesto que, con referencia a la información que describe este formato, se está afectando el BOM interno por reducción de consumo de materiales. Además de que al actualizar el standard pack se estaría afectando el plan de embarques ya establecido con cliente, por lo que se vio la necesidad de presentar y buscar su consentimiento.

Change Products & Processes

200E022A03

Change Filter Checklist

1st issue, 2020-08

Page 1 of 1

Strategic owner: Boštjan Nemeč

Content owner: Damir Lipič

Approved by – Mlakar David

Change Filter Checklist

Date	26.05.2023
Plant	EMEX
Customer	STIHL
Type of change	PACKAGING
Filled in by	MARIA FUENTES
Change ID	TBD

Question	Y/N
Will engineering records, specifications, drawings, BOM or materials for part or product change?	YES
Will material or surface treatment change anywhere in the product?	NO
Will there be production from new or modified tools, moulds, dies, patterns?	NO
Will there be production from upgraded tools?	NO
Will the process flow diagram change?	NO
Is production tooling or equipment going to be transferred from a different plant site?	NO
Will supplier be changed for parts, materials or processes?	NO
Only for high-volume parts tooling and equipment: Will tooling or equipment be reused after being inactive for more than 12 months?	NO
Is there a new test/inspection method or technique?	NO
Is there a new source of raw material from new or existing supplier?	NO
Is product appearance going to change?	NO

Conclusion (check off):

No to all questions?	→ Approved for “just do it”
Yes to any question?	→ Further assessment needed → File this form as part of the change documentation

Figura 20 Checklist de control de cambio por rediseño de embalaje

Posterior al llenado del anterior checklist, se realizó reunión con equipo multifuncional para llenado de caratula de ECR, estudio de factibilidad y generación de OPL (Open Point List), de las actividades que se deben realizar para desarrollar e implementar el cambio correctamente.

A continuación, se presenta la caratula del ECR donde se describe la descripción y razón del cambio, así mismo, cierta información de los productos afectados, persona a cargo de la gestión del cambio, fecha, ECR No, periodo de aplicación, clasificación del cambio, entre otras. (Ver figura 21).

En conjunto con el equipo, se decidió que este cambio fuera catalogado como de empaque, ya que se debía presentar a cliente esta caratula y como tal su lista de materiales (BOM) no estaba siendo afectada, ya que el cambio de este era interno actualizando solamente consumos, no se trataba de ningún nuevo material (reemplazo) o cambio de proveedor que requiriera validaciones adicionales.

Con respecto al periodo de aplicación se consideró que fuera running change, que hace referencia a un cambio sobre la marcha, es decir, no importa el día u orden de producción para poder introducir el cambio, este periodo de aplicación indica que, al agotarse el material obsoleto, de forma inmediata debe comenzar la producción con el nuevo.

Posteriormente, se continuo con el llenado del Feasibility Study (figura 22) el cual consiste en realizar un análisis de lo que se requiere para implementar el cambio, partiendo de cualquier tipo de modificación sobre documentos, herramentales, maquinaria, método, actividades críticas a realizar y estudio de riesgos. Para este último se detectó que el único riesgo visible era que la nueva especificación de cavidades no sea suficiente para introducir 2 piezas y como contramedida se solicitaron muestras de sets de rejillas a proveedor para realizar una validación física con piezas.

ELRAD Mexico innovative • reliable • global Change Feasibility Study (impact) <td> Code FR-P05-PM-03 </td>					Code FR-P05-PM-03			
					Revision 19			
					Date 09/08/2023			
Department	Head	Deliverable/Task	Compliance	Task Description	Scheduled			
					Start date	Finish date	Comments	
Quality System	Pablo Gazca	Control Plan	NA					
		Supplier PPAP approval	NA					
		Material Inspection	YES	Dimensional report of the 4 grids against new design	31/05/2023	31/05/2023		
		Others	NA					
		Others	NA					
Technologies	Zeuz Aules	Special characteristics list	NA					
		Process (method)	NA					
		Flow diagram	NA					
		Machinery / Tools	NA					
		PFMEA	NA					
		Work instruction	YES	Update WI of packaging.	18/08/2023	23/08/2023		
		Visual support	NA					
		Layout	NA					
		Cicle time	NA					
		Work stations	NA					
		Machinery / Tools	NA					
		Software	NA					
		Others	YES	Train packaging process operators for these NPs	21/08/2023	23/08/2023		
		Others	NA					
		Others	NA					
Supply chain	Pedro Daniel A.	WO to samples	NA					
		Clean point WIP & PT	NA					
		Others	YES	Clean point of old grids				
	Rodrigo Bolivar	PO for samples	NA					
		Clean point Raw material	YES	Clean point of old grids				
		Others	YES	Obtain samples of new grille design to validate and approve the change.	31/05/2023	31/05/2023		
	Luis Daniel R.	Identification of material with change	YES	Use blue label of material with change				
		Others	NA					
Production	Jose Daniel	Clean point RM, WIP & PT	NA					
		Others	YES	Clean point of old grids				
Project management	Diego Gonzalez	CAPEX	NA					
		PPAP to customer	NA					
		Risk assessment	NA					
		COGS revision / Sale Price	NA					
		Others	NA	Update packaging design and update standard pack document	29/05/2023	26/05/2023		
		Others	NA	Perform ECO of consumption of packaging materials in BOM of Infor system.	17/08/2023	22/08/2023		
		Others	NA					
Risks:				Containment task		Scheduled		
						Start date	Finish date	Comments
The new cavities are not suitable dimensions to insert 2 pieces				Get a sample of grid to validate with samples		31-May-23	31-May-23	

Figura 22 Feasibility study de cambio por rediseño de embalaje

Con la realización del estudio de factibilidad, se concluyó que no se requiere algún tipo de inversión extraordinaria, no existen riesgos que no puedan ser validados antes de ser implementado el cambio y las actividades a realizar son alcanzables.

La figura 23 muestra el OPL generado para seguimiento de las actividades a realizar por el equipo multifuncional, así como fechas de finalización de cada una de ellas y responsables.

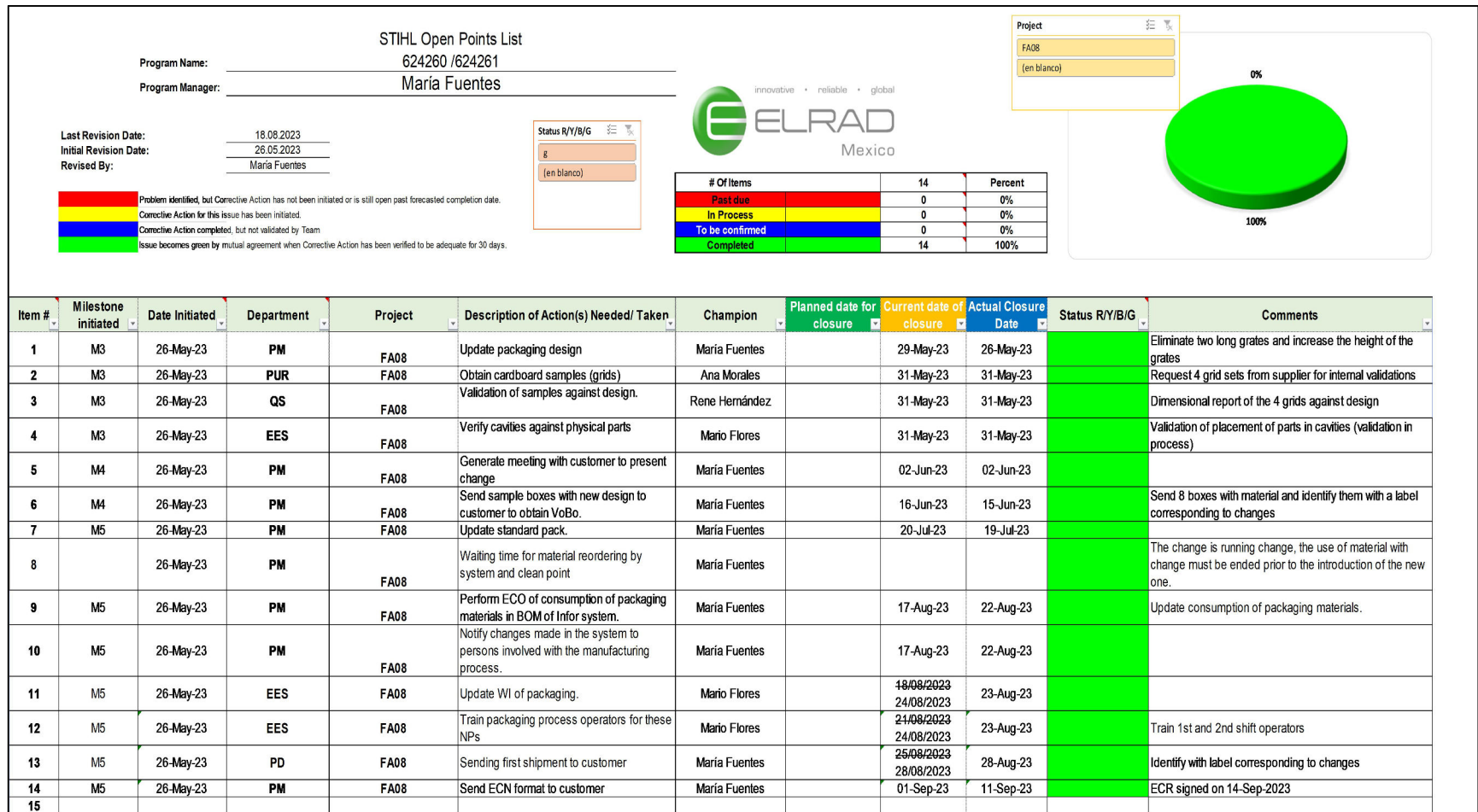


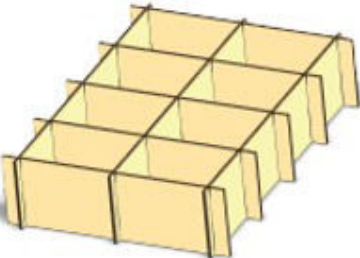
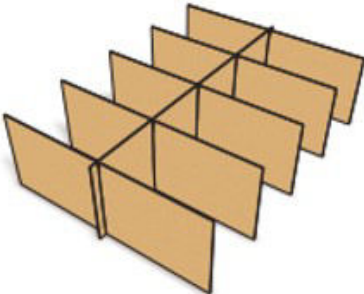
Figura 23 OPL de cambio por rediseño de embalaje

5.3 Realización y validación de nueva versión de diseño de embalaje.

La actualización del diseño de embalaje consistió en eliminar dos rejillas largas de los laterales y ajustar la altura para obtener una cavidad más grande y que permita colocar dos piezas en lugar de una.

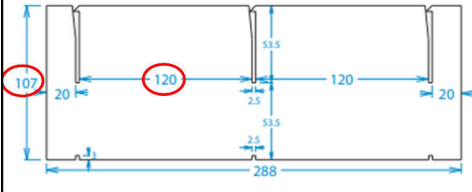
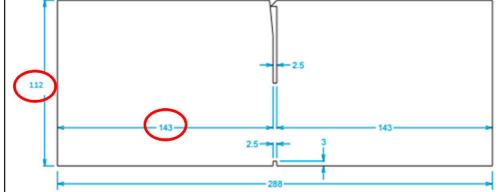
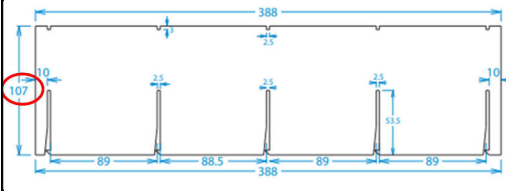
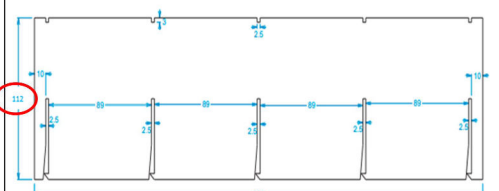
En la tabla 7 se muestra el cambio que tuvo el set de rejillas. Ahora consta de 5 rejillas cortas y 1 larga.

Tabla 7 Comparativa visual de diseño anterior y nuevo de set de rejillas

Diseño anterior de rejillas	Diseño actual de rejillas
	

En cuanto a las dimensiones, estas se ajustaron de 107mm a 112mm de altura y se ajustó la cavidad de rejilla pequeña por retiro de separadores laterales de 120mm a 143mm. Ver tabla 8.

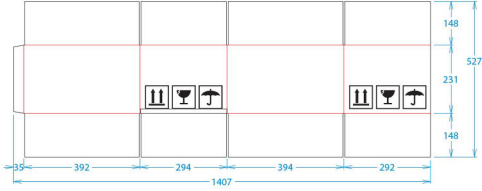
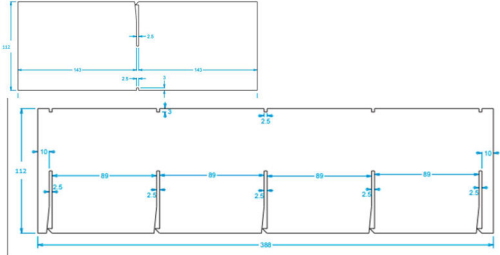
Tabla 8 Comparativa de diseño de rejillas anterior y nuevo

Diseño Anterior Rejilla Corta	Nuevo Diseño Rejilla Corta
	
Diseño Anterior Rejilla Larga	Nuevo Diseño Rejilla Larga
	

En cuanto al volumen de desperdicio se logró reducir a un 3.46% de 20.48% que se estaba obteniendo con el diseño anterior de rejillas.

En la tabla 9 se muestra la comparativa de caja contra nuevo diseño.

Tabla 9 Volumen de desperdicio entre dimensiones de caja y nuevo diseño de rejillas.

Diseño	Especificaciones cm	Volumen Total cm3	Discrepancia cm3	% Desperdicio
<u>Caja</u> 	Largo= 39.2 Ancho= 29.4 Altura= 23.1	26,622.29		
<u>Rejillas ND</u> 	Largo= 38.8 Ancho= 28.8 Altura= 23.0	25,701.12	921.17	3.46%

De acuerdo a reunión inicial con equipo multifuncional, se acordó solicitar 4 sets de rejillas muestra a proveedor de empaque para realizar validaciones internas, en la cual se inició con un reporte dimensional en que se corrobora que las muestras cumplen con las especificaciones del diseño al estar dentro de los límites con una tolerancia de $\pm 3\text{mm}$. Aclarando que solo se validaron las dimensiones con cambio. Ver figura 24.

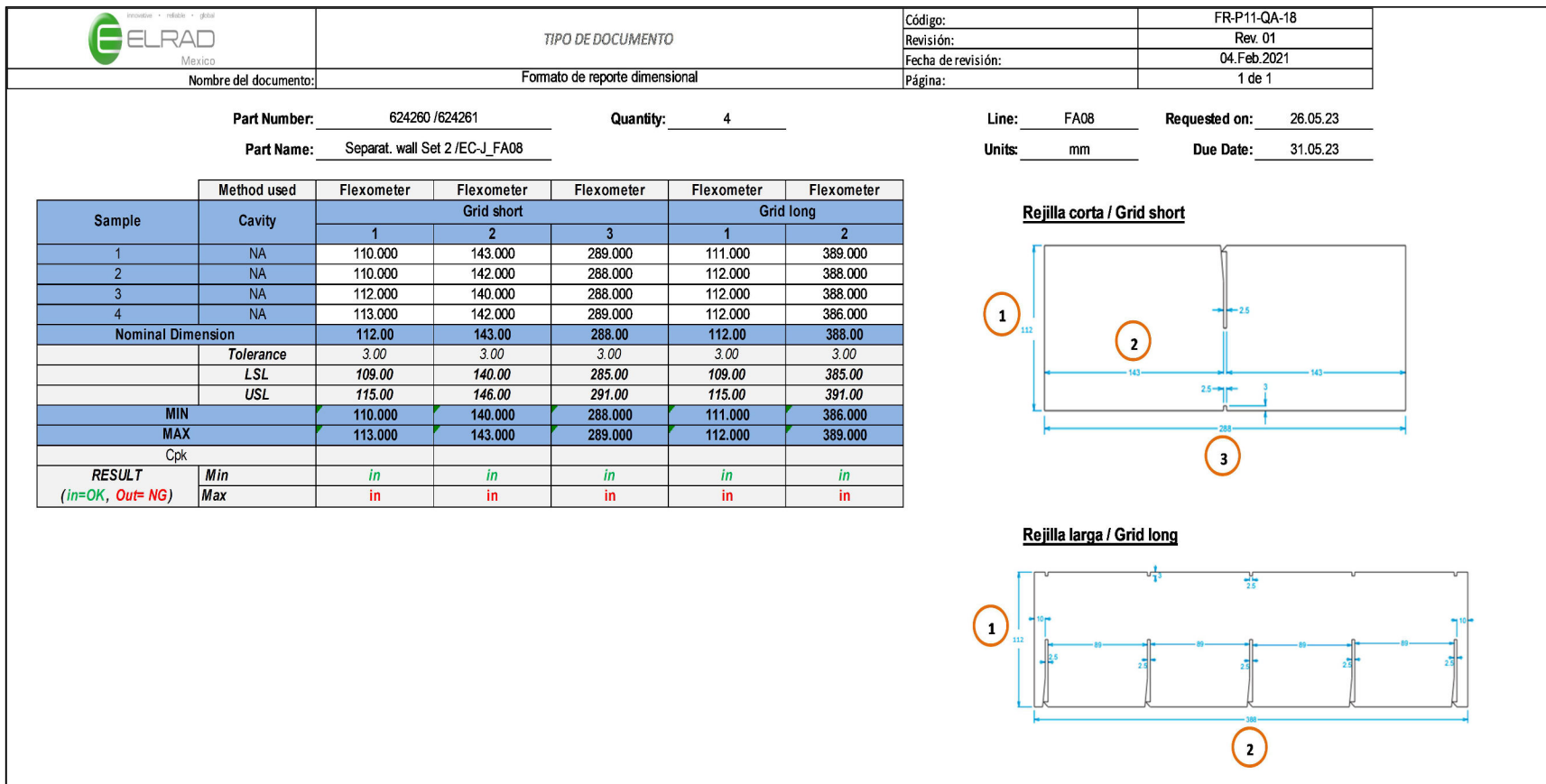


Figura 24 Reporte dimensional de cambios realizados en dimensiones de rejillas

A continuación, se muestra la validación física de las rejillas que se realizó.

En la figura 25 se puede observar que la cavidad era adecuada para introducir dos piezas, con ello se estaría cambiando el acomodo de las piezas, ya que se deben empalmar e introducir al mismo tiempo.

En la figura 26 se puede apreciar que la altura de la rejilla cubre perfectamente la altura de la pieza, lo que significa que el diseño es óptimo para realizar el cambio e incrementar la capacidad de piezas por caja.



Figura 25 Validación de dos piezas con respecto a laterales de cavidad

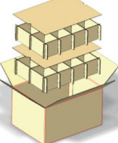
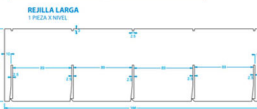
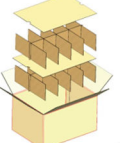
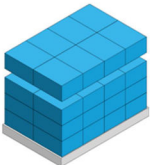
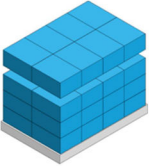


Figura 26 Validación de dos piezas con respecto a altura de rejilla

5.4 Obtención de aprobación de cliente para la realización del cambio.

Se realizó reunión con cliente donde se compartieron detalles del cambio como lo son: números de parte afectados, diseño actual de empaque y propuesta, capacidad de caja actual y propuesta, capacidad de pallet actual y propuesta. Así mismo, se les dio a conocer que no existiría algún costo para ellos, al contrario, tendrían reducción de costos por transportación del producto.

La tabla 10 muestra parte de la información que se presentó a cliente para informar sobre el cambio y mejoras que traería con su implementación.

 CURREN PACKAGING DESIGN    EL KIT CONTIENE: 2 REJILLAS 2 PIDS 	 PACKAGING PROPOSAL DESIGN    EL KIT CONTIENE: 2 REJILLAS 2 PIDS 																																										
 CURREN PACKAGING PACKAGING CAPACITY (BOX) <table border="1"> <thead> <tr> <th>Producto / Product</th> <th>Piezas por nivel / Pieces per Level</th> <th>Niveles por caja / Levels per Box</th> <th>Piezas por caja / Pieces per Box</th> <th>Peso por pieza / Weight per Pz</th> <th>Peso neto / Net weight</th> <th>Peso bruto / Gross weight</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>624260 // FSA120</td> <td>8</td> <td>2</td> <td>16</td> <td>0.224 Kg</td> <td>3.60 Kg</td> <td>4.60 Kg</td> </tr> <tr> <td>624261 // KMA120</td> <td>8</td> <td>2</td> <td>16</td> <td>0.224 Kg</td> <td>3.60 Kg</td> <td>4.60 Kg</td> </tr> </tbody> </table> 	Producto / Product	Piezas por nivel / Pieces per Level	Niveles por caja / Levels per Box	Piezas por caja / Pieces per Box	Peso por pieza / Weight per Pz	Peso neto / Net weight	Peso bruto / Gross weight	624260 // FSA120	8	2	16	0.224 Kg	3.60 Kg	4.60 Kg	624261 // KMA120	8	2	16	0.224 Kg	3.60 Kg	4.60 Kg	 PACKAGING PROPOSAL PACKAGING CAPACITY (BOX) <table border="1"> <thead> <tr> <th>Producto / Product</th> <th>Piezas por nivel / Pieces per Level</th> <th>Niveles por caja / Levels per Box</th> <th>Piezas por caja / Pieces per Box</th> <th>Peso por pieza / Weight per Pz</th> <th>Peso neto / Net weight</th> <th>Peso bruto / Gross weight</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>624260 // FSA120</td> <td>16</td> <td>2</td> <td>32</td> <td>0.224 Kg</td> <td>7.16 Kg</td> <td>8.16 Kg</td> </tr> <tr> <td>624261 // KMA120</td> <td>16</td> <td>2</td> <td>32</td> <td>0.224 Kg</td> <td>7.16 Kg</td> <td>8.16 Kg</td> </tr> </tbody> </table> 	Producto / Product	Piezas por nivel / Pieces per Level	Niveles por caja / Levels per Box	Piezas por caja / Pieces per Box	Peso por pieza / Weight per Pz	Peso neto / Net weight	Peso bruto / Gross weight	624260 // FSA120	16	2	32	0.224 Kg	7.16 Kg	8.16 Kg	624261 // KMA120	16	2	32	0.224 Kg	7.16 Kg	8.16 Kg
Producto / Product	Piezas por nivel / Pieces per Level	Niveles por caja / Levels per Box	Piezas por caja / Pieces per Box	Peso por pieza / Weight per Pz	Peso neto / Net weight	Peso bruto / Gross weight																																					
624260 // FSA120	8	2	16	0.224 Kg	3.60 Kg	4.60 Kg																																					
624261 // KMA120	8	2	16	0.224 Kg	3.60 Kg	4.60 Kg																																					
Producto / Product	Piezas por nivel / Pieces per Level	Niveles por caja / Levels per Box	Piezas por caja / Pieces per Box	Peso por pieza / Weight per Pz	Peso neto / Net weight	Peso bruto / Gross weight																																					
624260 // FSA120	16	2	32	0.224 Kg	7.16 Kg	8.16 Kg																																					
624261 // KMA120	16	2	32	0.224 Kg	7.16 Kg	8.16 Kg																																					
 CURREN PACKAGING PACKAGING CAPACITY (PALLET) <table border="1"> <thead> <tr> <th>Producto / Product</th> <th>Cajas por nivel / Box per Level</th> <th>Niveles por pallet / Pallet per levels</th> <th>Cajas por pallet / Box per Pallet</th> <th>Peso aproximado por pallet / Approximate pallet weight</th> <th>Altura aproximada por pallet / Approximate height per pallet</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>624260 // FSA120</td> <td>8</td> <td>4</td> <td>32</td> <td>173 Kg</td> <td>42.2" (1074 mm)</td> </tr> <tr> <td>624261 // KMA120</td> <td>8</td> <td>4</td> <td>32</td> <td>173 Kg</td> <td>42.2" (1074 mm)</td> </tr> </tbody> </table>  Total: 512pcs	Producto / Product	Cajas por nivel / Box per Level	Niveles por pallet / Pallet per levels	Cajas por pallet / Box per Pallet	Peso aproximado por pallet / Approximate pallet weight	Altura aproximada por pallet / Approximate height per pallet	624260 // FSA120	8	4	32	173 Kg	42.2" (1074 mm)	624261 // KMA120	8	4	32	173 Kg	42.2" (1074 mm)	 PACKAGING PROPOSAL PACKAGING CAPACITY (PALLET) <table border="1"> <thead> <tr> <th>Producto / Product</th> <th>Cajas por nivel / Box per Level</th> <th>Niveles por pallet / Pallet per levels</th> <th>Cajas por pallet / Box per Pallet</th> <th>Peso aproximado por pallet / Approximate pallet weight</th> <th>Altura aproximada por pallet / Approximate height per pallet</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>624260 // FSA120</td> <td>8</td> <td>4</td> <td>32</td> <td>199.12 Kg</td> <td>42.2" (1074 mm)</td> </tr> <tr> <td>624261 // KMA120</td> <td>8</td> <td>4</td> <td>32</td> <td>286.12 Kg</td> <td>42.2" (1074 mm)</td> </tr> </tbody> </table>  Total: 1,024pcs	Producto / Product	Cajas por nivel / Box per Level	Niveles por pallet / Pallet per levels	Cajas por pallet / Box per Pallet	Peso aproximado por pallet / Approximate pallet weight	Altura aproximada por pallet / Approximate height per pallet	624260 // FSA120	8	4	32	199.12 Kg	42.2" (1074 mm)	624261 // KMA120	8	4	32	286.12 Kg	42.2" (1074 mm)						
Producto / Product	Cajas por nivel / Box per Level	Niveles por pallet / Pallet per levels	Cajas por pallet / Box per Pallet	Peso aproximado por pallet / Approximate pallet weight	Altura aproximada por pallet / Approximate height per pallet																																						
624260 // FSA120	8	4	32	173 Kg	42.2" (1074 mm)																																						
624261 // KMA120	8	4	32	173 Kg	42.2" (1074 mm)																																						
Producto / Product	Cajas por nivel / Box per Level	Niveles por pallet / Pallet per levels	Cajas por pallet / Box per Pallet	Peso aproximado por pallet / Approximate pallet weight	Altura aproximada por pallet / Approximate height per pallet																																						
624260 // FSA120	8	4	32	199.12 Kg	42.2" (1074 mm)																																						
624261 // KMA120	8	4	32	286.12 Kg	42.2" (1074 mm)																																						

83



Figura 27 Embarque de muestras para validación de cliente

24330

(13) DATUM / DATE: D 08.06.2023

(14) ANFORDERUNGSSTAND KONSTRUKTION / DRAWING NUMBER: HW:00.73 SW:13.07 CPS:00.12

(15) CHANGEN NR. (H) / PURCHASE ORDER NO. (H): PM0000496

PRÜFER: *DM*

Material with change

Customer's Item: FA08-430-1470-A

Item Description: EI. KMA120 / FA08-430-1470-A

Date: 08.06.2023

Quantity: 32 pcs

Rev. Level: HW:00.73

WO Number: PM0000496

Change Description:

☐ PPAP ☐ Pilot Run ☐ Engineering Change ☒ Others Packaging

Comments: Improvement proposal of box capacity

Christopher Carson / Raizel Clemente

With Attention to:

Control Number: FR-PQS-PM-17 Rev.0.0

Figura 28 Etiqueta correspondiente a material con cambio.

A continuación, se muestra correo donde cliente dio aprobación para implementar el cambio, esto posterior a recibir las muestras y evaluarlas. Figura 29.

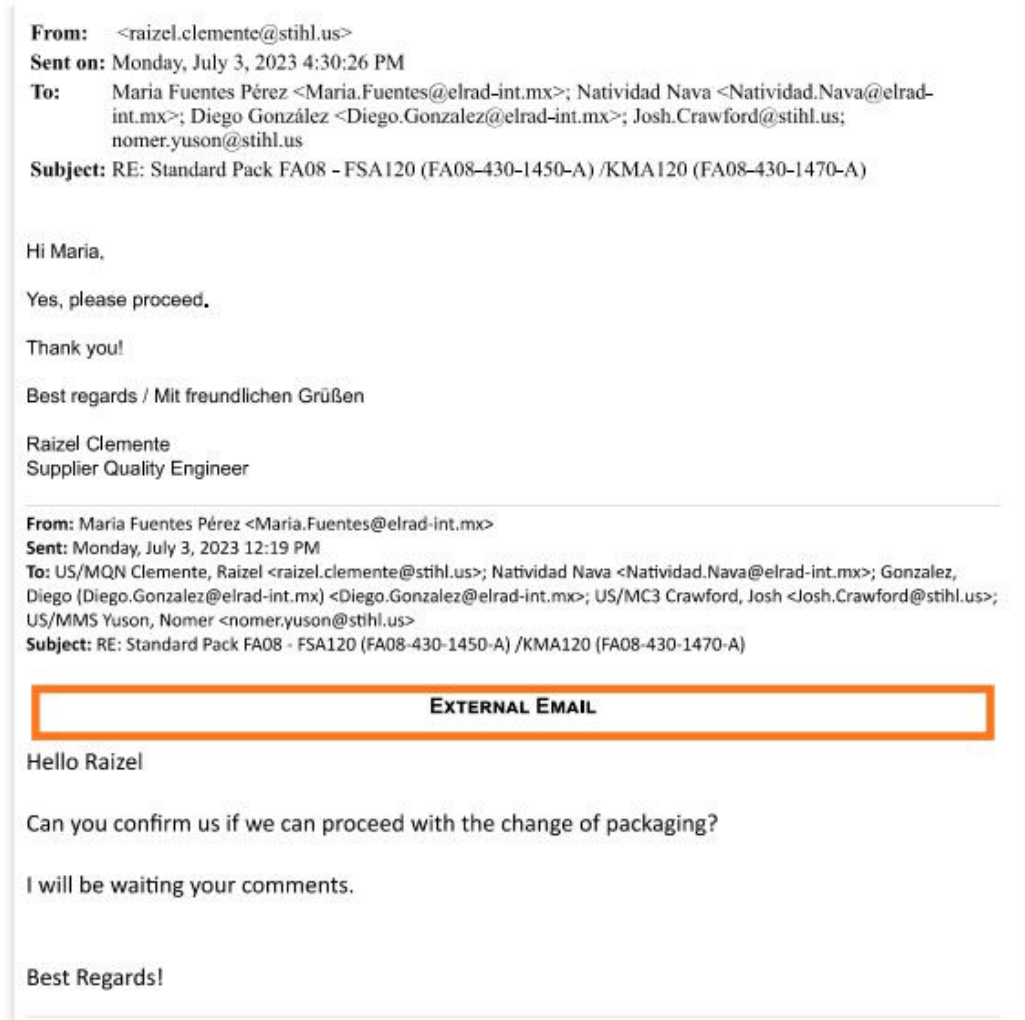


Figura 29 Aprobación de cliente para implementación del cambio

5.5 Implementación del cambio.

- Se procedió a actualizar standar pack del Diseño# 2 de familia FA08 con capacidad de 32pcs por caja en lugar de 16pcs. Y capacidad de tarima de 512pcs a 1,024pcs. Figuras 30, 31, 32, 33, 34, 35 y 36.

	<i>Diagrama</i>	Código: Code	
		Revisión: Review	5
		Fecha de revisión: Date	19/10/22
Nombre del documento: Document name:	Norma interna de empaque y paletizado de familia STIHL FA08/ <i>Packaging and palletized norm for STIHL FA08 family</i>	Página: Page	1 de 8

Empaque interno de caja / Inner box packaging
(Separador / Separator: PN 622124)

Tipo de flauta / Flute type: E

Papel / Paper: KRAFT

Unidad de medida / Unit of measure: Centimeters (cm)

Tolerancia / Tolerance: +/- 3 mm

2 PZS

Separador / Separator

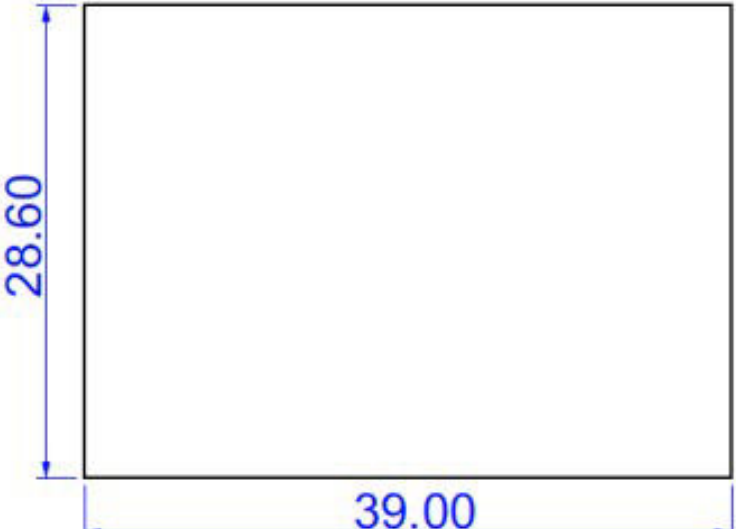


Figura 30 Norma interna de empaque (standard pack) de FA08 / Especificación de separador de caja

	Diagrama	Código: Code	
		Revisión: Revision	5
		Fecha de revisión: Date	19/10/22
		Página: Page	3 de 8
Nombre del documento: Document name:	Norma interna de empaque y paletizado de familia STIHL FA08/ <i>Packaging and palletized norm for STIHL FA08 family</i>		

Set de rejilla diseño 2/ *Grid set design 2 (PN: 626449)*

Tipo de flauta / *Flute type:* _____ E _____

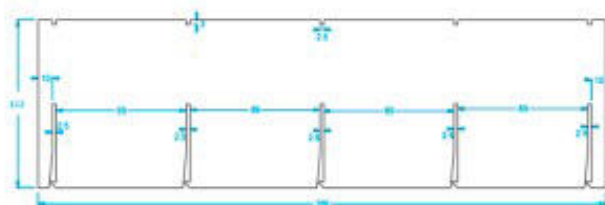
Papel / *Paper:* _____ KRAFT _____

Unidad de medida / *Unit of measure:* _____ Milimeters (mm) _____

Tolerancia / *Tolerance:* _____ +/- 3 mm _____

Rejilla larga / *Grid long*

2 PZS



10 PZS

Rejilla corta / *Grid short*

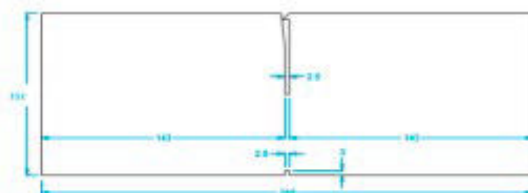


Figura 31 Norma interna de empaque (standard pack) de FA08 / Especificación de rejillas

	Diagrama	Código: Code	
		Revisión: Review	5
		Fecha de revisión: Date	19/10/22
		Página: Page	4 de 8
Nombre del documento: Document name:	Norma interna de empaque y paletizado de familia STIHL FA08/ <i>Packaging and palletized norm for STIHL FA08 family</i>		

Box information

Información de caja / Box Information: PN 626416)

Tipo de flauta / Flute type: C

Papel / Paper: KRAFT

Unidad de medida / Unit of measure: millimeters (mm)

Impresión / Printing: Printing on 2 sides

Tolerancia / Tolerance: +/- 3 mm

Dimensiones internas de caja / Internal BOX dimensions

Largo / length	Ancho / Width	Altura / Height
390	290	223

Caja / Box

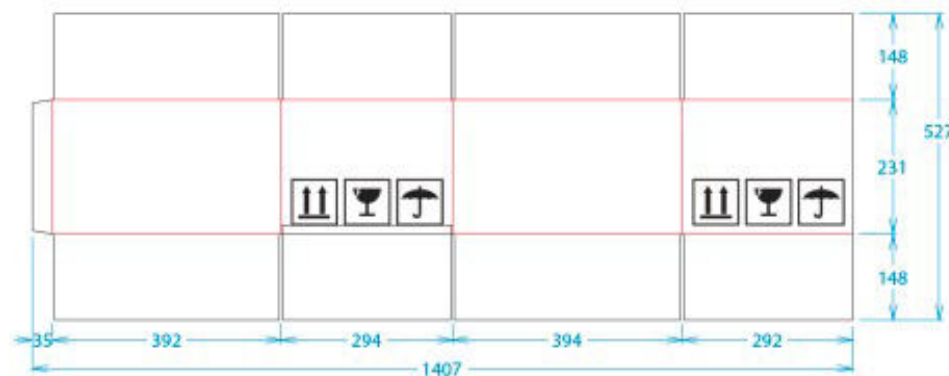


Figura 32 Norma interna de empaque (standard pack) de FA08 / Especificación de caja

	<i>Diagrama</i>	Código: Code	
		Revisión: Review	5
		Fecha de revisión: Date	19/10/22
		Página: Page	5 de 8
Nombre del documento: Document name:		Norma interna de empaque y paletizado de familia STIHL FA08/ <i>Packaging and palletized norm for STIHL FA08 family</i>	

Distribución de caja / Box distribution

Diseño 1/ Design 1.

Producto / Product	Piezas por nivel / <i>Pieces per Level</i>	Niveles por caja / <i>Levels per Box</i>	Piezas por caja / <i>Pieces per Box</i>	Peso por pieza / <i>Weight per Pc</i>	Peso neto / <i>Net weight</i>	Peso bruto / <i>Gross weight</i>
623800 // FSA80	25	2	50	.170 kg	8.50 Kg	9.40 Kg
624262 // KMA80	25	2	50	.170 kg	8.50 Kg	9.40 Kg
624263 // FCA80	25	2	50	.170 kg	8.50 Kg	9.40 Kg



Diseño 2/ Design 2.

Producto / Product	Piezas por nivel / <i>Pieces per Level</i>	Niveles por caja / <i>Levels per-Box</i>	Piezas por caja / <i>Pieces per-Box</i>	Peso por pieza / <i>Weight per-Pc</i>	Peso neto / <i>Net weight</i>	Peso bruto / <i>Gross weight</i>
624260 // FSA120	16	2	32	0.224 kg	7.16 Kg	8.16 Kg
624261 // KMA120	16	2	32	0.224 kg	7.16 kg	8.16 kg

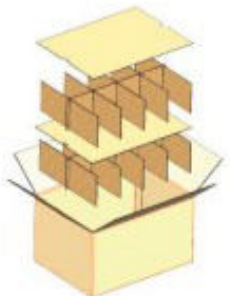


Figura 33 Norma interna de empaque (standard pack) de FA08 / Capacidad de piezas y peso por caja

	<i>Diagrama</i>	Código: Code	
		Revisión: Review	5
		Fecha de revisión: Date	19/10/22
		Página: Page	6 de 8
Nombre del documento: Document name:	Norma interna de empaque y paletizado de familia STIHL FA08/ <i>Packaging and palletized norm for STIHL FA08 family</i>		

Información de pallet / Pallet Information

Especificaciones / Specifications

- Pallet Europeo / *Euro pallet*
- 4 vías de entrada / *4 way entry*
- Pallet de madera / *Wooden pallet*
- Dimensiones del pallet / *Pallet dimensions:*



Distribución de pallet / Pallet distribution

Diseño 1/ Design 1.

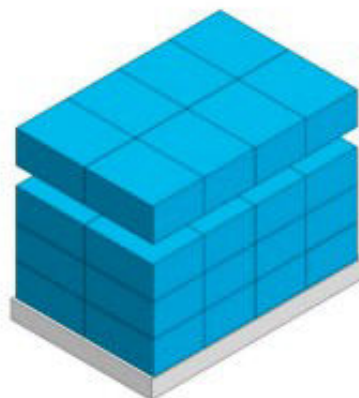
Producto / Product	Cajas por nivel / Box per Level	Niveles por pallet / Pallet per levels	Cajas por pallet / Box per Pallet	Peso aproximado por pallet / Approximate pallet weight	Altura aproximada por pallet / Approximate height per pallet
623800 // FSA80	8	4	32	326 Kg	42.2" (1074 mm)
624262// KMA80	8	4	32	326 Kg	42.2" (1074 mm)
624263 // FCA80	8	4	32	326 Kg	42.2" (1074 mm)

Diseño 2/ Design 2.

Producto / Product	Cajas por nivel / Box per Level	Niveles por pallet / Pallet per levels	Cajas por pallet / Box per Pallet	Peso aproximado por pallet / Approximate pallet weight	Altura aproximada por pallet / Approximate height per pallet
624260 // FSA120	8	4	32	286.12 Kg	42.2" (1074 mm)
624261 // KMA120	8	4	32	286.12 kg	42.2" (1074 mm)

Figura 34 Norma interna de empaque (standard pack) de FA08 / Capacidad de piezas y peso por pallet

	Diagrama	Código: Code	
		Revisión: Review	5
		Fecha de revisión: Date	19/10/22
		Página: Page	7 de 8
Nombre del documento: Document name:	Norma interna de empaque y paletizado de familia STIHL FA08/ <i>Packaging and palletized norm for STIHL FA08 family</i>		



Dimensiones Máximas del pallet (paletizado) / *Max. Pallet dimensions (palletized)*

Largo / <i>length</i>	Ancho / <i>Width</i>	Altura Max. / <i>Max. Height</i>
47.2" (1200mm)	31.5" (800mm)	48" (1220mm)

Notas / *Notes:*

1. El pallet debe paletizarse de manera que la orientación de los paquetes maestros se alternen en cada capa / *the pallet must be palletized in a way that the orientation of the master packs alternate on every layer.*
2. Todos los paquetes maestros deben embalarse dentro de las dimensiones definidas del pallet. Ningún paquete maestro puede sobresalir del pallet / *All master packs must be packed within the defined dimensions of the pallet. No master packs may overhang the pallet.*
3. El pallet debe estar envuelto con film polistretch de cal 51 / *The pallet must be wrapped with polistretch film of cal 51.*
4. Fleje de polipropileno de 1/2 pulgada X .020 / *1/2 inch X .020 polypropylene strapping*

Figura 35 Norma interna de empaque (standard pack) de FA08 / Especificación de paletizado

	<i>Diagrama</i>	Código: Code	
		Revisión: Review	5
		Fecha de revisión: Date	19/10/22
Nombre del documento: Document name:	Norma interna de empaque y paletizado de familia STIHL FA08/ <i>Packaging and palletized norm for STIHL FA08 family</i>	Página: Page	8 de 8

No	Revisión / Revision	Descripción de cambios / Description of changes	Fecha de cambio / Change date	Modificado por / Modified by:
1	0	Creación de document / Creation of document	19/10/22	María Fuentes
2	1	Actualización de capacidad diseño 2 / Update capacity of design 2	19/06/23	María Fuentes

Realizado por:	María Fuentes	Aprobado por:	Diego Gonzalez
----------------	---------------	---------------	----------------

Figura 36 Norma interna de empaque (standard pack) de FA08 / Control de revisiones de documento

- Se realizo llenado de formato ECO para la actualizacion de consumos en sistema Infor. Figuras 37, 38 y 39.

	ECO - Engineering Change Order		Code	FR-P06-PM-02
			Revision	7
			Date	31/03/2023

Sponsor Department	
PM	

Effectivity Date of change	
8/1/2023	

Process impact	
SMT	
THT	
FA	x

Description of change	
Update qty of grid set of packaging FA08 (El. FSA120 / El. KMA120)	

Reason for change	
Improvement by maximizing number of pieces per box	

Change code		
☒ BOM Changes	☐ AML Change	☐ Process Changes

Lifecycle phase		
☐ Preliminar	☒ Pre-Series	☐ Series

Product impact (Production)	
☐	Stop shipping and rework all work-in-process and finished products.
☐	Immediately stop production, import changes, only repair all work-in-process, warehouse distinctions.
☒	Natural switching, automatic import at production
☐	Recall the finished product that has been shipped and repair it.

Figura 37 Caratula de formato ECO para implementación de cambio en Infor

	FORMATO		Code	FR-P06-PM-02
	Approved and Notified		Revision	7
			Date	31/03/2023

Information Change:

Name of Requester:	Maria Fuentes	EMEX ECO No.	ECO-071	EMEX ECR No:	ECR-021
Product Number:	624260; 624261	Description Change:	Update qty of grid set of packaging FA08 (El. FSA120 / El. KMA120)		

Approved by:

<u>Maria Fuentes</u> Product Engineer (Signature / Name)	<u>Miriam Bautista</u> Quality Engineer Project (Signature / Name)	<u>Rodrigo Bolivar</u> Head Of Purchasing (Signature / Name)
<u>Pedro Daniel Arellano</u> Production Planer	 Head Of Technology (Signature / Name)	

Figura 39 Aprobación de ECO por equipo interno

- Se notificó a través de correo electrónico a personal interno de ELRAD Electronics sobre las actualizaciones de BOM en sistema Infor. Figura 40.

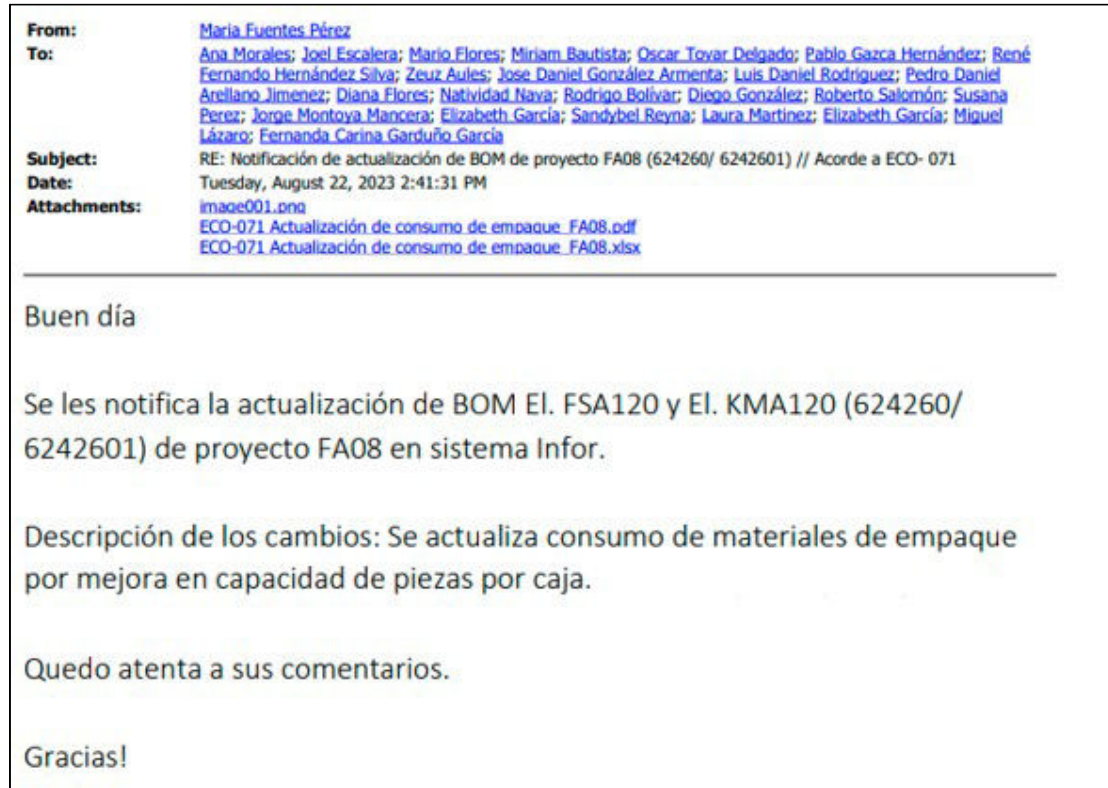


Figura 40 Notificación interna de cambio de ingeniería

- Se generó nueva versión de WI de empaque de números de parte 624260 y 624261. Ver figura 41.

CONFIDENTIAL

ELRAD



INSTRUCCIÓN DE TRABAJO

WORK INSTRUCTION

Instrucción de trabajo No / Work instruction No.:
TD-A4-30658

Revisión / Edition: **5.0** Página / Page: **29 / 29**

N° Parte / Id No.	Descripción / Title	N° Parte / Id No.	Descripción / Title
624260	EL FSA120 /FA08-430-1450-A		
624261	EL KMA120 /FA08-430-1470-A		

Nombre de la operación / Job name: **Empaque**

Descripción de la operación / Job description:

No.	Pictograma / Key points	Descripción de la tarea / Job description	Imágenes / Picture
1.		Colocar los electrónicos en el empaque. Acomodar el cable como se muestra en la imagen. Colocar 2 piezas por cama.	
2.		La caja es ensamblada de acuerdo con el BOM (Tabla 1) Tabla 1	

Unidades de empaque/ Caja	No Infor	Descripción	Cantidad/ cama	Cantidad/ caja
Número de piezas por cama: 16	Caja: 626426	Box /390x290x223		1
Número de camas: 2	Separador base: 622124	Separat. carton 286x190x1,38mm	2	2
Total de piezas por caja: 32	Kit de Separador: 626449	Separat.wall set 2 /EC-1/FA08	1	2
	Etiqueta: 502242	Etiqueta 105x148mm /thermo/ WHITE		1

3.		En el lado más corto de la caja colocar la etiqueta. ¡Las etiquetas sobrantes después de que se complete la producción deben ser destruidas!	
----	---	--	--

Tabla 2

No. Parte	Descripción	Dibujo
624260	EL FSA120 /FA08-430-1450-A	TD-A4-29815
624261	EL KMA120 /FA08-430-1470-A	TD-A4-29816

Requerimientos adicionales / Additional requirements:

☐ Protección ESD / ESD Protection	☐ Piezas nuevas / Order sample
☐ Pelotas / Wind strip	☐ Certificado adicional / Additional qualification
☐ Zapatos / Shoes	☐ Hoja estadística / Statistical sheet
☐ Guantes / Protective gloves	☐ Requisitos de limpieza
☐ Lentes / Protective eyeglasses	☐ Requisitos de limpieza
☐ Mascara / Safety mask	☐ Requisitos de limpieza
☐ Codo / Cuff	☐ Requisitos de limpieza

Las imágenes son simbólicas. Los elementos en la electrónica pueden desviarse de los elementos de la imagen. Los elementos dependen del número de parte: ¡vea el dibujo!

Pictograma/ Key points:	
 Producción Rate  Seguridad Safety  Cantidad / Quantity	 Características de seguridad Safety characteristics  Características Clínicas Clinical characteristics  Características Inspeción Inspection characteristics  Características de Verificación Verification characteristics

Figura 41 Nueva versión de WI de empaque

- Se realizó capacitación sobre el nuevo método de empaque a operadores de primer y segundo turno. Ver figuras 42 y 43.

ELRAD México

FORMATO

Código: FE-P25-PC-08

Revisión: 06

Fecha: 23-ene-23

Página: 1 de 1

CHECK LIST
LIBERACIÓN PROVISIONAL DE PERSONAL

OBJETIVO: Entrenamiento de personal de nuevo ingreso y/o liberación de personal en caso de cambios de estaciones o modelos (Nivel 1)

Estación de trabajo: Empaque No. Operador: 189 Nombre: Brenda Flores Lopez Fecha: 24-08-23

Familia: FAOB

VALORES QUE	Nivel del Responsabil en el espacio				1ra. ronda OK / NO / N/A	2da. ronda OK / NO / N/A
	Producción	Tecnologías	Calidad	Seguridad e Higiene		
Dar a conocer el equipo de protección personal necesario para la operación de trabajo.	—	N/A	N/A	N/A	NA	NA
Entrenar al personal en aspectos de seguridad, salud y medio ambiente (Plan de atención a emergencias, Manejo y clasificación de residuos químicos, Clasificación de residuos peligrosos, Peligros y riesgos, Aspectos ambientales, Uso de EPP, etc.).	N/A	N/A	N/A	—	NA	NA
Entrenar al operador en métodos de trabajo.	✓	N/A	N/A	N/A	OK	OK
Explicar alertas de calidad según internar y externas.	N/A	N/A	—	N/A	NA	NA
Explicar check list de arranque y entrega de turno.	—	N/A	N/A	N/A	NA	NA
Explicar liberación de primera pieza acorde a cada operación.	N/A	N/A	—	N/A	NA	NA
Explicar auditos visuales (ordenar de trabajo 1%, calidad, tecnología)	N/A	—	—	N/A	NA	NA
Mapa de mantenimiento	—	N/A	N/A	N/A	NA	NA
Explicar el VPS-QA-QA 12 Ordenes de Asignación y Reclamo	N/A	N/A	—	N/A	NA	NA
Explicar el mantenimiento autónomo acorde a cada máquina (grados de Parada, Check list de mantenimiento, Check list de lista y glowing cuando aplican para VPS)	N/A	—	N/A	N/A	NA	NA
* Alcanzar 10 pzas / 2 pullos sin defectos	N/A	N/A	—	N/A	NA	NA
* Realiza la operación conforme a instrucciones de trabajo	—	N/A	N/A	N/A	NA	NA
* Identifica las defensas del catálogo	N/A	N/A	—	N/A	NA	NA
* Realiza el mantenimiento autónomo correctamente.	—	N/A	N/A	N/A	NA	NA

* NOTA: 1) Si caso de NOC en los últimos 4 puntos en la 1da ronda no se puede liberar al personal
2) Si liberación provisional es vigente por 7 días
3) Se tendrá 1 día de soporte para el caso de que no se apruebe el ejercicio en una primera etapa.

VALIDACIÓN DEL ENTRENAMIENTO POR RECURSOS:

CAUSADO: [Firma] (Nombre, Firma y Fecha)

TECNOLÓGICAS: [Firma] (Nombre, Firma y Fecha)

SFE: A.S.G. (Nombre, Firma y Fecha)

OPERADOR: Brenda F.L. (Nombre, Firma y Fecha)

PRODUCCIÓN / TEAM LEADER: Elizabeth Sanchez (Nombre, Firma y Fecha)

RECURSOS HUMANOS: [Firma] (Nombre, Firma y Fecha)

Figura 42 Liberación de personal en proceso 1 turno

ELRAD México

FORMATO

Código: FE-P25-PC-08

Revisión: 06

Fecha: 23-ene-23

Página: 1 de 1

CHECK LIST
LIBERACIÓN PROVISIONAL DE PERSONAL

OBJETIVO: Entrenamiento de personal de nuevo ingreso y/o liberación de personal en caso de cambios de estaciones o modelos (Nivel 1)

Estación de trabajo: Empaque No. Operador: 245 Nombre: Maria del Rayo Martinez Fecha: 24-08-23

Familia: FAOB

VALORES QUE	Nivel del Responsabil en el espacio				1ra. ronda OK / NO / N/A	2da. ronda OK / NO / N/A
	Producción	Tecnologías	Calidad	Seguridad e Higiene		
Dar a conocer el equipo de protección personal necesario para la operación de trabajo.	—	N/A	N/A	N/A	NA	NA
Entrenar al personal en aspectos de seguridad, salud y medio ambiente (Plan de atención a emergencias, Manejo y clasificación de residuos químicos, Clasificación de residuos peligrosos, Peligros y riesgos, Aspectos ambientales, Uso de EPP, etc.).	N/A	N/A	N/A	—	NA	NA
Entrenar al operador en métodos de trabajo.	✓	N/A	N/A	N/A	OK	OK
Explicar alertas de calidad según internar y externas.	N/A	N/A	—	N/A	NA	NA
Explicar check list de arranque y entrega de turno.	—	N/A	N/A	N/A	NA	NA
Explicar liberación de primera pieza acorde a cada operación.	N/A	N/A	—	N/A	NA	NA
Explicar auditos visuales (ordenar de trabajo 1%, calidad, tecnología)	N/A	—	—	N/A	NA	NA
Mapa de mantenimiento	—	N/A	N/A	N/A	NA	NA
Explicar el VPS-QA-QA 12 Ordenes de Asignación y Reclamo	N/A	N/A	—	N/A	NA	NA
Explicar el mantenimiento autónomo acorde a cada máquina (grados de Parada, Check list de mantenimiento, Check list de lista y glowing cuando aplican para VPS)	N/A	—	N/A	N/A	NA	NA
* Alcanzar 10 pzas / 2 pullos sin defectos	N/A	N/A	—	N/A	NA	NA
* Realiza la operación conforme a instrucciones de trabajo	—	N/A	N/A	N/A	NA	NA
* Identifica las defensas del catálogo	N/A	N/A	—	N/A	NA	NA
* Realiza el mantenimiento autónomo correctamente.	—	N/A	N/A	N/A	NA	NA

* NOTA: 1) Si caso de NOC en los últimos 4 puntos en la 1da ronda no se puede liberar al personal
2) Si liberación provisional es vigente por 7 días
3) Se tendrá 1 día de soporte para el caso de que no se apruebe el ejercicio en una primera etapa.

VALIDACIÓN DEL ENTRENAMIENTO POR RECURSOS:

CAUSADO: [Firma] (Nombre, Firma y Fecha)

TECNOLÓGICAS: [Firma] (Nombre, Firma y Fecha)

SFE: A.S.G. (Nombre, Firma y Fecha)

OPERADOR: Maria del Rayo M. (Nombre, Firma y Fecha)

PRODUCCIÓN / TEAM LEADER: [Firma] (Nombre, Firma y Fecha)

RECURSOS HUMANOS: [Firma] (Nombre, Firma y Fecha)

Figura 43 Liberación de personal en proceso 2 turno

- Se realizó el primer embarque con nueva capacidad de caja, el cual iba identificado con la etiqueta de material con cambio para que cliente lo identificara fácilmente. Figuras 44 y 45.



Figura 44 1er embarque con nueva capacidad de caja

Customer's Item:		Item Description:	
FA08-430-1450-A		EI. FSA120 /FA08-430-1450-A	
Date:	08.28.2023	Quantity:	1024 pcs
Rev. Level:	0.72	WO Number:	
Change Description:			
☐ PPAP ☐ Pilot Run ☐ Engineering Change ☒ Others			
Comments: <u>Change of packaging due to improvement in box capacity</u>			
Raizel Clemente Nomer Yuson With Attention to:			
Control Number: FR-POS-PM-17 Rev.0.0			

Figura 45 Etiqueta material con cambio 1er embarque

- Se obtiene caratula de ECR firmado por cliente como muestra de notificación y acuerdo del cambio. Ver figura 46.

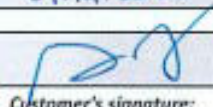
		Engineering Change Notice (ECN)		Date:			
				09.11.2023			
				Control Number // Rev:			
Customer:		STIHL Inc.	EMEX ECN No:	ECN-002			
Customer's products affected by ECN:							
Project:	Product ID:	Description:	Version:				
EC-J FA08.	FA08-430-1450-A // 624260	EL FSA120	0.72				
EC-J FA08.	FA08-430-1470-A // 624261	EL KMA120	0.73				
Classification of change:							
☐ Material ☐ Manpower ☐ Machines ☐ Method ☒ Other: Packaging							
Reason of the change:							
Change capability of packaging from 16pcs per box to 32pcs.							
Description of the change:							
Optimize the space of the cavities of the box.							
Impact of the change:							
Document	Old Rev.	New Rev.	Revision Date:	Document	Old Rev.	New Rev.	Revision Date:
BOM:				Control Plan:			
Internal Drawing:				WI:	4.0	5.0	08.18.2023
Lay out:				Other:			
Flow chart:				Other:			
FMEA:				Other:			
Application date:							
Customer was notified before about this ECN:							
☒ Yes ☐ No		When: 06.02.2023					
Customer approval:				Date: 09.14.2023			
							
				Customer's signature:			

Figura 46 Formato ECR firmado por cliente

- Por último, y como resultado del correcto análisis de mejora que se realizó al inicio y desarrollo del proceso de implementación del cambio, se obtuvieron ahorros significativos por reducción de consumo de materiales de embalaje. Dando un ahorro de \$194,467.86 MXN para 2023 y 2024. Ver tablas 11, 12, 13 y 14.

Tabla 11 Requerimiento de cajas con capacidad de 16pcs en base a ventas de 2023 y 2024

Modelo	Piezas por caja	Ventas 2023	Qty de Cajas	Ventas 2024	Qty de Cajas
624260 // FSA120	16	41,472.0	2,592.0	47,456.0	2,966.0
624261 // KMA120	16	13,312.0	832.0	25,568.0	1,598.0

Tabla 12 Costo de cajas de 16pcs de capacidad para ventas del 2023 y 2024

Costo de material con 16 pcs de capacidad		
Precio de caja	48.69	MXN
2023	3,424.0	\$166,714.56
2024	4,564.0	\$222,221.16
		\$388,935.72

Tabla 13 Requerimiento de cajas con capacidad de 32pcs en base a ventas de 2023 y 2024

Modelo	Piezas por caja	Ventas 2023	Qty de Cajas	Ventas 2024	Qty de Cajas
624260 // FSA120	32	41,472.0	1,296.0	47,456.0	1,483.0
624261 // KMA120	32	13,312.0	416.0	25,568.0	799.0

Tabla 14 Costo de cajas de 32pcs de capacidad para ventas del 2023 y 2024

Costo de material con 32 pcs de capacidad		
Precio de caja	48.69	MXN
2023	1,712.0	\$83,357.28
2024	2,282.0	\$111,110.58
		\$194,467.86

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

De acuerdo a la pregunta de investigación “¿De qué manera interviene la gestión de proyectos bajo el enfoque APQP para la implementación de cambio de ingeniería por rediseño de embalaje de productos 624260 y 624261”? se concluye que a través del desarrollo de este trabajo, se hizo referencia a la importancia de integrar la gestión de proyectos con los lineamientos o prácticas de control que se manejan internamente en ELRAD Electronics, como lo son el Milestone Plan (basado en el APQP) y diagrama de flujo de proceso de control de cambios de ingeniería internos, para garantizar la correcta introducción de nuevos proyectos o implementación de cambios de ingeniería. Más allá de las características o naturaleza de cada proyecto, se debe comprender que, la importancia de una buena gestión, planeación, realización, verificación, y corrección siempre serán indispensables para garantizar el éxito de los proyectos.

Los principios del APQP que alimentan el Milestone plan interno, permitieron que el trabajo no recayera sobre solo una persona o área, si no en un equipo multifuncional, lo cual garantizo un análisis más robusto que permitió mitigar riesgos o defectos que se podían presentar. Así mismo, el soporte que se dio en la realización de las actividades para implementación del cambio.

Por otra parte, y de acuerdo a la hipótesis planteada al inicio de este trabajo, “Con la implementación de rediseño de empaque se actualizará la especificación de embalaje, lo cual ocasionará reducción de costos de materiales de empaque un 50%”, se confirma que la buena ejecución del cambio de ingeniería permitió obtener un ahorro de \$194,467.86 MXN de acuerdo a las ventas obtenidas para 2023 y 2024. Siendo esta cantidad solamente el 50% de gastos de materiales de embalaje destinados a los números de parte involucrados durante estos dos años.

De igual manera se obtuvo la satisfacción del cliente, al reducir sus costos logísticos por recolección de material.

Recomendaciones

Se recomienda continuar con la aplicación de Milestone plan y Flow chart de proceso de cambios de ingeniería internos para futuros cambios de ingeniería que surjan, ya que su práctica garantiza una correcta implementación en los procesos de manufactura y el seguimiento adecuado por las partes involucradas. Así mismo, permiten tener una visión clara desde el inicio sobre el impacto que el cambio tendrá sobre el producto, proceso y documentación, lo cual detona a un plan de trabajo que se debe ejecutar para lograr con éxito la implementación.

FUENTES DE INFORMACIÓN

Referencias

- Albis, M. A. (2012). *Ciclos y fases de la identificación de proyectos*. Obtenido de Universidad del Norte: <https://core.ac.uk/download/pdf/70285375.pdf>
- Antona, R. (28 de Febrero de 2025). *Cuando aplicar la Planificación Avanzada de Calidad del Producto APQP*. Obtenido de Expertsoft: <https://expertsoft.es/blog/cuando-aplicar-la-planificacion-avanzada-de-la-calidad-del-producto-apqp/>
- Arena Solutions. (s.f.). *Arena*. Recuperado el noviembre de 2024, de Arena: <https://www.arenasolutions.com/resources/articles/engineering-change-order/>
- Arrieta, B. C. (05 de 2023). *Instituto Tecnológico de Ciudad Juárez*. Obtenido de Instituto Tecnológico de Ciudad Juárez: <http://51.143.95.221/bitstream/TecNM/7981/1/BRISSA%20CAROLINA%20GARC%C3%8DA%20ARRIETA%20TESIS.pdf>
- AUSPI. (03 de 04 de 2025). Qué es PCBA.
- Barraza, B. J. (10 de 2009). *UPN Universidad Privada del Norte*. Obtenido de Problemática de conceptos de costos y clasificación de costos: https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/25479/Quipukamayoc10v16n32_2009.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Cassemiro, C. (11 de 09 de 2024). *SYDLE*. Obtenido de SYDLE: <https://www.sydle.com/es/blog/ppap-669ec546ef8975487979fc2a>
- Conexión Esan. (07 de 02 de 2020). *Stakeholders de proyectos: su impacto en la organización*. Obtenido de esan: <https://www.esan.edu.pe/conexion-esan/stakeholders-de-proyectos-su-impacto-en-la-organizacion>
- Cordero, Z. R. (08 de 06 de 2009). Revista Educación . *LA INVESTIGACIÓN APLICADA: UNA FORMA DE CONOCER LAS REALIDADES CON EVIDENCIA*. San José, Costa Rica.
- European Knowledge Center for Information Technology. (21 de 03 de 2025). *Qué es un sistema ERP*. Obtenido de

<https://www.ticportal.es/temas/enterprise-resource-planning/que-es-sistema-erp>

Faneite, S. F. (2023). Los enfoques de investigación en las Ciencias Sociales. *REVISTA LATINOAMERICANA OGMIOS/ Revista de Invesgación en Ciencias Sociales*, 14.

Hanaphy, P. (07 de 03 de 2024). *Qué es CAD*. Obtenido de Artec 3D: <https://www.artec3d.com/es/learning-center/what-is-cad>

Infinitia Industrrial Consulting. (14 de 02 de 2024). *¿Qué es una lista de materiales BOM? Importancia en el desarrollo de un producto*.

Jesús David Guevara, N. A. (2017). Aproximación PMBOK a la estructura de la gestión de proyectos. *TIA (Tecnología, Investigación y Academia)*, 10.

José Antonio Morales Castro, A. M. (2005). *Universidad Nacional Autónoma de México*. Obtenido de Universidad Nacional Autónoma de México: <http://fcasua.contad.unam.mx/apuntes/interiores/docs/2005/contaduria/8/1857.pdf>

José Costas Gual, R. P. (2022). *Mejora continua: construcción de organizaciones orientadas a resolver problemas*. Aula Magna Proyecto clave McGraw Hill.

Kohn, I. J. (13 de 08 de 2021). *SETEC*. Obtenido de Sobre el APQP: <https://www.setec.com.ar/apqp-ppap/>

Kohn, J. (13 de 08 de 2021). *Sobre el APQP*. Obtenido de setec: <https://www.setec.com.ar/apqp-ppap/#:~:text=BENEFICIOS%20DEL%20APQP,en%20el%20lugar%20de%20trabajo>

kreon3d. (01 de 2025). *kreon3d*. Obtenido de Inspección Dimensional: <https://www.kreon3d.com/es/applications/dimensional-inspection#:~:text=Estos%20informes%20proporcionan%20documentaci%C3%B3n%20completa,para%20la%20calidad%20del%20producto>.

Laisequilla, I. (2023). *Todo sobre Calidad Industrial*. IL Publishing house.

Lauri, K. H. (16 de 11 de 2022). *MRP easy*. Obtenido de ¿Qué es el tiempo de ciclo en el proceso de fabricación?: <https://www.mrpeasy.com/blog/es/tiempo-de-ciclo/>

- Linkedin* . (s.f.). Obtenido de Linkedin : <https://es.linkedin.com/advice/3/what-key-tools-techniques-documenting-tracking?lang=es>
- López Domínguez, L. (s.f.). *PDCA Home*. Obtenido de PDCA Home: <https://www.pdcahome.com/2064/planeacion-avanzada-de-la-calidad-del-producto/>
- McClintock, M. (16 de 09 de 2015). *Processmaker*. Obtenido de Processmaker: <https://www.processmaker.com/es/blog/automating-your-engineering-change-order-eco-requests/>
- McClintock, M. (8 de 9 de 2017). *Processmaker*. Obtenido de Processmaker: <https://www.processmaker.com/es/blog/benefits-automating-engineering-change-order-process/>
- Morales, M. (s.f.). Manual de Administración de Proyectos. *Lider de Proyecto*. Obtenido de Lider de Proyecto.
- Orozco , M. (01 de Junio de 2019). *slideshare a scribd company*. Obtenido de <https://es.slideshare.net/slideshow/4proyecto-definicio-tipos-y-caracteristicas-1/148603468>
- Otero, L. C. (2005). *Gestion de Proyectos: Elementos básicos a tener en cuenta como punto de partida para realizar eficazmente su proyecto*. Ideaspropias Editorial.
- Page/. (25 de 07 de 2024). *Page/*. Obtenido de 7 pasos para realizar un estudio de factibilidad con éxito: <https://pagethink.com.mx/blog/single/pasos-para-realizar-un-estudio-de-factibilidad>
- Pastor, R. A. (24 de Julio de 2009). *Universidad Católica Boliviana San Pablo Bolivia* . Obtenido de Universidad Católica Boliviana San Pablo Bolivia : <https://www.redalyc.org/pdf/4259/425942160009.pdf>
- Pérez, A. (25 de Abril de 2021). *OBS Business School*. Obtenido de OBS Business School: <https://www.obsbusiness.school/blog/que-es-un-proyecto-una-definicion-practica#:~:text=Existen%20diferentes%20tipos%20o%20clasificaciones,de%20vida%20de%20las%20personas.>
- Peterson, Z. (05 de 10 de 2020). *PCB o Placa de Circuito Impreso*. Obtenido de Altium: <https://resources.altium.com/es/p/what-is-a-pcb>

Plexus Internacional. (s.f.). Obtenido de Plexus Internacional:
<https://plexusintl.com/mx/blog/que-es-apqp/>

Quiroa, M. (20 de 03 de 2024). *economipedia*. Obtenido de Definición Estudio de Factibilidad: <https://economipedia.com/definiciones/estudio-de-factibilidad.html>

Richardson, K. (11 de 11 de 2022). *Hitos: ¿Qué son y por qué los necesitas en la Gestión de Proyectos?* Obtenido de <https://www.flowlu.com/es/blog/project-management/milestones-what-are-they-and-why-do-you-need-them-in-project-management/>

Riveros, A. (19 de 10 de 2020). *EALDE Business School*. Obtenido de EALDE Business School: <https://www.ealde.es/definicion-ciclo-vida-proyecto/>

Robledo, P. (s.f.). *albaTIAN innovation consulting*. Recuperado el 2025, de Diferencias entre Procesos, Procedimientos e Instrucciones de Trabajo: <https://albatian.com/es/blog/diferencias-entre-procesos-procedimientos-e-instrucciones-de-trabajo/>

Rodriguez, J. (25 de 01 de 2019). *SPC Consulting Group*. Obtenido de SPC Consulting Group: <https://spcgroup.com.mx/las-herramientas-core-tools/>

S., J. A. (2001). *Universidad Javeriana*. Obtenido de Universidad Javeriana: https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/40986768/EvalProy-libre.PDF?1452115123=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DEval_Proj_PDF.pdf&Expires=1730153518&Signature=KukUMjt~rnvb3lcldiQzfyU2dUwwXSZgSfSruRtiQGD8u6LmvIjLCg9cFwJLHO4yZ9G9Em6pfWs0jwPC

SAP Documentation. (s.f.). Obtenido de https://help.sap.com/doc/saphelp_ewm900/9.0/en-US/4f/3cf8b6e6b92eb7e10000000a42189c/content.htm?no_cache=true

Semantic Systems. (04 de 2025). *INFOR LN, el ERP de la industria*. Obtenido de Semantic Systems: <https://www.semantic-systems.com/semantic-noticias/noticias-de-empresa/infor-ln-el-erp-de-la-industria-4-0/#:~:text=El%20software%20de%20gesti%C3%B3n%20empresarial,y%20maquinaria%2C%20electr%C3%B3nica%20o%20aeroespacial.>

Serrano, J. L. (2021). *EL APQP COMO UNA HERRAMIENTA DE MEJORA PARA LAS EMPRESAS DEL SECTOR AUTOMOTRIZ*. BOGOTA D.C.

- Sillero, J. A., Roaro, L. O., Villalon, M. T., & Vazquez, S. (29 de 11 de 2019). *Pistas Educativas*. Obtenido de Pistas Educativas: <https://pistaseducativas.celaya.tecnm.mx/index.php/pistas/article/view/2233/1761>
- Simon, J. Y. (12 de 12 de 2021). *Linkedin*. Obtenido de Linkedin: <https://es.linkedin.com/pulse/los-proyectos-de-cambio-o-innovaci%C3%B3n-su-organizaci%C3%B3n-simon-jsimon73#:~:text=Estos%20proyectos%20pueden%20darse%20alrededor,o%20incorporaci%C3%B3n%20de%20nuevas%20tecnolog%C3%ADas.>
- SPC Consulting Group. (18 de 10 de 2012). *SPC Consulting Group*. Obtenido de SPC Consulting Group: <https://spcgroup.com.mx/apqp/>
- SPCGROUP. (15 de 10 de 2012). *SPC CONSULTING GROUP* . Obtenido de SPC CONSULTING GROUP : <https://spcgroup.com.mx/ppap/>
- Villegas, C. F. (2001). *Contabilidad de costos*. Pearson Education.
- Wrike. (01 de 2025). *Que es un hito en gestion de proyectos*. Obtenido de Wrike: <https://www.wrike.com/es/project-management-guide/faq/que-es-un-hito-en-gestion-de-proyectos/>

GLOSARIO

PCB: Placa de Circuito Interno ("printed circuit board" en inglés), y se define como un circuito cuyos componentes y conductores están contenidos dentro de una estructura mecánica. (Peterson, 2020)

PCBA: Abreviatura de ensamblaje de placa de circuito impreso, se refiere a la combinación de PCB, componentes y accesorios electrónicos. PCBA es en realidad la PCB con componentes ensamblados. (AUSPI, 2025)

ERP: El término ERP, o software ERP, se refiere a Enterprise Resource Planning, que significa "sistema de planificación de recursos empresariales". El software ERP sirve para hacerse cargo de distintas operaciones internas de una empresa, desde producción a distribución o incluso recursos humanos. (European Knowledge Center for Information Technology, 2025)

Punto de quiebre: Momento en que la revisión de producto actual deja de ser vigente para dar inicio a la nueva revisión.

Stakeholder: Un *stakeholder* es cualquier persona (empleado, socio, cliente, etc.) o empresa que de alguna forma afecta o puede ser afectada por las acciones de una organización con respecto a un proyecto. La gestión de las partes interesadas (*Stakeholder management*) es fundamental para establecer estrategias de comunicación y determinar influencias. (Conexión Esan, 2020)

Archivos CAD: Los programas de diseño asistido por ordenador o CAD proporcionan a los usuarios una plataforma en la que pueden diseñar, editar y analizar productos en 2D o 3D. (Hanaphy, 2024)