

**UNIVERSIDAD INTERNACIONAL
DE LAS AMÉRICAS
CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

TRABAJO FINAL DE GRADUACIÓN

Para optar por el grado de Bachillerato de Ingeniería Industrial

**Diseño del Sistema de Producción de Resistencias de Cartucho de Alta
Densidad en la Compañía Electro MAZ Limitada**

AUTOR

Eder Dionicio Padilla Centeno

TUTOR

Ing. Alejandro Leiva González MBA

SAN JOSÉ, AGOSTO, 2019

DEDICATORIA

Mi proyecto de tesis es dedicado a mi familia, mis padres y mis hermanas, ya que, de cierta forma, son las personas que han estado conmigo en todos los momentos y han sido parte de este largo aprendizaje y crecimiento profesional.

Mis padres han trabajado toda una vida luchando e impulsándome para que siempre sea una persona de bien con valores como humildad, amor, respeto, responsabilidad y honestidad, los cuales creo como base para la vida y me han ayudado a ser quien soy hasta hoy. Mi padre siempre me ha dado una frase *estudie porque es la única herencia que le puedo dar* y es lo que he tratado de hacer de la mejor manera para que se sienta siempre orgulloso de mi como hasta hoy lo ha sido junto con mi madre.

Mi hermana mayor ha sido como una segunda madre para mí, ya que me ha apoyado, tanto emocional como económicamente en momentos difíciles y ha sido la principal impulsadora para que hoy concluya mi carrera de Ingeniería Industrial, junto con mis otras dos hermanas y mi sobrino hemos sido una familia lejos de casa, lejos de nuestros padres apoyándonos unos a los otros.

Por esto, quiero que sepan que este triunfo que me enorgullece demasiado es dedicado a ustedes con mucho amor y cariño.

AGRADECIMIENTOS

Para empezar quiero dar gracias infinitas a Dios, por darme la oportunidad de vivir esta maravillosa experiencia, que ha sido un largo camino, esfuerzo de muchos años, pero sin su ayuda la perseverancia y la sabiduría que me ha dado no lo hubiese logrado.

Agradezco a mi familia, a las personas cercanas que me han apoyado con palabras de aliento en los momentos más complicados. Agradezco también a mis compañeros de universidad y a mis profesores, todos ellos han sido parte del proceso en el que muchos han influido directa o indirectamente en mi proceso como estudiante universitario, en ocasiones, volviéndonos una sola familia.

Además, quiero agradecer a la compañía para la cual laboro actualmente y han estado presentes también durante todo el proceso de mi carrera, quienes me han colaborado con tiempo para estudiar, para asistir a lecciones, darme la oportunidad de desarrollar mi proyecto y el crecimiento laboral que he tenido gracias a esto ha sido maravilloso.

RESUMEN EJECUTIVO

El presente proyecto se desarrolló en la planta de producción de resistencias eléctricas de la compañía Electro MAZ Limitada, específicamente en el Área de Resistencias de Cartucho. El objetivo principal era diseñar un sistema para suplir la producción de resistencias de cartucho de baja densidad a las de alta densidad, para satisfacer la demanda de los clientes debido al crecimiento de la industria en suelo nacional con equipos avanzados y con nuevas tecnologías que requieren este tipo de producto (resistencias de cartucho de alta densidad).

Para el desarrollo y análisis de este proyecto se investigó la demanda de un año (periodo de julio del 2018 a junio del 2019) para proyectar y conocer la viabilidad de la implementación del sistema de producción propuesto. De acuerdo con los datos, la demanda ha aumentado y terminó el periodo estudiado con un monto en ventas de resistencias de cartucho de ₡ y, según la proyección realizada, al final del periodo se tendrá una demanda monetaria de ₡ con un aumento porcentual de %.

Para elaborar la propuesta fue necesario desarrollar procesos y procedimientos estandarizados, debido a que actualmente la compañía Electro MAZ Limitada no cuenta con ninguno. Esto provoca demanda insatisfecha de un 15 % con respecto a los 75 clientes entrevistados. Por lo tanto, se propone una hoja de control sobre la demanda insatisfecha que genere reproceso en el sistema de producción y respalde garantías, ya que en la actualidad no se estipula si fue defecto de fabricación o mala manipulación del cliente final.

Además, la medición de costos de fabricación por unidad producida no se maneja actualmente en la compañía. Por lo tanto, el manejo de inventario de la materia prima ayudaría a que se tenga un control y mayor exactitud en la comparación de los gatos contra los ingresos, para conocer la utilidad real del sistema de producción de resistencias de cartucho de alta densidad. Esto se logrará con un sistema BOM (Bill Of Materials o Lista de Materiales) para determinar el costo por unidad de producción para cada resistencia fabricada.

CONTENIDO

Dedicatoria	1
Agradecimientos.....	2
Carta de autorización del tutor	3
Carta de revisión filológica	4
Declaración jurada.....	5
Código de ética.....	6
Resumen ejecutivo	7
Contenido	8
Tablas.....	16
Figuras	18
Capítulo I: Introducción.....	21
Generalidades de la empresa	22
Historia	22
Organización	23
Misión.....	25
Visión.....	25
Planteamiento del problema	25
Objetivo general.....	27
Objetivos específicos	27

Justificación.....	27
Antecedentes.....	28
Proyecciones.....	30
Capítulo II: Marco teórico	32
Capacidad	32
Capacidad teórica	32
Capacidad real.....	32
Capacidad necesaria	33
Demanda.....	33
Demanda teórica.....	34
Demanda potencial	34
Demanda objetivo	34
Demanda actual.....	34
Demanda real	34
Organigrama	35
Tipos de organigrama	35
Organigrama del sistema	36
Análisis FODA	37
Diagrama Ishikawa	38
Diagrama de Pareto.....	40

Mapeo de proceso	41
Mejora continua	43
Ciclo DMAIC.....	43
Diseño del proceso.....	45
Resistencias de cartucho de alta densidad.....	46
Métodos de Depreciación.....	47
Depreciación por línea recta	47
Depreciación de actividad o de unidades producidas.....	47
Depreciación de suma de dígitos anuales	47
Depreciación de la doble cuota sobre el valor decreciente.....	48
Estandarización.....	48
Herramienta 5S.....	48
Herramienta Poka Yoke.....	49
Capítulo III: Marco metodológico.....	52
Enfoque	52
Enfoque cualitativo.....	52
Enfoque cuantitativo.....	52
Enfoque mixto.....	53
Alcance.....	54
Investigación exploratoria.....	54

Investigación descriptiva	54
Investigación correlacional	54
Investigación explicativa	54
Diseño / método	55
Muestra de la investigación	56
Variables o unidades de análisis	57
Instrumentos	58
Proceso para la recolección de datos	59
Encuesta	60
Entrevista	60
Análisis de reportes	60
Prueba piloto	60
Estudio de tiempo (según fabricante)	61
Hojas de observación	61
Método de análisis	61
Cronograma WBS (Estructura de Descomposición del Trabajo)	61
Cronograma GANTT	62
Capítulo IV: Análisis de la situación	65
Tamaño de la muestra	65
Resultados de la encuesta	66

Hoja de observación	74
Comparativo entre resistencias baja densidad y alta densidad	77
Resistencia de cartucho de baja densidad	77
Resistencia de cartucho de alta densidad	79
Cuadro comparativo entre las resistencias de cartucho de baja densidad y las de alta densidad	79
Demanda	81
Proyección de la demanda a 12 meses (1 año).....	86
Demanda insatisfecha	91
Análisis de capacidades del sistema	94
Capacidad de producción del proceso actual en Electro MAZ Limitada	96
Capacidad del sistema, según tiempos teóricos de empresa mexicana	97
Capacidad de producción del sistema propuesto para la fabricación de resistencias de cartucho en Electro MAZ Limitada con base en los tiempos teóricos brindados por la compañía mexicana y sumados algunos procedimientos propuestos.....	99
Distribución de la planta actual.....	101
Capítulo V: Conclusiones y recomendaciones.....	103
Conclusiones.....	103
Recomendaciones	105
Capítulo VI: Propuesta	108
Propuesta	108

Propuesta de diseño para la distribución de la planta	108
Maquinaria y equipo	114
Cinta métrica	115
Calibrador digital.....	115
Esmeriladora	116
Torno	117
Soldadora	117
Bobinadora.....	118
Compactadora	119
Cortadora de cable.....	120
Peladora de cable.....	121
Multímetro digital (Tester)	122
Instrumento de medición de aislamiento	123
Marcadora	124
Horno de secado (producto terminado)	125
Costo de maquinaria	126
Depreciación de la maquinaria.....	127
Materia prima	129
Tubo de Acero Inoxidable 304.....	129
Aislador de 4 huecos de MGO (óxido de magnesio)	130

Tapa Inferior de MGO (óxido de magnesio)	131
Tapa superior de cerámica (cerámica de alta temperatura)	132
Tapón de hule.....	133
Disco de extremo de acero inoxidable.....	134
Espaciador MGO (óxido de magnesio)	135
Alambre de Nicromio	136
Cable de fibra de vidrio	137
Óxido de Magnesio	138
Cemento refractario	139
Cantidad requerida	140
Costo de materia prima.....	144
Propuesta de diseño de los procesos y procedimientos.....	146
Cálculo de la fórmula	148
Bobinado del aislador de MGO (Óxido de Magnesio).....	149
Proceso de compactado del tubo	150
Propuesta para costear resistencias de cartucho de alta densidad.....	151
Control de demanda insatisfecha	155
Análisis económico	156
Plan de implementación	159
Referencias.....	162

Apéndices.....	165
Encuesta a clientes	165
Entrevista.....	166
Formato de Hoja de Observación	167
Formulario de Control de Inventario Propuesto	168
Depreciación de Máquina Bobinadora.....	169
Depreciación de Máquina Compactadora	169
Formulario para la toma de tiempos	170
BOM (Lista de Materiales).....	171

TABLAS

Tabla 1. Variables.....	58
Tabla 2. Instrumentos	59
Tabla 3. Pregunta número 1 encuesta.....	66
Tabla 4. Pregunta número 2 encuesta.....	67
Tabla 5. Pregunta número 3 encuesta.....	69
Tabla 6. Pregunta número 4 encuesta.....	70
Tabla 7. Pregunta número 5 encuesta.....	71
Tabla 8. Pregunta número 6 encuesta.....	73
Tabla 9. Resistencia de cartucho de baja densidad vs. alta densidad	80
Tabla 10. Demanda por unidad de producción nacional	82
Tabla 11. Demanda por unidad de importación de resistencias de cartucho de alta densidad	84
Tabla 12. Proyección de demanda para el próximo año	87
Tabla 13. Demanda monetaria de producción nacional	88
Tabla 14. Demanda monetaria por importación de resistencias	89
Tabla 15. Proyección de Demanda Monetaria 2019-2020	91
Tabla 16. Resultado de pregunta 1 de la entrevista.....	92
Tabla 17. Segunda pregunta de la entrevista	93
Tabla 18. Jornada Laboral de Electro MAZ en Minutos.....	95
Tabla 19. Tiempos de producción del proceso actual	96
Tabla 20. Capacidad del proceso actual	97
Tabla 21. Tiempos teóricos de fábrica en México	98

Tabla 22. Capacidad del proceso compañía mexicana	98
Tabla 23. Tiempos teóricos de la propuesta para el sistema de producción de resistencias de cartucho de alta densidad.....	100
Tabla 24. Capacidad del proceso propuesto	100
Tabla 25. Tabla de Simbología para distribución de planta	109
Tabla 26. Distribución de Planta Propuesta.....	113
Tabla 27. Costos de maquinaria	127
Tabla 28. Depreciación de bobinadora	128
Tabla 29. Depreciación de compactadora.....	129
Tabla 30. Características técnicas del cable de fibra de vidrio	138
Tabla 31. Detalle técnico del óxido de magnesio.....	139
Tabla 32. Materia prima requerida	140
Tabla 33. Inventario Físico de Electro MAZ	142
Tabla 34. Compra de materia prima	145
Tabla 35. Lista de Materiales para fabricación de resistencias de cartucho de alta densidad	152
Tabla 36. Códigos de resistencias de cartucho de alta densidad.....	154
Tabla 37. Cálculo de inversión y costos del proyecto	157
Tabla 38. Cálculo del Costo-Beneficio.....	158
Tabla 39. Cronograma de implementación del proyecto.....	160

FIGURAS

Figura 1. Organigrama Electro MAZ Limitada	24
Figura 2. Organigrama Específico.....	37
Figura 3. Estructura de Análisis FODA.....	38
Figura 4. Diagrama Ishikawa	39
Figura 5. Diagrama Pareto	41
Figura 6. Ejemplo de Mapeo de Procesos.....	42
Figura 7. Proceso Lineal de Producción	46
Figura 8. Diagrama del Enfoque Cuantitativo	53
Figura 9. Esquema Método Probabilístico.....	57
Figura 10. Esquema del Cronograma WBS	62
Figura 11. Cronograma GANTT.....	63
Figura 12. Gráfico de pregunta 1 de encuesta.....	67
Figura 13. Gráfico de pregunta 2 de encuesta.....	68
Figura 14. Gráfico de pregunta 3 de encuesta.....	70
Figura 15. Gráfico de pregunta 4 de encuesta.....	71
Figura 16. Gráfico de pregunta 5 de encuesta.....	72
Figura 17. Gráfico de pregunta 6 de encuesta.....	73
Figura 18. Diagrama de Flujo Actual	78
Figura 19. Gráfico de demanda producción nacional.....	83
Figura 20. Gráfico de demanda de importación.....	85
Figura 21. Demanda total de resistencias de cartucho	86

Figura 22. Gráfico de la Demanda 2018-2019.....	90
Figura 23. Distribución de planta actual.....	102
Figura 24. Diagrama de relaciones para distribución de planta propuesta	110
Figura 25. Relaciones entre líneas SLP	112
Figura 26. Cinta métrica	115
Figura 27. Calibrador digital.....	116
Figura 28. Esmeriladora.....	116
Figura 29. Torno.....	117
Figura 30. Soldadora	118
Figura 31. Bobinadora	119
Figura 32. Compactadora.....	120
Figura 33. Cortadora de cable	121
Figura 34. Peladora de cable	122
Figura 35. Multímetro Digital	123
Figura 36. Medidor de aislamiento.....	124
Figura 37. Marcadora de resistencias	125
Figura 38. Horno de sacado de producto terminado	126
Figura 39. Tubo de Acero Inoxidable.....	130
Figura 40. Aislador de MGO	131
Figura 41. Tapa inferior de MGO	132
Figura 42. Tapa Superior Cerámica	133
Figura 43. Tapón de hule	134
Figura 44. Disco externo de Acero Inoxidable	135

Figura 45. Espaciador	136
Figura 46. Alambre de Nicromio	137
Figura 47. Cable de fibra de vidrio.....	138
Figura 48. Óxido de Magnesio	139
Figura 49. Cemento refractario	140
Figura 50. Hoja de control de inventario propuesta	143
Figura 51. Diagrama de Flujo del sistema de producción de resistencias de cartucho de alta densidad	147
Figura 52. Diagrama de flujo para calcular la fórmula de bobinado.....	149
Figura 53. Diagrama de flujo del bobinado	150
Figura 54. Diagrama de flujo para proceso de compactado.....	151
Figura 55. BOM Electro MAZ Limitada	155
Figura 56. Hoja de Control de Demanda Insatisfecha - Electro MAZ Limitada	156

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

Electro MAZ Limitada es una compañía con más de 40 años en el mercado industrial. Uno de sus principales pilares de crecimiento fue el Área de Temperatura (la fabricación e importación de resistencias eléctricas para procesos industriales, telas de teflón y otros componentes para la alta temperatura). La globalización y el crecimiento de Costa Rica en la industria y procesos industriales llevó a la búsqueda de satisfacer las necesidades de los clientes con productos de alta calidad y adecuados para sus procesos.

La compañía busca crecer, satisfacer e innovar en el área de resistencias eléctricas. La fabricación de resistencias de cartucho de alta densidad abarcará procesos en los que se involucran planchas con movimiento y algún otro proceso que maneje temperaturas exactas. Por esto, se pretende cambiar a una producción de resistencias de cartucho de alta densidad, el cual es completamente nuevo para la compañía, ya que en la actualidad se desarrolla el proceso de fabricación de cartuchos de baja densidad.

No obstante, este no tiene ningún proceso o procedimiento escrito ni establecido para llevarlo a cabo con control y medición. En este sistema de producción solo se cuenta con el apoyo de un sistema de información del Área de Ventas que genera una orden de pedido a la fábrica y esta al completarse se da como entregada. Posteriormente, el Departamento de Ventas se encarga de facturarlos, por este motivo, diseñar nuevos procesos, definir la nueva maquinaria, recursos y materia prima, determina la demanda actual sobre este producto.

Inicialmente, se debe establecer el proceso del ciclo y cada elemento para la fabricación de las resistencias de cartucho de alta densidad. Se deben analizar las mejoras que deben emplearse con el uso de maquinaria automatizada para brindarle al cliente mejores tiempos de entrega, un producto que cumpla con los requerimientos de su necesidad y analizar la capacidad de respuesta del sistema. Todo se debe contemplar a partir de la demanda hacia este producto para determinar los costos, cantidad de personal y maquinaria requerida.

La línea del proyecto de investigación es determinar procesos y procedimientos de un nuevo sistema de producción de resistencias de cartucho de alta densidad, los cuales se deben documentar para darles un seguimiento y controlar factores de suma importancia como la calidad, los tiempos y el precio.

En la investigación de un proyecto se debe tomar en cuenta que para desarrollar el tema o problema que se encuentre en la compañía requiere un estudio o solución que se considere como una necesidad real para esta, por lo que debería basarse en una gestión y metodología para su tratamiento o solución. En el caso de este trabajo, se debe enfocar en elaborar el sistema productivo con el diseño y desarrollo de los procesos y procedimientos establecidos para poner en marcha la fabricación de las resistencias de cartucho de alta densidad.

Al estudiar las demandas actuales junto con la cartera de clientes, se analizarán y estudiarán sus necesidades, de manera que se pueda tener una lista por cada cliente de las resistencias y sus características necesarias para cada sistema de producción que estos tengan. Esto implica conocer y desarrollar un estudio sobre las máquinas que utilizan este tipo de producto.

Electro MAZ Limitada enfoca esta producción de resistencias de cartucho de alta densidad para satisfacer el mercado nacional y, en especial, a las compañías que se dediquen a la extrusión de plástico, procesos de empaque y de calentamiento de líquidos. Actualmente, la compañía cuenta con personal capacitado, instalaciones listas, también con las tensiones necesarias (voltajes de corriente eléctrica 120 V / 240 V) para que funcionen las máquinas que se deben adquirir, por lo que se debe hacer una distribución correcta del espacio y una capacitación sobre su funcionamiento.

Para el desarrollo del trabajo cada capítulo contiene lo siguiente: el capítulo I explica el proceso de introducción, generalidades de la empresa y del proyecto, el problema, objetivos por desarrollar y la justificación. En el capítulo II se desarrollará el marco teórico, en el que se describen las herramientas y conceptos utilizados en el estudio. El capítulo III, marco metodológico, trata de la recolección de datos, muestreos, la investigación, los instrumentos y enfoques.

El capítulo IV contiene la aplicación, análisis y conceptos de las herramientas empleadas para el desarrollo del diagnóstico. En el capítulo V se presentan las conclusiones y recomendaciones a partir de lo que se desarrolló en los capítulos anteriores. Por último, en el capítulo VI se presenta la propuesta del proyecto.

Generalidades de la empresa

Historia

Electro MAZ Limitada es una compañía familiar de capital nacional que se fundó hace más de

40 años. Al principio daban mantenimiento eléctrico de hogar y plantas industriales, por lo que, ingresar a algunas de estas plantas llevó al dueño a experimentar en otras áreas eléctricas como la reparación de hornos para procesos industriales de secado, fundición de metales, esterilizado en laboratorios y procesos similares.

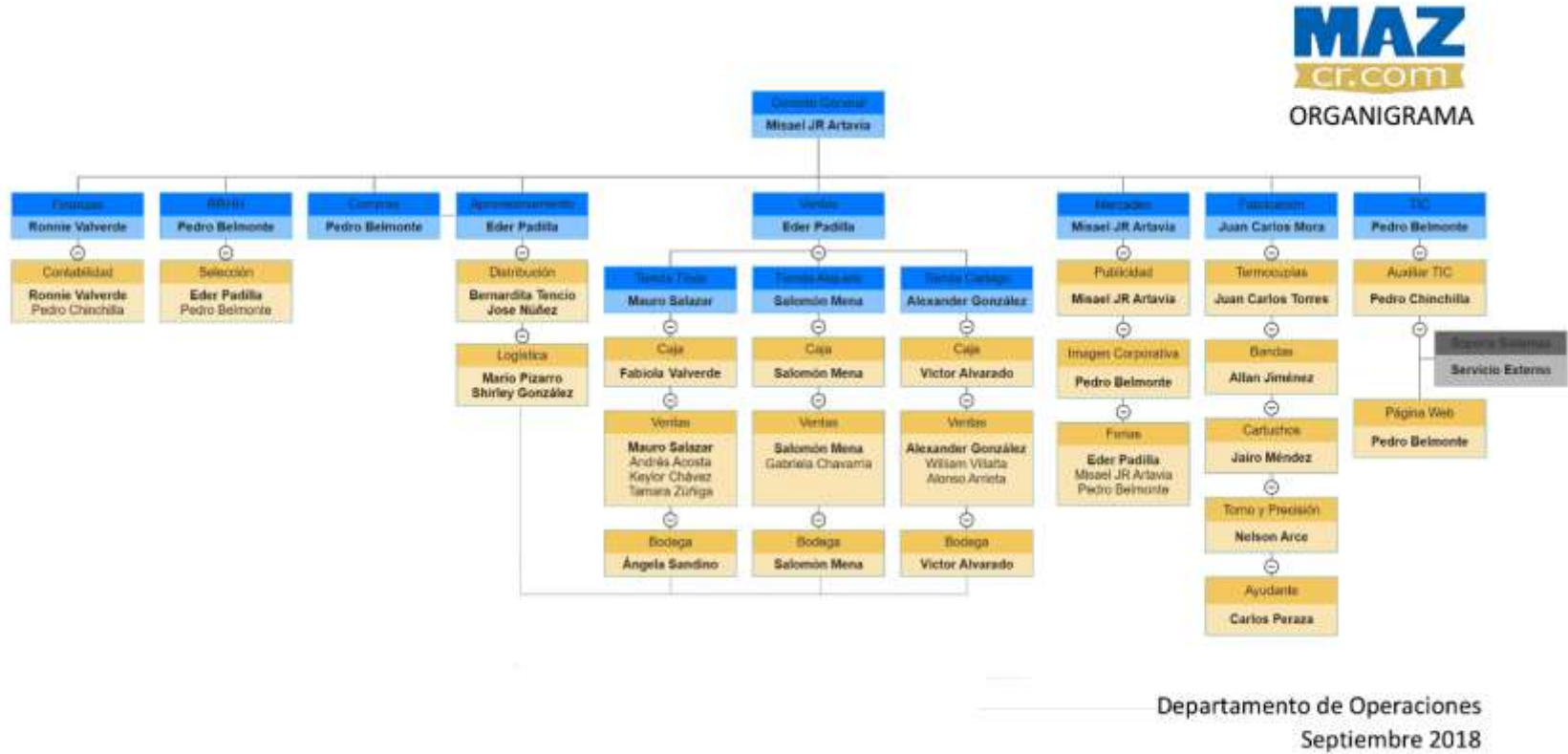
Lo anterior creó la necesidad de importar partes eléctricas y resistencias eléctricas como repuestos para los equipos que reparaban. De esta manera, creció la compañía hasta levantar una sala de ventas y una planta para la propia fabricación de las resistencias, por lo que Electro MAZ es una de las primeras compañías en llevar a cabo el proceso de fabricación en el ámbito nacional, de una forma muy rústica o artesanal.

Organización

Actualmente, Electro MAZ Limitada posee una estructura organizacional limitada debido a la carencia de personal en algunas de sus áreas, las cuales debe cubrir un mismo colaborador en más de una ocasión. La estructura se encuentra conformada por 26 colaboradores, quienes están comandados por un nivel jerárquico mayor, es decir, el gerente general de la compañía. Como segundo nivel se encuentran las Áreas de Finanzas, RR. HH., Compras, Aprovisionamiento, Ventas, Mercadeo, Fabricación y TIC.

El área de estudio para el trabajo será Fabricación en la que se establecerá exactamente el sistema de resistencias de cartucho de alta densidad para esa estructura de la que se encargará el jefe de fabricación. Lo anterior ya que este asigna las órdenes de trabajo y la requisición de materia prima para que el operario pueda desarrollar todo el ciclo productivo, el cual puede hacerlo un solo operario debido a la automatización con maquinaria.

Figura 1. Organigrama Electro MAZ Limitada



Fuente: Departamento de RR. HH. Electro MAZ Limitada.

En la figura anterior se muestra la organización de la compañía Electro MAZ Limitada, en la que se aprecia un organigrama bastante achatado con una buena repartición de los departamentos. No obstante, a pesar de que la estructura es adecuada hay un gran problema y es que muchos de los colaboradores de la empresa repiten el puesto en más de 2 ocasiones. Esto provoca dispersión en las actividades o cargos que desempeñan.

La saturación laboral provoca que la persona o colaborador no se concentre en lo necesario o importante, sino que se concentra en lo urgente, lo que muchas veces no es lo mejor para la compañía. Por lo tanto, es un gran problema mantener distintos cargos en los cuales no se pueda cumplir con el desarrollo y crecimiento de la empresa.

Misión

Brindar soluciones industriales innovadoras de calidad a las empresas en el Área de resistencias, automatización, potencia, control y calor.

Visión

Liderar la industria costarricense en las diferentes áreas que abarcamos para construir alianzas en mercados internacionales.

Planteamiento del problema

Para determinar la problemática en la compañía Electro MAZ Limitada se debe analizar la demanda y requerimientos del sistema de producción con un diseño de procesos y procedimientos estructurados. La oportunidad de la empresa con el diseño de este sistema de producción será el aumento de las ventas proyectadas, de acuerdo con el alcance de la producción y la demanda insatisfecha de un mercado industrial exigente.

Las resistencias de cartucho de alta densidad son un producto que actualmente no desarrolla ninguna empresa en el país ninguna. Esto representa una oportunidad para atraer a nuevos clientes y distintas áreas o procesos industriales en la búsqueda de la satisfacción del cliente con estándares de calidad, precios competitivos de mercado y tiempos de entrega que cumplan con sus necesidades. Esto haría que los clientes eviten procesos de importación de las resistencias a México y Estados Unidos.

En la actualidad, la compañía no cuenta con procesos definidos para el inicio de la operación de este sistema de producción, por lo que se deben determinar algunos de los aspectos básicos o fundamentales para este funcionamiento como maquinaria y cantidades de materia prima, capacitación del personal, estructura y distribución en la planta.

El objetivo para el funcionamiento correcto del sistema de producción de resistencias de cartucho de alta densidad es diseñar procesos y procedimientos en la producción de estas y ofrecer a los clientes el producto indicado para diversas aplicaciones. Es decir, tensiones que pueden abarcar desde los 12 V hasta los 240 V, resistencias con medidas específicas para las mordazas de sellado de bolsas plásticas, respetar la potencia con respecto al tamaño desde 55 W hasta 6000 W. El fin es hacer de estas las características más comunes en la fabricación de resistencias de cartucho, según su aplicación en los sistemas industriales.

Por lo tanto, a partir de lo anterior, se formula la siguiente pregunta de investigación: ¿Cómo diseñar procesos y procedimientos con los requerimientos de un sistema de producción de resistencias de cartucho de alta densidad en la compañía Electro MAZ Limitada?

Definir los procesos y procedimientos con un diseño documentado y listo para aplicar sobre el sistema de producción requerido para la compañía hace que el proyecto pueda dar marcha con los puntos de preparación al personal involucrado con capacitaciones y entrenamientos. Esto para crear una cultura sobre el proceso, mejorar el rendimiento del colaborador y, apegado a esto, disminuir la curva de aprendizaje. Al haber determinado todos los procesos y el aseguramiento de la línea, se pueden utilizar para la gestión y mejora continua en el proceso con indicadores que permiten su control, seguridad integral de los recursos bajo la estandarización y, de esa manera, proyectar el crecimiento de la demanda y las utilidades en la compañía.

Se deben considerar todos los elementos que en la fábrica harán un producto y servicio de calidad, así como analizar el mercado y necesidades de cada cliente, la distribución del espacio para producción, el orden y limpieza de este, los mantenimientos de la maquinaria y equipo necesario, la exigencia en la calidad de las materias primas utilizadas y el empeño desarrollado por parte del operario. Estos son elementos que se deben tomar en cuenta para el cumplimiento y el funcionamiento adecuado de los procesos y procedimientos aplicados al sistema.

Objetivo general

Diseñar un sistema de producción de resistencias de cartucho de alta densidad en la compañía Electro MAZ que satisfaga la demanda actual y aumente sus utilidades.

Objetivos específicos

- Definir los requerimientos y las necesidades del sistema de producción de resistencias de cartucho para el diseño de los procesos y procedimientos.
- Medir la demanda actual de resistencias de cartucho del Departamento de Ventas en Electro MAZ Limitada.
- Analizar la demanda y la capacidad del sistema de producción que se desea proponer.
- Diseñar procesos y procedimientos del sistema de producción de resistencias de cartucho de alta densidad que satisfagan la demanda y aumenten las utilidades.
- Evaluar, mediante la implementación de indicadores, los procesos y los procedimientos establecidos para la aplicación en el sistema de producción de resistencias de cartucho de alta densidad.

Justificación

A pesar de que Electro MAZ Limitada es una compañía con más de 40 años en el mercado, el proceso de fabricación de resistencias se ha desarrollado de una manera artesanal. El operario actualmente lo hace con la ayuda de algunos equipos, todo el proceso es manual, por ejemplo, el bobinado se maneja en un torno, el cálculo de la potencia con una calculadora y cantidad de material en la mayoría de los casos se hace con base en la experiencia y de forma subjetiva. En la actualidad, es necesario la expansión de mercado con nuevos productos que puedan cubrir esas necesidades de los clientes.

Por lo tanto, el desarrollo de este proyecto de investigación es de gran importancia, ya que brinda la oportunidad de crecimiento a la compañía, lo que le da un mayor posicionamiento en el mercado con nuevos clientes para que genere mayores ingresos y, con esto, buscar un aumento en las utilidades.

Para el buen funcionamiento del sistema de producción se buscan las herramientas necesarias para desarrollar los procesos y procedimientos indicados, ya que serán la guía o manual para la implementación del proyecto. En este se busca capacitar al personal y obtener los resultados esperados, los cuales son el cumplimiento de los objetivos, en los que se deben definir perfiles de puestos, tiempos de operación y producción, la estandarización de los procesos, una gestión adecuada de los procedimientos, administración de las áreas involucradas en el proceso productivo, medir y controlar errores de fabricación, desperdicio de materiales y reproceso, manejar un control de mantenimiento de equipo y maquinaria para disminuir o evitar tiempos improductivos, mala operación de la maquinaria, falta de indicadores que ayuden al control de la mejora y estandarización y otras variables que puedan afectar al sistema. Lo anterior para brindar un servicio y producto que satisfaga al cliente.

Electro MAZ es una compañía que experimentará con un proceso apegado a la automatización en la fabricación de un producto terminado, por lo que es de suma importancia estandarizar los procesos y procedimientos para medirlos y controlarlos. La estandarización radica en que cada operario relacionado con el proceso debe seguir su flujo sin desenfocar la estructura o base con que este se creó. De esta manera, todos los colaboradores que puedan ingresar nuevos al proceso tendrán las herramientas como diagramas de flujo, manuales, procesos escritos o digitales, respaldados por capacitaciones y entrenamientos para que, de esa forma, sea fácil la adaptación para mejorar y aumentar el desempeño del cargo.

Antecedentes

Actualmente, la compañía cuenta más de 40 años en el mercado de la industria nacional, por lo que es muy reconocida en el segmento. No obstante, debido a la globalización debe renovar procesos y productos, por esto, se investiga sobre propuestas en procesos y procedimientos de otros sistemas de investigación para idear la propuesta del sistema de producción de resistencias de cartucho de alta densidad. Electro MAZ Limitada, a pesar de mantenerse durante tantos años en el mercado, no cuenta con procesos escritos y estandarizados, por lo tanto, se debe estudiar acerca de herramientas que establezcan propuestas funcionales para el diseño de este sistema de producción.

En el presente proyecto del diseño de un sistema para la producción de resistencias de cartucho de alta densidad es importante la aplicación de Lean Manufacturing, ya que fortalece los procesos

y procedimientos por implantar. Con esta herramienta se trabajará la mejora continua y la optimización del sistema de producción, lo que ayudará a la compañía a generar una mayor competitividad. Además, asegurará durante el proceso la reducción de desperdicios de materia prima o tiempos, incidirá directamente en la disminución de los costos de producción y se obtendrá un sistema de producción productivo y, a la vez, es una herramienta que asegurará a Electro MAZ Limitada una gestión de calidad en el producto, el cual generaría mayor satisfacción y confiabilidad al cliente (Vargas Hernández, Muratalla Bautista y Jiménez Castillo, 2016).

De acuerdo con Ibarra Balderas y Ballesteros Medina (2017) implantar Lean es fundamental, pero entre los sistemas de producción actuales es un proceso obligatorio, ya que se aplican diversas herramientas las cuales ayudarán en la mejora de la productividad, disminuir plazos de ejecución y la mejora del servicio al cliente. Esto se puede lograr con algunas de las siguientes herramientas: Poka Yoke (evitar los simples errores humanos en la producción), Kaizen (sinónimo de mejora continua), Industria Kan-Ban (el cual tiene como objetivo la comunicación para el abastecimiento de materiales al sistema de producción). Además, se deben utilizar otras para que el funcionamiento de los procesos y procedimientos diseñados para el sistema cumpla los requerimientos.

Las empresas buscan siempre tener un posicionamiento estratégico dentro del mercado global. Esto se puede lograr mediante la implementación de Manufactura Esbelta, una filosofía muy utilizada en la actualidad. La búsqueda principal de esta filosofía es la eliminación de desperdicios. Sin embargo, este no es el único objetivo, por lo que es necesario informarnos en qué otros aspectos nos pueden beneficiar el pensamiento Lean, al igual que los 5 principios que son clave para lograr una implantación exitosa. Esta nota de divulgación tiene como objetivo dar a conocer orígenes, conceptos básicos así como herramientas de la manufactura esbelta (Ibarra Balderas y Ballesteros Medina, 2017, s. p.).

Las capacidades tecnológicas son habilidades requeridas para un uso efectivo del conocimiento tecnológico. Permiten que las empresas de manufactura puedan innovar, un requisito básico para competir de manera efectiva en los mercados. El objetivo del proyecto actual de investigación fue analizar los factores que relacionan las capacidades tecnológicas con la innovación. Para ello se hizo un análisis de la literatura, considerando los aportes de múltiples autores relevantes. Se contrastaron, además, argumentos existentes sobre empresas en economías maduras con algunos que consideran la realidad de organizaciones en economías emergentes. Se encontró que las capacidades tecnológicas son un factor determinante de innovación, pero que estas varían, en particular, en función del nivel de desarrollo de los países (García Velázquez, Pineda Domínguez y Andrade Vallejo, 2015, s. p.).

En la implementación de un sistema de producción automatizado por máquinas, en el diseño de los procesos y procedimientos se debe considerar el mantenimiento industrial de las máquinas, ya

que le permitirá a la compañía elevar la calidad del producto a bajo costo. Con esto evitará costos generados por reparaciones de emergencia y daños irreparables en las máquinas (Orlante, Botero y Cañón, 2010).

Una de las investigaciones utilizadas como referencia para este proyecto se tomó de la revista Investigación Económica en el artículo *Eficiencia técnica en la industria manufacturera en México*. Este plantea un tema que hará un cambio en los avances para Electro MAZ con procesos y procedimientos enfocados al crecimiento y menciona lo siguiente:

El crecimiento de la productividad refleja un uso más eficiente de los recursos de una empresa; sin embargo, sólo proporciona una visión parcial de este desempeño. En la literatura existen otras perspectivas que permiten medir el desempeño de las industrias, entre éstas están aquellas que estiman funciones de producción para medir la productividad (Valderrama Santibáñez, Neme Castillo y Ríos Bolívar, 2015, s. p.).

Proyecciones

Mediante la primera proyección con base en el objetivo se definirán los requerimientos y las necesidades del sistema de producción de resistencias de cartucho de alta densidad, lo cual permitirá establecer el diseño de los procesos y procedimientos adecuados para el sistema. Como segunda proyección para el proyecto actual se medirá la demanda que presenta el Departamento de Ventas de Electro MAZ Limitada, para determinar la demanda real y la demanda insatisfecha. Esto permitiría establecer una proyección de producción sobre los clientes que actualmente no compran resistencias de cartucho de alta densidad.

Se analizará la demanda actual que presenta la compañía Electro MAZ Limitada para medir con respecto a la capacidad que presentará el sistema de producción. De esta manera, se asegurará la producción con control de la calidad, tiempos de producción y satisfacción al cliente. Además, se diseñarán los procesos y procedimientos para el sistema de producción apegado a los requerimientos necesarios.

Asimismo, se aplicarán herramientas y métodos que facilitarán la creación o propuesta de manuales de procesos y procedimientos, diagramas que ayudarán a la implementación del proceso productivo, se llevarán a cabo capacitaciones que permitan al personal la fácil integración y la disminución de la curva de aprendizaje, se medirán los mantenimientos de las máquinas con los paros programados y también paros no programados por algún mantenimiento correctivo que

incurra en el incremento de los costos no contemplados en el sistema de producción.

Por último, las herramientas involucradas para el diseño de procesos y procedimientos con respecto al desarrollo industrial asegurarán la confiabilidad en los procesos y procedimientos establecidos para el sistema de producción de resistencias de cartucho de alta densidad, con lo que se logrará la creación de indicadores para medir y controlar la productividad y efectividad del sistema. La aplicación de todas las herramientas necesarias hará que se obtenga información y, de esa manera, se pueden medir estos procesos y, a la vez, controlarlos como proceso de la mejora. Esto es fundamental para el crecimiento de la compañía en el ámbito estructural y de utilidades.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

El marco teórico es parte fundamental para el proyecto de investigación. En este se detallan las herramientas utilizadas en el análisis al problema planteado al que se le busca una posible solución, para que, de esta forma, el lector pueda obtener una idea clara sobre los conceptos y el uso de las herramientas que se utilizarán.

Capacidad

La capacidad de un proceso se deriva o puede regularse mediante la demanda. De esa manera, la relación entre estos dos términos puede determinar si la capacidad es suficiente en el proceso que se lleva a cabo. Por esto, que es necesario desarrollar una planificación de las capacidades en los procesos productivos en los que se puede encontrar el éxito de una organización a largo plazo. Por ejemplo, la capacidad excesiva puede ser falta tanto como la capacidad insuficiente (Carro Paz y González Gómez, s. f.).

Capacidad teórica

Según Carro Paz y González Gómez (s. f.) se define como la capacidad máxima de un sistema o una instalación que puede lograr bajo condiciones ideales, la cual está definida con la constitución de máquinas, instalaciones y equipos. La mayoría de las empresas operan a una tasa menor a la capacidad diseñada, debido a que consideran que pueden ser más eficientes cuando sus recursos no se estiran al límite. Se basa en una producción con máxima eficiencia del tiempo, recursos humanos, equipo productivo a pleno rendimiento y sin ninguna de las interrupciones consideradas como normales por ser habituales.

$$\text{Capacidad Teórica} = \text{Tiempo Teórico Laborado} / \text{Tiempo Teórico por Producto Fabricado}$$

Capacidad real

De acuerdo con Carro Paz y González Gómez (s. f.) es la capacidad que espera conseguir una organización al tener en cuenta sus actuales limitaciones operativas. A menudo, es menor que la capacidad deseada. No se logra todo el tiempo debido a que hay situaciones conocidas o previstas, así como factores inesperados que impiden un uso del 100 % de la planta, los cuales pueden ser

paros de máquinas, apagones de luz, máquinas dañadas, entre otros aspectos que no siempre están presentes en el proceso productivo.

Capacidad necesaria

Según Carro Paz y González Gómez (s. f.) es la capacidad que se debe disponer o la que requiere la empresa en el sistema de producción al tener en cuenta las condiciones del mercado, el tiempo de producción, la flexibilidad y la capacidad disponible en el proceso. Determina la capacidad requerida del sistema para cumplir con el plan de producción definido o con la cantidad de servicios esperados, esta siempre será menor o igual que la capacidad teórica.

Para efectos del presente proyecto se toma en cuenta la capacidad como punto fundamental en analizar y controlar, esto se debe considerar en el diseño de los procesos, ya que es indispensable tener en cuenta los tiempos de entrega con base en la demanda necesaria y la demanda proyectada. Como es un proceso que se desea implantar se debe considerar la capacidad que determina actualmente el fabricante de los equipos, así como algunos procedimientos manuales y el control de inventarios de materia prima. El establecer la capacidad y poder controlarla es primordial para la estandarización del proceso de fabricación de resistencias de cartucho.

Demanda

Para el proyecto del diseño de proceso para la fabricación de resistencias de cartucho de alta densidad se considera la demanda como el principal dato para su desarrollo. Esta es la cantidad de bienes y servicios que los compradores intentan adquirir en el mercado. Por medio de la ley de la demanda, se determina que al subir el precio de un bien o servicio, la demanda de este disminuye (a diferencia de los cambios en otros factores que determinan un corrimiento de la curva). No obstante, la variación de la demanda es lineal al precio (González, s. f.). El diccionario de la Real Academia (2018) la define como:

1. Petición o solicitud de algo, especialmente si consiste en una exigencia o se considera un derecho.
2. Exigencia que impone cierta cosa o se deriva de ella.

Demanda teórica

Esta se refiere a la que la compañía espera tener, la cual cuenta con dimensiones inciertas, pues sólo se hace con base a datos obtenidos de forma previa, lo cual no asegura la realidad. Sin embargo, esta suele apuntar alto con el fin de anticipar posibles problemas (Meca2.0, 2015, s. p.).

Demanda potencial

Es la venta de productos que la empresa puede llegar a tener como un punto límite. Asimismo, la publicación realza que para que exista este tipo de demanda es necesario que se den una *serie de factores* entre consumidores y firmas comerciales, donde es vital que el cliente cuente con suficiente capacidad de compra, estar dispuestos a llevar una a cabo, tener conocimiento previo del producto, tener la necesidad de adquirirlo y saber los beneficios que le puede brindar (Merca2.0, 2015, s. f.).

Demanda objetivo

Esta se establece dentro de un periodo determinado de tiempo que contempla la cantidad de ventas que se realizan, donde se espera llegar a la meta establecida. Hay que contemplar diferentes periodos de tiempo, pues hay lapsos donde se registra una mayor cantidad de adquisiciones, como por ejemplo durante fechas festivas, tanto nacionales como internacionales (Merca2.0, 2015, s. f.).

Demanda actual

Es la real, por lo que no contempla estimaciones pues es con la que cuenta en el momento. Esta ayuda a que se hagan predicciones sobre lo que vendrá en fechas futuras y a hacer cálculos que arrojen un margen de ganancias más acertado en comparación con demandas como la teórica y la potencial (Merca2.0, 2015, s. f.).

Demanda real

“Esta se diferencia de la anterior, pues mientras que la actual considera cierto lapso de tiempo, la real determina el aquí y el ahora, cuando el cliente se encuentra dentro del punto de venta y realiza una compra” (Merca2.0, 2015, s. p.). La evaluación y análisis de la demanda en el presente estudio es parte de la base para su desarrollo. La demanda actual de la compañía será la base para determinar o comparar con la capacidad necesaria que debe tener el proceso para satisfacer a los clientes.

La oportunidad de desarrollar la fabricación de este tipo de producto (resistencias de cartucho de alta densidad) en el país le permitirá a la compañía aumentar su demanda. Por lo tanto, se deberá estudiar la demanda insatisfecha como una oportunidad de crecimiento y expansión del mercado hacia nuevos clientes. El estudio de la demanda no solamente ayudará en el proyecto a desarrollarse, sino que también le dará una guía al Departamento de Ventas sobre cuáles son los clientes a los que debe dar seguimiento u ofrecimiento de este nuevo producto.

Organigrama

El organigrama es parte fundamental en una organización, ya que permite obtener una idea uniforme sobre cómo se encuentra esta. Esto hace que a nivel interno se muestre como un papel informativo para conocer las personas involucradas y conocerse en el ámbito global con características generales (Zúñiga, 2015).

El gráfico que representa la estructura formal de una agrupación recibe el nombre de organigrama. En este se visualizan las líneas de autoridad, de responsabilidad, de los diferentes cargos, las unidades departamentales, las relaciones de comunicación, tanto horizontales como verticales, además, si es una estructura o una estructura alta (Zúñiga, 2015).

Tipos de organigrama

Según la tesis de Zúñiga (2015) los organigramas se clasifican de la siguiente manera:

Por su naturaleza

- Micro administrativo: Corresponden a una sola organización, y pueden referirse a ella en forma global o mencionar alguna de las áreas que la conforman.
- Macro administrativos: Involucran a más de una organización.
- Meso administrativos: Consideran una o más organizaciones de un mismo sector de actividad o ramo específico (s. p.).

Por su ámbito

- Generales: Contienen información de una organización hasta determinado nivel jerárquico, según su magnitud y características.
- Específicos: Muestran en una forma parcial la estructura de un área de la organización (s. p.).

Por su contenido

- Integrales: Son representaciones gráficas de todas las unidades administrativas de una organización y sus relaciones de jerarquía o dependencia.
- Funcionales: Incluyen las principales funciones que tienen asignadas, además de las unidades y sus interrelaciones. Este tipo de organigrama es de gran utilidad para capacitar al personal y representar a la organización en una forma general.
- De puestos, plazas y unidades: Indican las necesidades en cuanto a puestos y el número de plazas existentes o necesarias para cada unidad asignada (s. p.).

Por su presentación

- Verticales: Estos tipos de organigramas hacen representación de una administración vertical, es decir empezamos en la parte superior del organigrama con la cabeza de la empresa, llegando así a los puestos menos jerárquicos de la organización.
- Horizontales: Representan una organización de manera singular, son poco usados, acá se representa la cabeza de la organización y a un extremo izquierdo, al (a los) inmediatos jerárquicos se les coloca del mismo modo, todos como columnas que representa un mismo nivel jerárquico.
- Mixtos: Surgen por una combinación de los verticales y los horizontales, con muy utilizados cuando una organización cuenta con una gran número de áreas con un mismo nivel jerárquico (s. p.).

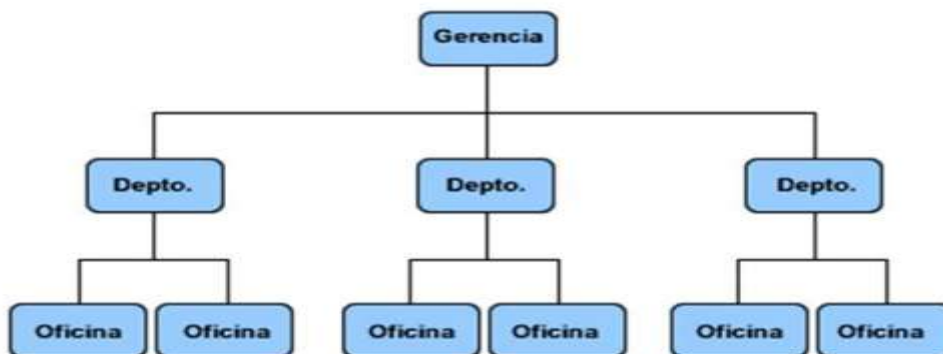
De acuerdo con Zúñiga (2015), se conocen 5 pasos básicos a seguir la para elaboración de los organigramas:

1. Autorización y apoyo de los niveles superiores.
2. Captación de la información.
3. Clasificación y registro de la información.
4. Análisis de la información.
5. Diseño del organigrama (s. p.).

Organigrama del sistema

Para el presente proyecto se tomará en cuenta el tipo de organigrama por su ámbito, propiamente el específico, esto porque se considera en una forma parcial la estructura de un área de la organización. Se tomará en cuenta el Área de Producción, en específico, las resistencias de cartucho de alta densidad (Zúñiga, 2015). En la Figura 2 se presenta un ejemplo del organigrama específico

Figura 2. Organigrama Específico



Fuente: Enrique Franklin. Organización de Empresas.

La incorporación del organigrama para el presente estudio es fundamental, debido a que en la compañía actualmente no se tienen definidas las jerarquías. Esto provoca en algunos momentos que no hay a quién pedir resultados claros sobre situaciones diarias, por esto, crear un organigrama específico para el proceso productivo dará a cada operario o colaborador involucrado un posicionamiento que debe respetar y cumplir de acuerdo con los manuales de puesto asignados. El mantener un organigrama ordenado y estructurado ayudará para trazar y estandarizar con respecto a las responsabilidades que tendrá desde el gerente hasta el operario de las máquinas.

Análisis FODA

Según García López y Cano Flores (2013) el análisis FODA es una técnica que se orienta principalmente al análisis y resolución de problemas y se lleva a cabo para identificar y analizar las Fortalezas y Debilidades de la organización, así como las Oportunidades (aprovechadas y no aprovechadas) y Amenazas reveladas por la información obtenida del contexto externo.

En el análisis las Fortalezas y las Debilidades se refieren principalmente a la organización y sus productos, mientras que las Oportunidades y Amenazas son factores externos a la compañía, los cuales no pueden tener control sobre estos en el problema que estén causando. Por lo tanto, el orden en el cual se debe llevar a cabo un análisis FODA es:

1. Fortalezas
2. Oportunidades
3. Amenazas

4. Debilidades

Al detectar las amenazas y las debilidades la compañía tendrá que poner atención en las primeras para, de esa manera, contrarrestar mediante estrategias convenientes y así disminuir su impacto. Posterior a esto, como se tiene conciencia de las amenazas la organización aprovechará, de una forma más integral, tanto las fortalezas como las debilidades que esta tiene (García López y Cano Flores, 2013). En la siguiente figura 3 se presenta cómo se debe plantear el cuadro de análisis FODA:

Figura 3. Estructura de Análisis FODA

COMPONENTES DE UN ANÁLISIS FODA		
	Positivos	Negativos
Internos	Fortalezas	Debilidades
Externos	Oportunidades	Amenazas

Fuente: García López y Cano Flores 2013.

Para el desarrollo del presente trabajo se toma en cuenta el análisis FODA debido a que al incursionar con un nuevo producto se debe considerar el estado de la compañía, tanto a lo interno como externo. Por esto, con el análisis FODA se estudiará la competencia y el mercado industrial para establecer las oportunidades de crecimiento en ventas de este producto como las amenazas del mercado y así atacar con estrategias de mercado o fortalecimiento a nivel administrativo. En la parte interna se consideran las debilidades que tiene la empresa para corregir y no transmitir al nuevo proceso y aprovechar las fortalezas.

Diagrama Ishikawa

Según Pulido y de la Vara (2013):

El diagrama de causa-efecto o de Ishikawa es un método gráfico que relaciona un problema o efecto con los factores o causas que posiblemente lo generan. La importancia de este diagrama radica en que obliga a buscar las diferentes causas que afectan el problema bajo análisis y, de esta forma, se evita el error de buscar de manera directa las soluciones sin cuestionar cuáles son las verdaderas causas (s. p.).

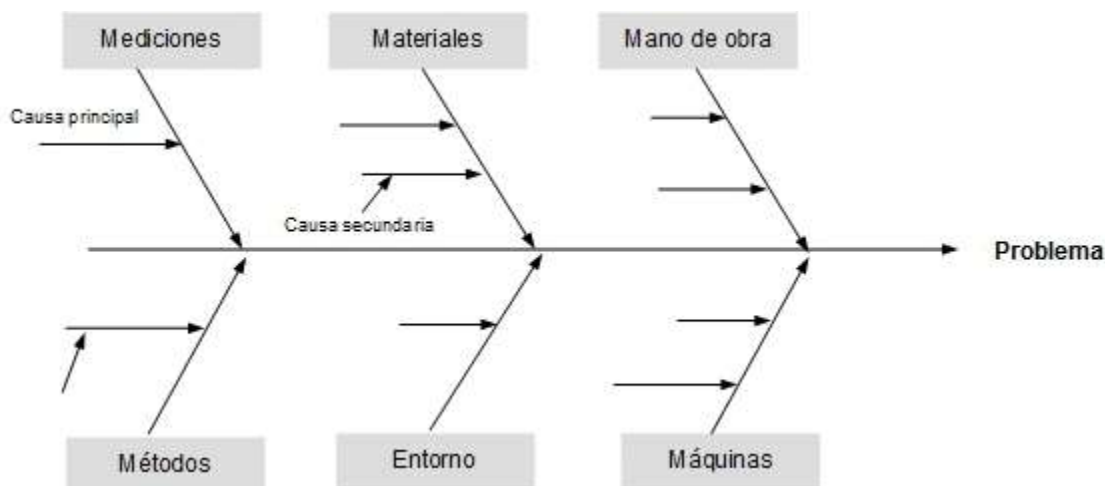
Por medio del diagrama Ishikawa se deben considerar factores que pueden generar la causa o el

efecto del problema, estos aspectos se conocen como las 6 M.

- Mano de obra (Factor humano): se determinan factores como el conocimiento de la persona, el grado de motivación en la empresa, las capacitaciones o entrenamiento recibido para realizar la labor asignada, la capacidad y desempeño para lograr las metas propuestas en el puesto a desempeñar.
- Maquinaria: en este punto se consideran las condiciones en las que se encuentre la máquina, como lo es la capacidad para poder cumplir la producción necesaria para satisfacer la demanda, el mantenimiento dado y los ajustes para el cumplimiento del plan de producción.
- Métodos: controla o considera la estandarización del trabajo, en donde cada operación debe de contar con un método para realizarla.
- Materiales: considera si ha habido algún tipo de variabilidad en las materias primas, algún cambio de las mismas en el proceso que puedan estar afectando la calidad del producto, también si se ha realizado un cambio de proveedor y los tipos de materias primas utilizadas.
- Medio ambiente: el medio ambiente es de suma importancia considerarlo ya que puede realizar cambios en el entorno habitual de algún proceso como lo son cambios en el clima, contaminación en el área de trabajo, temperatura y humedad.
- Mediciones: acá se considera la disponibilidad de obtener la cantidad de muestras necesarias para estudiar el problema y con ello tomar en cuenta que haya repetitividad y reproducibilidad (Gutiérrez Pulido y de la Vara Salazar, 2013, pp. 147-150).

En la siguiente figura 4 se muestra el ejemplo sobre cómo elaborar el diagrama de Ishikawa a partir de los pasos anteriores de las 6 M y la forma en la prioridad de las causas como (principal y secundaria):

Figura 4. Diagrama Ishikawa



Fuente: ISG Integradora, 2018.

Es importante destacar que el uso de esta herramienta de calidad en el presente trabajo de investigación, ayudará a identificar las principales causas y subcausas que afectan al problema

central y así, de esa manera, determinar cuáles son asignables y controlables en el proceso de producción y de la misma manera se determinarán las que no son asignables y no controlables y así determinar los factores o elementos que las provocan para analizar, atacar y corregir.

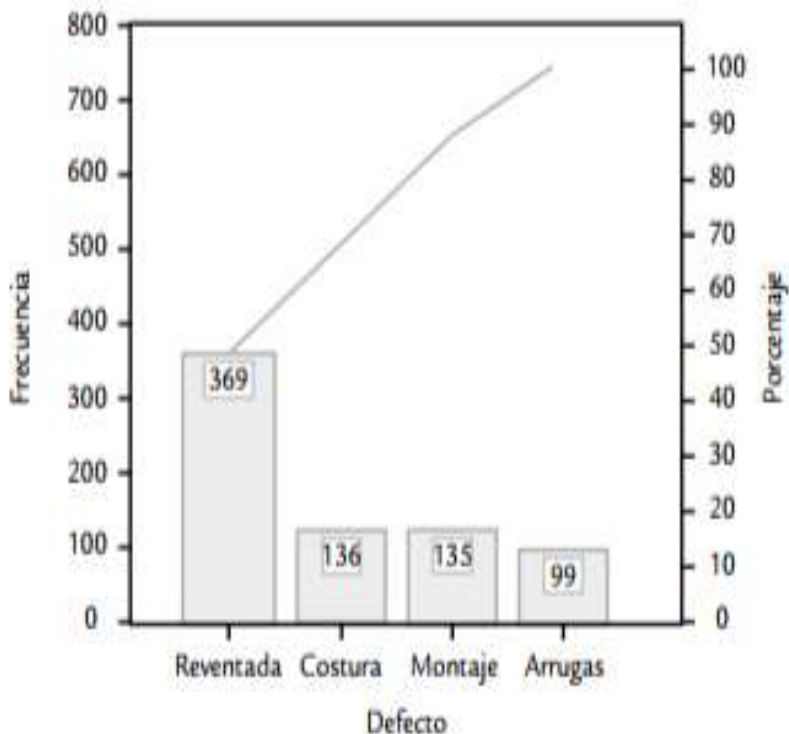
Diagrama de Pareto

Diagrama de Pareto o también conocido como Diagrama 80/20 es una herramienta fundamental, ya que se requiere para la identificación de las prioridades y causas, el cual coloca o sitúa los problemas en un gráfico por el orden de importancias que tiene el proceso (Carro Paz y González Gómez, s. f.). Según Gutiérrez y de la Vara (2013) los pasos para la construcción correcta de este diagrama Pareto son los siguientes:

- Es necesario decidir y delimitar el problema o área de mejora que se va a atender, tener claro qué objetivo se persigue. A partir de lo anterior, se procede a visualizar qué tipo de diagrama de Pareto puede ser útil para localizar prioridades o entender mejor el problema.
- Con base en lo anterior se discute y decide el tipo de datos que se van a necesitar, así como los posibles factores que sería importante estratificar. Entonces, se construye una hoja de verificación bien diseñada para la colección de datos que identifique tales factores.
- Si la información se va a tomar de reportes anteriores o si se va a coleccionar, es preciso definir el periodo del que se tomarán los datos y determinar a la persona responsable de ello.
- Al terminar de obtener los datos se construye una tabla donde se cuantifique la frecuencia de cada defecto, su porcentaje y demás información.
- Se decide si el criterio con el que se van a jerarquizar las diferentes categorías será directamente la frecuencia, o si será necesario multiplicarla por su costo o intensidad correspondiente. De ser así, es preciso multiplicarla. Después de esto, se procede a realizar la gráfica.
- Documentación de referencias del DP, como son títulos, periodo, área de trabajo, etc.
- Se realiza la interpretación del DP y, si existe una categoría que predomina, se hace un análisis de Pareto de segundo nivel para localizar los factores que más influyen en el mismo (p. 139).

En la siguiente figura 5 se presenta con un ejemplo la gráfica del diagrama de Pareto:

Figura 5. Diagrama Pareto



Fuente: Humberto Gutiérrez y Román de la Vara, 2019.

El objetivo de implantar el diagrama Pareto en el proyecto de investigación es para identificar cuáles son las principales causas que pueden afectar en el diseño del sistema de producción de resistencias de cartucho de alta densidad. Además, el uso de esta herramienta marca el inicio para entrelazar las causas encontradas en el diagrama de Pareto con el diagrama Ishikawa y así empezar con una línea de investigación que oriente a la búsqueda de las soluciones de las consecuencias efectuadas por las causas.

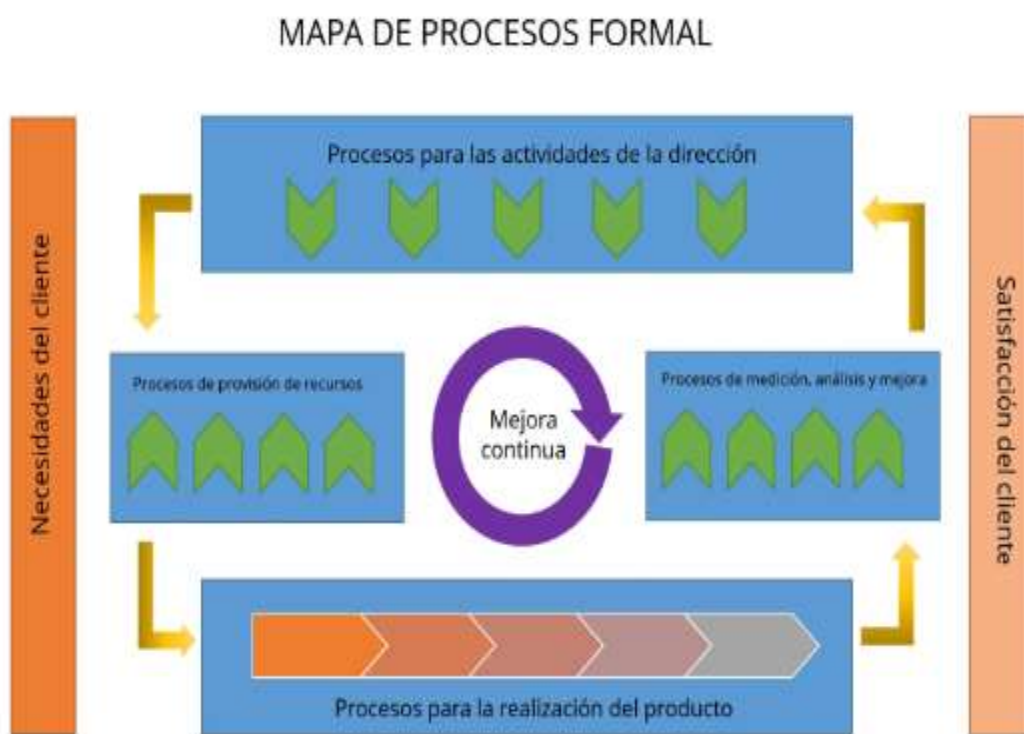
Mapeo de proceso

En el ámbito organizacional se lleva a cabo un análisis de los requerimientos para definir los procesos de la operación. Este se desarrolla por medio de simulaciones en las que se crean prototipos y, de esa manera, se hace una selección y se descartan los de menor conveniencia para el sistema (Collier y Evans, 2016). Los siguientes son los pasos para crear un mapeo de procesos para un sistema:

- Recoger datos.

- Identificar los objetivos por cada proceso.
- Definir las entradas y las salidas que se obtendrán en cada proceso.
- Establecer los componentes que integran cada componente.
- Indicar los límites.
- Documentar cada proceso y clasificarlos por áreas.

Figura 6. Ejemplo de Mapeo de Procesos



Fuente: aprendiendocalidadadr.com.

En el momento de elaborar un mapeo se necesita la participación de los expertos y el personal que trabaja en los procesos, como los operarios, supervisores y cualquier persona con conocimiento en los siguientes factores: las actividades, insumos, productos, proveedores y cliente. Se debe describir el proceso, identificar los resultados de este y las necesidades y preocupaciones del cliente, proceso y subprocesos que se desean diagramar (Carro Paz y González Gómez, s. f.).

El mapeo de los procesos es fundamental en el momento de diseñar el presente proyecto, ya que conforme a los datos obtenidos por los requerimientos u objetivos del sistema se analizarán y se

emplearán en una manera para que el proceso tenga una secuencia y pueda orientar al operario y los involucrados desde una línea logística en la que inicia con los proveedores hasta la obtención del producto, además que se considere el control de calidad y su aprobación para poder venderlo.

Mejora continua

La mejora continua de los procesos es el análisis del proceso, de la forma que se encuentra actualmente, con el fin de determinar las actividades que se pueden mejorar. El objetivo es encontrar ineficiencias, retrasos, obstáculos y desperdicios (entre otros problemas), para luego eliminarlos a través de un nuevo proceso mejorado, más eficiente y que ofrezca más valor a los clientes (Procesos, 2015, s. p.).

Ciclo DMAIC

Según Chase, Jacobs y Aquilano (2009) el ciclo DMAIC es una versión más detallada del ciclo PDCA de Deming, el cual consta de cuatro pasos (Planear, Desarrollar, Comprobar y Actuar) mientras que el DMAIC se compone de pasos cinco pasos: (D) Definir- (M) Medir- (A) Analizar- (I) Incrementar y (C) Control. Estos son bases para el mejoramiento continuo, también conocido como *kaizen* y busca mejorar constantemente maquinaria, materiales, utilización de mano de obra y métodos de producción, a través de la aplicación de sugerencias e ideas de los equipos de la compañía.

El planteamiento común de los proyectos de Six-Sigma es la metodología DMAIC desarrollada por General Electric, como se describe a continuación.

- Definir (D):
 - Identificar a los clientes y sus prioridades.
 - Identificar un proyecto adecuado para los esfuerzos de SixSigma con base en los objetivos de la empresa, así como en las necesidades y retroalimentación de los clientes.
 - Identificar las características cruciales para la calidad (CTQ: critical to quality) que el cliente considera que influyen más en esta.
- Medir (M).
 - Determinar cómo medir el proceso y cómo se ejecuta.

- Identificar los procesos internos clave que influyen en las características cruciales para la calidad y medir los defectos que se generan actualmente en relación con esos procesos.
- Analizar (A)
 - Determinar las causas más probables de los defectos.
 - Entender por qué se generan los defectos al identificar las variables clave que tienen más probabilidades de producir variaciones en los procesos.
- Incrementar (I)
 - Identificar los medios para eliminar las causas de los defectos.
 - Confirmar las variables clave y cuantificar sus efectos en las características cruciales para la calidad.
 - Identificar los márgenes máximos de aceptación de las variables clave y un sistema para medir las desviaciones de estas.
 - Modificar los procesos para estar entre los límites apropiados.
- Control (C)
 - Determinar cómo mantener las mejoras.
 - Fijar herramientas para que las variables clave se mantengan entre los límites máximos de aceptación en el proceso modificado.

Con el uso de la metodología DMAIC en el proyecto de investigación se busca la cultura de la mejora continua, con el fin de determinar debilidades en el diseño del proceso de producción y, de esta forma, priorizar cuáles serán las áreas de mejora con mayores beneficios que aportará al sistema. Con esto se pretende ahorrar tiempo para enfocarse en implementar cambios y mejorar en las áreas más críticas o con mayores problemas causales al sistema. Con la herramienta se pretenden crear controles que puedan alcanzar el cumplimiento de los objetivos propuestos y las proyecciones una vez finalizado el proyecto de investigación.

Diseño del proceso

Para el proyecto de diseño de proceso para la fabricación de resistencias de cartucho de alta densidad, se debe considerar que la selección del proceso es una decisión estratégica que involucra seleccionar qué tipos de procesos de producción se deben tomar en cuenta. Una decisión esencial en el diseño de un sistema de producción es el proceso que se utilizará para hacer productos o brindar servicios.

Esto involucra decisiones en campos como recursos humanos, equipos, materiales y tecnologías. Debido a que estas decisiones son estratégicas, afectan la competitividad de la empresa a un largo plazo y dependen de las prioridades competitivas. Por ejemplo, si la organización decidió competir en tiempos de entrega, se debería establecer un proceso que permita responder rápidamente (Carro Paz y González Gómez, s. f.). Según Carro Paz y González Gómez (s. f.) las decisiones que se deben tomar en cuenta en el momento de desarrollar o diseñar un proceso son las siguientes:

- Cuando hay modificaciones importantes en el producto.
- Cuando tenemos problemas de calidad.
- Cuando hay cambio de las prioridades competitivas.
- Cuando ha cambiado la demanda del producto.
- Cuando la performance corriente no es adecuada.
- Cuando la competencia está por delante debido al uso de nuevos procesos o tecnologías.
- Cuando hay cambios importantes en los insumos o su disponibilidad ha variado de manera importante (s. p.).

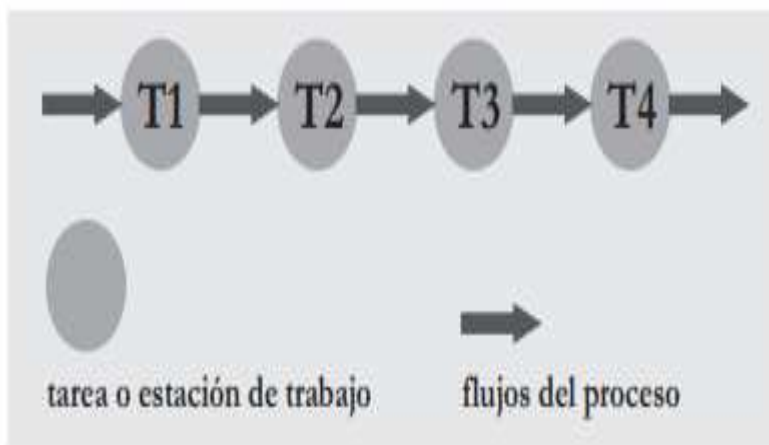
Para efecto del proyecto de diseño en la fabricación de resistencias de cartucho de alta densidad, de manera general, se toman en cuenta dos tipos de procesos:

- Proceso de fabricación: en estos casos hay cambios en una forma de las materias primas. Por ejemplo en la transformación de una lata metálica convirtiéndola en un envase.
- Procesos de ensamble: se produce un ensamble o combinación de partes para conformar un producto. Por ejemplo, en la industria automotriz, hay partes que se ensamblan para conformar un automóvil (Carro Paz y González Gómez, s. f., s. p.).

El desarrollo del proyecto se considerará el proceso en línea, aunque este tipo por lo general se utiliza en producciones de altos volúmenes. El proceso de resistencias de cartucho de alta densidad no es en alto volumen, pero sí es un producto que desde que sale de la primera estación debe ir completado para avanzar a la siguiente. Por esto, se toma como proceso en línea (Carro Paz y

González Gómez, s. f.). La figura 7 muestra un proceso lineal de producción:

Figura 7. Proceso Lineal de Producción



Fuente: Carro y González.

En el presente proyecto la herramienta del diseño de procesos es de suma importancia, ya que como es un sistema de producción se tendrá en cuenta la forma en que se trazará el flujo de este proceso. Al estudiar la manera en que se fabrican las resistencias de cartucho de alta densidad se debe considerar un diseño del proceso de producción en línea, esto debido a que no puede continuar un elemento en el ciclo de producción sin haber concluido el otro. De este modo, el diseño lineal dará forma a un producto terminado al considerar volúmenes de producción y productos especiales.

Resistencias de cartucho de alta densidad

Las resistencias denominadas cartuchos de alta carga son resistencias calefactoras blindadas con forma cilíndrica y generalmente con la conexión por un extremo. Permiten ser fabricados con una alta densidad de carga (W/Cm^2) (refiriéndose que en poco espacio, pueden concentrar potencias elevadas). La aplicación principal es el calentamiento de moldes o bloques metálicos y usos con vibraciones y altas temperaturas de utilización. Otras aplicaciones son: en maquinaria de envase y embalaje, en moldes y boquillas de inyección de plástico o zamak, en útiles como marcadores, en prensas calientes para el caucho y en diversos procesos industriales en los que haya que aportar calor (Alona, 2012, s. p.).

Según Resistencias Alona (2012) se deben considerar los siguientes aspectos en la fabricación de resistencias de cartucho de alta densidad:

Datos básicos o necesarios para la fabricación:

- Ø-diámetro, longitud, voltaje (V.), potencia (W.), y tipo de conexión (cables, bornes)

roscadas, regleta cerámica)

Datos técnicos constructivos:

- Blindaje con tubo Inox.304 con la base soldada por soldadura TIG. Circuito resistencia con hilo de Nicromio 80/20. Núcleo y aislamiento con óxido de magnesio compactado. Cables con alma de níquel y aislado con fibra de vidrio con impregnación de silicona. La conexión estándar es de cables con longitud 250mm. Otras longitudes y otros tipos de conexión, bajo pedido. Resistencia con el blindaje rectificado.

Diámetros normalizados:

- Medida en métrica: 6,50Ømm.-8Ømm.-10Ømm.-12,50Ømm.-16Ømm.-20Ømm.
- Medida en pulgadas: 1/4"Ø (= 6,30Ømm.) - 5/16" (= 7,90Ømm.) - 3/8"Ø (= 9,46Ømm.) - 1/2" (= 12,61Ømm.) - 5/8" (= 15,81Ømm.)- 3/4" (= 19,05Ømm.)

Tolerancia en Diámetro:

- Medida en métrica: Ø + 0 / -0,02 a -0,06mm.
- Medida en pulgadas: Ø + 0,02 a -0,02mm.

Tolerancia en Longitud:

- Longitudes hasta 130mm.= longitud + 2 a -2mm.
- Longitudes mayores de 130mm.= longitud + 1,5% a -1,5%.
- El termopar normalizado es de tipo J y con longitud de 1m.
- Fabricaciones especiales en otros diámetros, longitudes, voltajes, potencias y tipos de conexión, bajo pedido.

Métodos de Depreciación

Depreciación por línea recta

“Resulta de un cargo constante sobre la vida útil del activo. Ha devengado en el más usado por su facilidad de aplicación” (Ramírez Sobuco, 2010, p. 96). La fórmula es la siguiente:

$$\text{Depreciación anual} = \frac{\text{Costo de adquisición del activo} - \text{Valor residual del activo}}{\text{Vida útil del activo (estimada en años)}}$$

Depreciación de actividad o de unidades producidas

Este método resulta de un cargo con base en el uso o rendimiento esperado del activo (Ramírez Sobuco, 2010). Su fórmula es la siguiente:

$$\text{Tasa de depreciación} = \frac{\text{Costo de adquisición del activo} - \text{Valor residual del activo}}{\text{Número total de horas o unidades}}$$

Depreciación de suma de dígitos anuales

Según Ramírez Sobuco (2010) “es un método de depreciación acelerada que permiten registrar

una depreciación más alta en los primeros años de la vida útil del activo y una más baja en los años finales” (p. 96). La fórmula empleada es la siguiente:

$$S = N \frac{(N+1)}{2}$$

Depreciación de la doble cuota sobre el valor decreciente

“Bajo este método el gasto por depreciación del primer año es igual al doble del gasto calculado según el método de línea recta, y en años posteriores se aplicará este mismo porcentaje al valor restante en libros” (Ramírez Sobuco, 2010, p. 96).

Estandarización

Al crear diseños y procedimientos para un nuevo proceso es de suma importancia estandarizarlo. En el caso del proceso para la fabricación de resistencias de cartucho de alta densidad se debe crear una estructura clara y concisa, de manera que se mantenga un mismo patrón el cual permita la menor cantidad de errores. Según el Diccionario de la lengua española (2018) se referencian varias definiciones como las siguientes:

Estandarización: Acción y efecto de estandarizar.

Estandarizar: Tipificar (ajustar a un tipo o norma).

Estándar: Que sirve como tipo, modelo, norma, patrón o referencia.

Según las definiciones anteriores, se aclara lo que se busca en el proyecto es crear una estructura estandarizada que permita al proceso de fabricación de resistencias de cartucho de alta densidad traer beneficios para la empresa, disminuir reprocesos, gastos inadecuados, pérdida de materia prima y disminución de tiempo en proceso. Esto con el fin de satisfacer al cliente.

Herramienta 5S

Las 5S es una herramienta fundamental para mantener el estándar de los procesos en cualquier organización al seguir el paso a paso y repetirlo cada vez. De esta forma, se genera cultura en el proceso y se mantiene su estandarización.

La implantación de 5S en Pymes se considera necesaria e imprescindible para la supervivencia

de la empresa durante el paso del tiempo. Mediante ella se eliminan mudas/despilfarros que no aportan valor al producto final, es decir, aquello por lo que el cliente está dispuesto a pagar (Manzano Ramírez y Gilbert Soler, 2016, p. 18).

Según Manzano Ramírez y Gilbert Soler (2016) los pasos para desarrollar la herramienta 5S son los siguientes:

SEIRI: Es la primera S que se debe aplicar y consiste como su traducción bien indica en eliminar aquellos objetos que sean innecesarios y no aporten valor alguno al producto final.

SEITON: La palabra seiton hace referencia al orden. En este apartado se propone ordenar aquellos elementos necesarios para la realización de las tareas.

SEISO: La tercera S indica que tras haber eliminado lo innecesario y clasificado aquello realmente necesario para las operaciones a realizar, es necesario realizar una limpieza en el área de implantación de 5S.

SEIKETSU: Es la S mediante la cual se establecen las rutinas necesarias para una correcta implantación de la herramienta en la empresa. Se definen los estándares necesarios para llevar a cabo las tres primeras S, de este modo se asegura que las órdenes anteriores se realizan del mejor modo posible.

SHITSUKE: La última de las S que corresponde a la de disciplina es mediante la cual se procura normalizar la aplicación del trabajo y convertir en hábito todos aquellos estándares establecidos en el punto anterior (pp. 22-25).

La herramienta 5S es importante para la aplicación del presente proyecto, debido a que si se quiere manejar y controlar el proceso este se debe estandarizar. Crear una cultura en el espacio de trabajo que mantenga el puesto limpio y ordenado será fundamental en la implementación del sistema de producción de resistencias de cartucho. Por lo tanto, se necesita cierta cantidad de herramientas las cuales siempre deben estar a mano para que el flujo no se interrumpa. La limpieza de los equipos y su mantención harán que su vida útil sea mayor o al menos que funcione de la manera correcta durante ese tiempo. Por esto, aplicar esta herramienta ayudará con la estandarización necesaria y requerida por el sistema.

Herramienta Poka Yoke

Poka Yoke es un término japonés: Poka (error inadvertido), Yoke (prevenir). Este enfoque lo que propone es atacar los problemas desde su causa y actuar antes de que ocurra el defecto, eso al entender su mecánica. Asimismo, reconoce que el ser humano comete errores, que olvida y, seguidamente, olvida que olvida, por lo que muchas veces no es suficiente la capacitación ni la experiencia. “Es por ello que el crear el dispositivo poka yoke (sistemas a pruebas de error) donde

disminuya la posibilidad de falla en donde el sistema prevenga y advierta lo más antes posibles de que el error tenga consecuencias” (Gutiérrez Pulido y de la Vara Salazar, 2013, p. 164).

Según Gutiérrez Pulido y de la Vara Salazar (2013) existen dos tipos de dispositivos Poka Yoke:

- Dispositivo preventivo: este tipo de dispositivo es el que no permite el error; por ejemplo: el horno micro-ondas no funciona si la puerta se encuentra abierta.
- Dispositivo detector: el detector es el que manda una señal cuando hay una posibilidad de error; por ejemplo: cuando se abre la puerta del automóvil y la llave de encendido aún está puesta, el sistema manda una señal-pitidos para que el conductor no olvide la llave dentro del auto (s. p.).

Además, recomiendan de manera adicional, que el sistema tenga las siguientes características:

- Simples y baratos. Si son muy complicados y costosos, su uso difícilmente será efectivo tanto para resolver el problema como desde el punto de vista del costo.
- Deben ser parte del proceso cuando son enfocados a la inspección al 100% en la fuente del error.
- Están cerca de donde el error ocurre, también proporcionan una retroalimentación prácticamente inmediata a los operarios de forma que los errores puedan ser evitados o por lo menos corregidos (p. 165).

En el marco teórico se contemplan las herramientas idóneas para llevar a cabo en el desarrollo y obtener el resultado propuesto o proyectado por los objetivos. El conocer sobre la teoría y definiciones sobre cómo se han integrado y desarrollado en otros proyectos es fundamental para que, de esa manera, se desarrolle en el proyecto de diseño para la fabricación de resistencias de cartucho de alta densidad.

Poka Yoke también será una herramienta fundamental en la aplicación del proyecto actual, pues también se considera en la estandarización para el control y corrección de las causas. Entre los indicadores creados para el proceso de producción se deben manejar los preventivos bajo una detección, por esto, en esta herramienta bajo el análisis de los posibles problemas que se pueden presentar en el sistema de producción este tendrá una alta estandarización con la implementación de máquinas.

No obstante, antes de esto hay procedimientos efectuados estrictamente por personas y como la herramienta lo recalca puede haber errores por falta de experiencia o por una mala práctica o aplicación de alguna fórmula, como en el caso del sistema de producción de resistencias de

cartucho de alta densidad. Por este motivo, se considerará cada uno de esos aspectos con el Poka Yoke para evitar errores que afecten el proceso.

CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO

Este capítulo contempla el marco metodológico, que contiene la explicación de los métodos utilizados para el análisis de la problemática de investigación, con el propósito de alcanzar los objetivos propuestos. El fin de cada uno de estos objetivos es presentar una mejora a la compañía al proponer alternativas con base en la necesidad que esta presente.

Enfoque

La metodología del enfoque es la investigación en el proyecto mediante procesos sistemáticos, críticos y empíricos que se aplican al estudio del problema y ayuda a captar su necesidad. Se presenta la definición de los tres tipos de enfoque y, posteriormente, se determina cuál se utilizará en el trabajo.

Enfoque cualitativo

Según Hernández (2014) el enfoque cualitativo es guiado por áreas o temas significativos de la investigación. Con este estudio se pueden desarrollar las preguntas antes, durante y después de recolectar los datos y análisis, esto le permite al investigador elaborar las preguntas más importantes las cuales después pueden corregirse para perfeccionarlas y responderlas. Esto genera una indagación dinámica entre los hechos y su interpretación, lo que posibilita que la secuencia no siempre sea la misma, ya que varía con cada estudio.

Enfoque cuantitativo

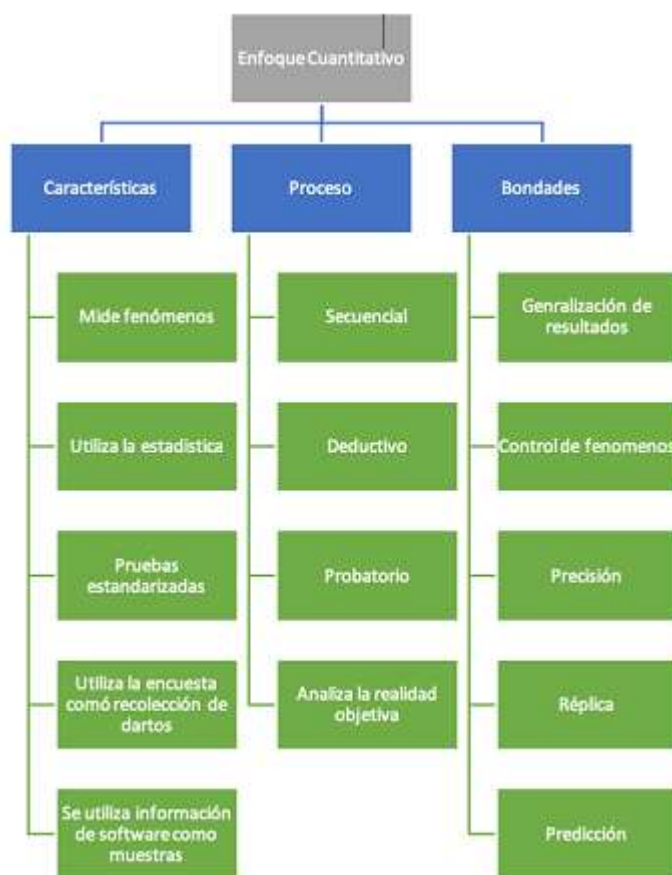
De acuerdo con Hernández (2014) el enfoque cuantitativo es una guía secuencial y probatoria, por lo que no se puede eludir ninguno de sus pasos, ya que cada una de sus fases es precedida de la siguiente. Para el desarrollo de este estudio se utiliza la recolección y análisis de datos, de esa manera, se pueden reafirmar las preguntas o generar nuevas interrogantes en un proceso de interpretación. De estas preguntas se establecen hipótesis y se determinan variables. Después se desarrolla un plan para probarlas (diseño) y se lleva a cabo una medición en un determinado contexto. Posteriormente, estas mediciones se analizan mediante métodos estadísticos y se generan las conclusiones, según la relación con la hipótesis.

Enfoque mixto

Para Hernández (2014), el enfoque mixto es el encargado de combinar los dos enfoques anteriores con datos numéricos, verbales, textuales, visuales, simbólicos y otros para entender problemas en las ciencias.

El desarrollo de este proyecto de investigación recae en el enfoque cuantitativo, ya que se llevará a cabo la medición y análisis de un sistema de producción similar a la fabricación de resistencias de cartucho de alta densidad, en el que se evaluarán los procesos y procedimientos. El proceso que desea implantar Electro MAZ tendrá el apoyo de una compañía extranjera para saber cuál sistema se adecua más a la necesidad y operación de la compañía. Se presentan en la Figura 8 características del enfoque cuantitativo.

Figura 8. Diagrama del Enfoque Cuantitativo



Fuente: elaboración propia.

Alcance

Esta etapa es importante, ya que muestra las intenciones del porqué se desarrolla el proyecto, cuáles son las necesidades que presenta la compañía y también el uso de los conceptos y herramientas y todos los fenómenos de análisis que se emplearán. En el estudio del proyecto se determinarán variables involucradas en el diseño de los procesos y procedimientos. A continuación, se describen los distintos tipos de alcances:

Investigación exploratoria

Se emplea cuando el objetivo consiste en examinar un tema poco estudiado o novedoso (Hernández Sampieri, Fernández Collado y Baptista Lucio, 2014).

Investigación descriptiva

Este tipo de investigación se encarga de describir tendencias de un grupo o población, el cual busca especificar propiedades y características importantes de cualquier fenómeno que se analice (Hernández Sampieri, Fernández Collao y Baptista Lucio, 2014).

Investigación correlacional

Asocia variables mediante un patrón predecible para un grupo o población (Hernández Sampieri, Fernández Collao y Baptista Lucio, 2014).

Investigación explicativa

Pretenden establecer las causas de los sucesos o fenómenos que se estudian (Hernández Sampieri, Fernández Collao y Baptista Lucio, 2014). Para el desarrollo del proyecto se utilizará el estudio explicativo, el cual ayudará para desarrollar el diseño de los procesos y procedimientos requeridos por el sistema de producción para resistencias de cartucho de alta densidad, en el que se estudiará el comportamiento de fenómenos, situaciones y eventos, cómo son y cómo se manifiestan.

Para conocer cómo elegir o descartar un determinado proceso o procedimiento es fundamental llevar a cabo estudios explicativos, ya que estos permiten indagar las causas, se generan requerimientos con los perfiles para cada colaborador y se da a conocer el uso del sistema en

conjunto (maquinaria, equipos, materiales, suministros). Todo esto será esencial para determinar si realmente el sistema puede cumplir la demanda que maneja la compañía en la actualidad.

Diseño / método

El diseño se encarga de identificar los tipos de investigación aplicables al proyecto y cuál es el indicado que se ajusta al estudio en desarrollo. Este es una técnica estadística utilizada para identificar y cuantificar las causas de un efecto, en el que se manipulan una o más variables asociadas con las causas. Esto provoca que se pueda medir el efecto que tiene en otra variable de interés, y que determina una serie de pautas sobre cuál variable es la que se debe manipular, la forma en la que se debe hacer, cuántas veces se debe repetir este experimento y el orden para establecer con un grado de confianza la relación entre causa-efecto (González de Vallejo, 2002).

El diseño de investigación se clasifica en dos grupos, el primero son diseños experimentales y no experimentales que se controlarán mediante el grado de control que tendrá el investigador sobre las variables y factores. El segundo grupo, denominado como transversal o longitudinal, se relaciona de acuerdo con el número de veces que se miden las variables en un estudio. Según González de Vallejo (2002) se define como:

- **Diseño no experimental u observacional:** diseño en el cual el investigador no tiene el control sobre todas las variables y los factores de estudio, en caso de lo contrario donde el investigador tenga el control sobre ellos es un diseño netamente experimental.
- **Diseño longitudinal:** este diseño se da cuando el investigador lleva a cabo un seguimiento de las variables, mediante las mediciones a intervalos de tiempo definidos, sin embargo donde se hace una sola medición de las variables el diseño es transversal (s. p.).

El desarrollo del presente proyecto se basará en un diseño no experimental. Esto se debe a que en la investigación no se tiene control sobre todas las variables y factores a estudiarse, los datos que se utilizarán son en distintos tiempos y manipulados por diferentes colaboradores de la compañía (en el Área de Ventas al referirse a la demanda el producto). Además, los factores que pueden influir en el sistema de producción se tomarán de la satisfacción del cliente y las necesidades de sus sistemas de producción, por lo que estos datos son subjetivos y su análisis debe ser riguroso para saber si puede afectar en el diseño.

Muestra de la investigación

Toda investigación debe ser transparente, así como estar sujeta a la crítica y replica y este ejercicio solamente es posible si el investigador delimita con claridad la población estudiada y hace explícito el proceso de selección de su muestra. Se debe de tener un tamaño suficiente como para así garantizar el análisis del estadístico, debido a que es complicado tomar a cada individuo de la población y obtener lo necesario (Hernández Sampieri, Fernández Collao y Baptista Lucio, 2014, p. 170).

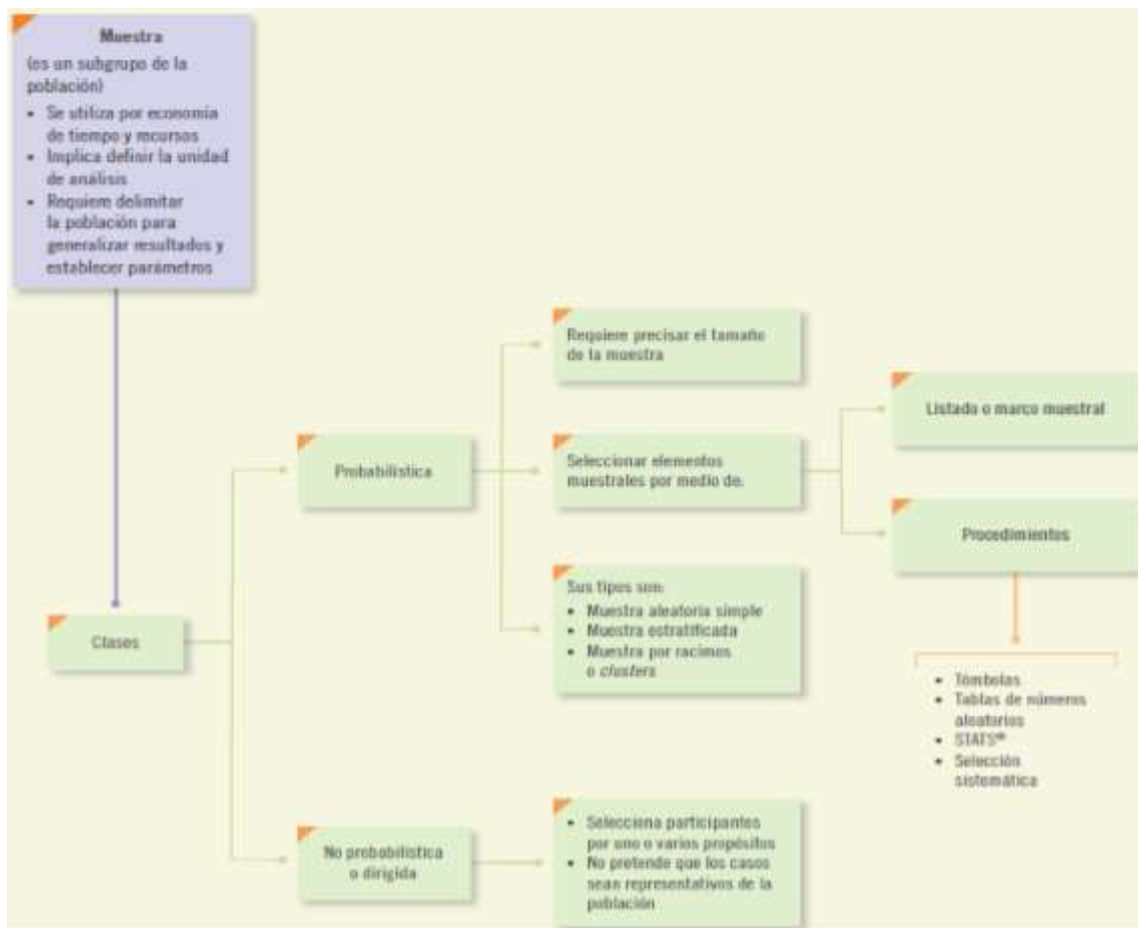
El desarrollo del estudio se basará en muestreo probabilístico aleatorio simple, en el que todos los elementos de la población tienen la misma posibilidad de ser elegidos y en el que se definen características de la población, tamaño de la muestra y unidades de análisis.

En el muestreo probabilístico se medirá la voz del cliente y sus procesos o máquinas en las que utilizará las resistencias, para así conocer sobre los requerimientos que el producto debe contemplar y poder basarlos para el diseño de los procesos y procedimientos. Este tipo de resistencia se emplea en los procesos de empaques de alimentos, extrusión de plástico, procesos productivos de dispositivos médicos y, por esto, en el mismo producto hay mucha variabilidad en características, según las requiera el sistema de producción al que deba de adaptarse en ese momento.

Lo que se requiere o busca la compañía con la investigación es determinar la demanda actual y la demanda insatisfecha, que es la que marcará el aumento en las utilidades. Con base en encuestas se generará una serie de preguntas a posibles clientes o clientes antiguos que, según registros de ventas dejaron de comprar el producto. Esto para establecer características sobre tiempo, calidad, precio del producto y, de esta forma, tener un punto de comparación con las capacidades instaladas de las máquinas para la fabricación de resistencias de cartucho de alta densidad.

Los datos que se utilizarán en el actual proyecto son de periodos anteriores (2018) y actuales (2019). Estos datos o muestras se analizan como demanda con base en las ventas que ha realizado el Departamento de Ventas de la compañía Electro MAZ Limitada.

Figura 9. Esquema Método Probabilístico



Fuente: Hernández, Fernández y Bautista, 2014.

Variables o unidades de análisis

La variable se define como una propiedad que puede fluctuar en la que la variación es susceptible de medirse u observarse. Algunos ejemplos de variables se determinan como el género, el atractivo físico, la motivación intrínseca al trabajo, el aprendizaje de conceptos, la religión, la resistencia de un material, la cultura fiscal y la exposición a una campaña de propaganda política. Este concepto se aplica sobre personas u otros seres vivos, objetos, hechos y fenómenos, los cuales adquieren distintos valores con respecto a la variable referida.

Con el afán de encontrar una solución robusta al problema se estudiarán variables que lo afecten de forma directa, como la satisfacción de los clientes, los tiempos de producción, productividad del sistema, costos, insumos, eficiencia y efectividad con en el planteamiento de los objetivos del proyecto (Hernández Sampieri, Fernández Collao y Baptista Lucio, 2014). En la siguiente tabla 1

se presentan las variables para cada objetivo específico propuesto.

Tabla 1. *Variables*

Objetivo	Variables	Conceptual	Operacional	Instrumental
Definir los requerimientos y necesidades del sistema de producción de resistencias de cartucho de alta densidad	Requerimientos y necesidades	Las necesidades del cliente basada en la resistencia de cartucho de alta densidad (Alona, 2012)	Cantidad de materia prima / Unidades producidas Devoluciones / Unidades vendidas	Entrevistas Hojas de observación
Medir la demanda actual de las resistencias de cartucho del departamento de ventas	Demanda	La demanda se considera como la cantidad de bienes y servicios adquiridos por consumidores a diferentes precios (Gonzalez, Sf)	Ventas insatisfechas/ Ventas satisfechas Ventas reales/ Cotizaciones	Reportes del Software
Realizar análisis de la demanda y la capacidad del sistema que se desea proponer	Demanda y capacidad	La capacidad está basada en poder contener cierta cantidad de algo hasta un límite determinado (Carro Paz & González Gómez, SF)	Unidades vendidas / Unidades producidas Precio de venta/ Costo de producción	Formulación de prueba piloto
Diseñar procesos y procedimientos del sistema que se desea proponer para satisfacer la demanda y aumentar las utilidades	Procesos y procedimientos	Los procesos son tareas o actividades que se realizan con el fin de crear un insumo y los procedimientos son las tareas encargadas de llevar a cabo un proceso (Collier & Evans, 2016)	Unidades defectuosas / Unidades producidas Unidades procesadas / Tiempo de trabajo	Hoja de datos FMEA
Evaluar mediante indicadores los procesos y procedimientos establecidos para la aplicación del sistema de producción	Opciones de diseño	Son las opciones viables para el proceso que se aplicarán al sistema basada en diferentes criterios (Carro Paz & González Gómez, SF)	Productividad: Unidades entregadas a tiempo / Unidades producidas Eficiencia: Unidades producidas al día / Unidades esperadas al día	Hojas de observación Resultados de pruebas piloto

Fuente: elaboración propia.

Instrumentos

Los instrumentos utilizados para el desarrollo y medición de los diferentes indicadores planteados se detallan en la siguiente tabla. Esta pretende dejar al lector una idea clara de la investigación como el funcionamiento y beneficios que lleva a cabo cada uno de los instrumentos aplicados en el sistema. En la tabla 2 se presenta cómo se utilizarán los instrumentos:

Tabla 2. *Instrumentos*

Indicador	Instrumento	Recursos requeridos	Beneficios esperados
Captar necesidades del cliente y del sistema de producción	Encuesta	Recurso humano, Laptop, Software, lapicero, hojas	Se permite conocer las necesidades del cliente con características del producto y el requerimiento de los materiales necesarios
Ventas satisfechas y ventas insatisfechas	Entrevista y Reportes	(Equipo técnico y recurso humano) Laptop, software SBM	Permite conocer la demanda actual de la compañía y las razones de la demanda insatisfecha midiendo la voz del cliente
Unidades de producción / Costos de producción	Tiempos de producción del fabricante / Entrevistas	(Equipo técnico y recurso humano) Laptop, software SBM	Se determinan tiempos sobre la capacidad de las máquinas según el fabricante y entrevistas a compañías en el extranjero que mantienen un sistema de producción similar
Calidad	Hoja de datos FMEA	(Equipo técnico y recurso humano) Laptop, software SBM	Se logra medir la calidad de las unidades producidas y las fallas presentadas, y como realizar mejoras
Eficacia Eficiencia	Hoja de observación Resultados de pruebas piloto Tiempos de producción	(Equipo técnico y recurso humano) Laptop, software SBM	Se toma un control de la efectividad de los procesos diseñados con la consideración de indicadores de eficacia y eficiencia

Fuente: elaboración propia.

Proceso para la recolección de datos

El proceso de recolección de datos demuestra la manera en que se utilizaron las herramientas e instrumentos para obtener la información. Esta se llevará a cabo de la siguiente manera: para trabajar en los requerimientos del sistema se entrevistará a clientes y colaboradores para determinar posibles causas y subcausas. Estas se analizarán mediante un diagrama de Ishikawa y un análisis FODA y se buscarán las falencias y las oportunidades de crecimiento que tendrá la compañía con la implementación del sistema.

Seguidamente, las encuestas a los clientes se tomarán en cuenta para analizar precio, calidad, tiempos de entrega, tipo de resistencias y procesos en los que se utiliza. Esto para manejar en los estándares de satisfacción al cliente y competitividad en el mercado. Además, se analizarán los reportes del *Software* utilizado por la compañía para analizar la demanda del último año y mantener una comparación con la capacidad del equipo, según el fabricante y, de esa manera, medir y controlar mediante indicadores.

El fin es contemplar y buscar fallos o errores en el diseño de los procesos y procedimientos propuestos para el proceso de producción. A continuación, se detalla mediante una breve explicación las herramientas que se utilizarán para recolectar los datos:

Encuesta

Mediante la encuesta se les consulta a clientes externos sobre los requerimientos que tienen sus máquinas. De esta forma, se determinan las características necesarias del producto para poder contemplarlas en el diseño de los procesos y procedimientos necesarios para el sistema de producción. Esto al considerar materiales y satisfacción del cliente.

Entrevista

Con entrevistas a los clientes internos y externos se determina parte de la demanda insatisfecha y algunas razones por las cuales la compañía deja de adquirir una venta final.

Análisis de reportes

Con la ayuda del recurso humano y el archivo de Microsoft Excel se analizan los datos obtenidos del reporte, en el que se determina la demanda actual de la compañía en la venta de resistencias de cartucho.

Prueba piloto

Con la prueba piloto se demuestra con una idea clara sobre qué proceso se adapta correctamente al sistema propuesto. De esta manera, se podrán tomar en cuenta errores o fallos que este puede tener en sus procesos o procedimientos, los cuales pueden corregirse antes de desarrollar el proyecto.

Estudio de tiempo (según fabricante)

De acuerdo con los fabricantes de máquina se determinarán los tiempos de producción que estas establecen para determinar las capacidades instaladas y medir contra las variables.

Hojas de observación

Con una hoja de Microsoft Word se describen las tareas y actividades de los procesos y procedimientos de acuerdo con lo observado. En esta se debe apuntar con detalle cada punto para no perder ningún dato.

Método de análisis

La información recopilada se tabulará en una hoja de Microsoft Excel, para procesar datos y hacer cálculos de fórmulas e indicadores, así como los porcentajes de los resultados de las encuestas para determinar las características que se requieren para el diseño de los procesos y sus procedimientos. Los tipos de programa que se utilizarán son Microsoft Office como Microsoft Excel, Word. Además, se trabajará con el programa de Minitab para graficar datos y herramientas como Ishikawa y Pareto.

Microsoft Excel: es una aplicación de hojas de cálculo, utilizada en tareas financieras y contables, con fórmulas, gráficos y un lenguaje de programación. Entre sus beneficios está el orden con el que se pueden manejar los datos que se insertan o escriben en su hoja de cálculo. Cuenta con una serie de herramientas que facilitan su análisis y permiten ejecutar los procesos en forma rápida.

Microsoft Word: es una plataforma de escritura y redacción. En este programa se puede crear todo tipo de textos, cartas, artículos, folletos, libros, formularios y cuestionarios.

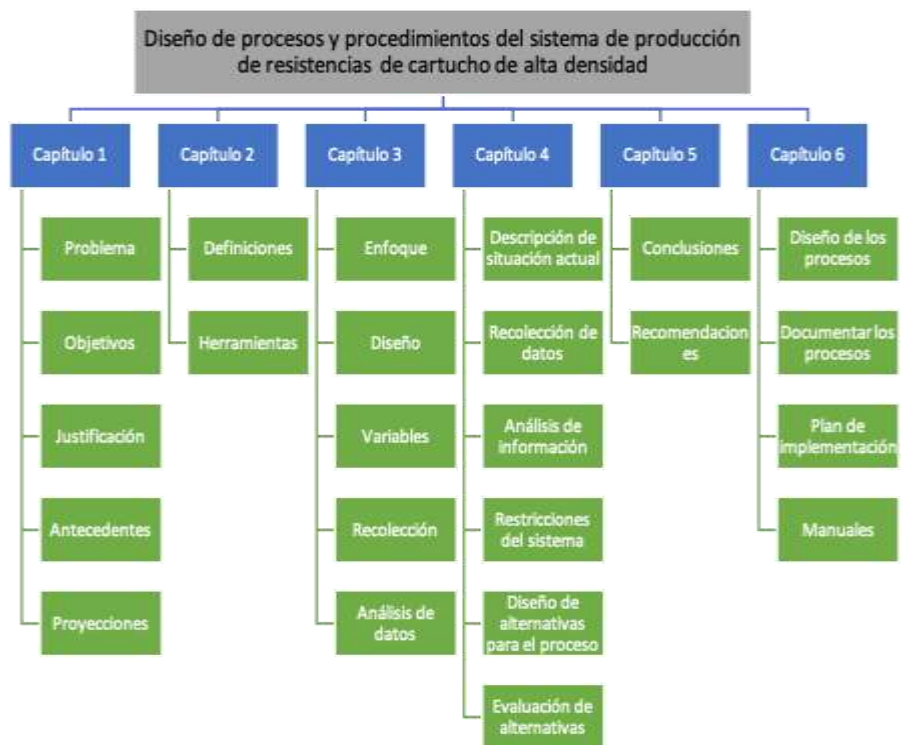
Minitab: en este programa se facilita la creación de diagramas como Ishikawa y Pareto, ayuda a efectuar análisis estadísticos en el diseño de los procesos, a graficar los datos, como gráficos de control, porcentajes, varianzas, entre otros.

Cronograma WBS (Estructura de Descomposición del Trabajo)

Este cronograma WBS detalla las tareas o los capítulos, según el orden correspondiente para lograr el alcance del proyecto. Se deriva de cada capítulo en el que cada uno describe las actividades

o tareas propuestas. De esta forma se detalla en la figura 10:

Figura 10. Esquema del Cronograma WBS



Fuente: elaboración propia.

Cronograma GANTT

Este cronograma permite delimitar el proyecto en una línea de tiempo y sirve para planificar y programar las actividades por semana. Iniciando en la semana 1 del primer cuatrimestre del 2019, como se muestra la figura 11:

CAPÍTULO IV: ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN

En este apartado del se recolecta la información requerida mediante los instrumentos mencionados en el marco metodológico como la encuesta, la entrevista y hojas de observación, con la finalidad de procesarlos y obtener los resultados que se utilizarán en el diseño de los procesos y sus procedimientos. El análisis de los datos se tabulará en hojas de Microsoft Excel, se emplearán las tablas dinámicas y se representarán los resultados con gráficos, las entrevistas se procesaran mediante hojas de observación y diagramas de flujos que utilizan actualmente las compañías que operan o producen resistencias de cartucho de alta densidad en otros países como México y Estados Unidos.

Tamaño de la muestra

Para conocer el tamaño de la muestra que es infinita (ya que no se conoce con exactitud la población a la que impactará) se toman en cuenta históricos de clientes que ha tenido la compañía Electro MAZ Limitada por algunos datos y conocimiento de los vendedores. Por lo que se utilizará la siguiente fórmula $(Z^2 * p * q) / (e^2)$ y se detalla a continuación:

Donde:

n= Tamaño de la muestra

z= Nivel de confianza

p= Porcentaje de la población que tiene el atributo deseado

q= Porcentaje de la población que no tiene el atributo deseado= 1*p

e= Error de la estimación máxima aceptada

$$n = \frac{0.84^2 * 0.5 * 0.5}{0.005^2} = 70 \text{ encuestas}$$

El nivel de confianza utilizado para conocer el tamaño de la población por entrevistar es de un 60 %. Es poco común utilizar un porcentaje tan bajo, pero en este caso Electro MAZ tiene muchos

años en el mercado y se conoce que la población no es tan amplia debido a que las resistencias de cartucho no las utiliza toda la industria e incluso es un producto que no toda la población lo conoce. Esto debido a que muchas personas ni siquiera tienen idea de su función o en cuáles aplicaciones se puede emplear y qué forma física tiene. Para conocer el valor de Z se utilizó la siguiente fórmula desarrollada en Microsoft Excel: **Nivel de Confianza:** $((1-0.60)/2)+0.60$, al obtener este resultado se aplicó la siguiente fórmula $Z = \text{DISTR.NORM.ESTAND.INV} (NC)$ para obtener el valor de Z de 0.84.

Resultados de la encuesta

Este instrumento se aplicó a personas encargadas de compras, mantenimiento o dueños de compañías con procesos industriales en los que utilizan las resistencias de cartucho. Los resultados se tabularon en una hoja de Microsoft Excel, en la que se procesaron para obtener los detalles requeridos para el presente proyecto, cada dato se representa mediante el uso de gráficos que faciliten su comprensión. La encuesta se compone de 6 preguntas, las necesarias para recabar la mayor cantidad de información y alcanzar los siguientes objetivos:

- Determinar necesidades y requerimientos para el sistema de producción de resistencias de cartucho de alta densidad
- Conocer la voz del cliente.
- Identificar distintas alternativas de diseño de los procesos y procedimientos.
- Estimar restricciones del sistema de producción.

En la tabla 3 se presentan los datos obtenidos en la pregunta 1 de la encuesta realizada.

Tabla 3. *Pregunta número 1 encuesta*

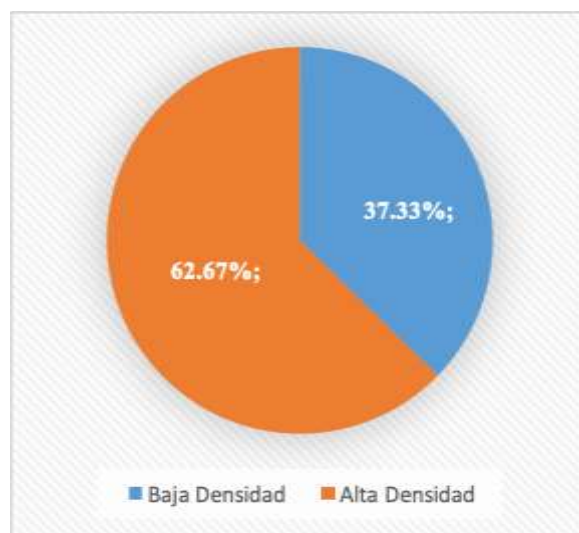
¿Qué tipo de resistencia de cartucho utiliza en su proceso?		
	Cantidad	%
Baja Densidad	28	37,33%
Alta Densidad	47	62,67%

Fuente: elaboración propia.

El resultado de la pregunta 1 se desglosa de la siguiente manera: de las 75 personas entrevistadas

28 revelaron que utilizan en sus procesos resistencias de cartucho de baja densidad y las restantes 47 personas indicaron que en sus procesos necesariamente tienen que utilizar resistencias de cartucho de alta densidad. En la figura 12 se presenta de forma porcentual la información de tabla anterior, correspondiente la pregunta 1 de la encuesta.

Figura 12. Gráfico de pregunta 1 de encuesta



Fuente: Tabla 3.

Según la información obtenida en esta pregunta un 37.33 % de las personas encuestadas utilizan resistencias de cartucho de baja densidad en sus procesos de producción y un 62.67 % de los encuestados indicó que estrictamente necesitan de las resistencias de cartucho de alta densidad para desarrollar sus procesos de producción. Este es un dato relevante debido a que en una mayoría el porcentaje de clientes requiere las resistencias de cartucho de alta densidad, por lo que se está exponiendo el desarrollo del sistema de producción de este producto en el territorio nacional. En la tabla 4 se revelan los datos de la pregunta 2:

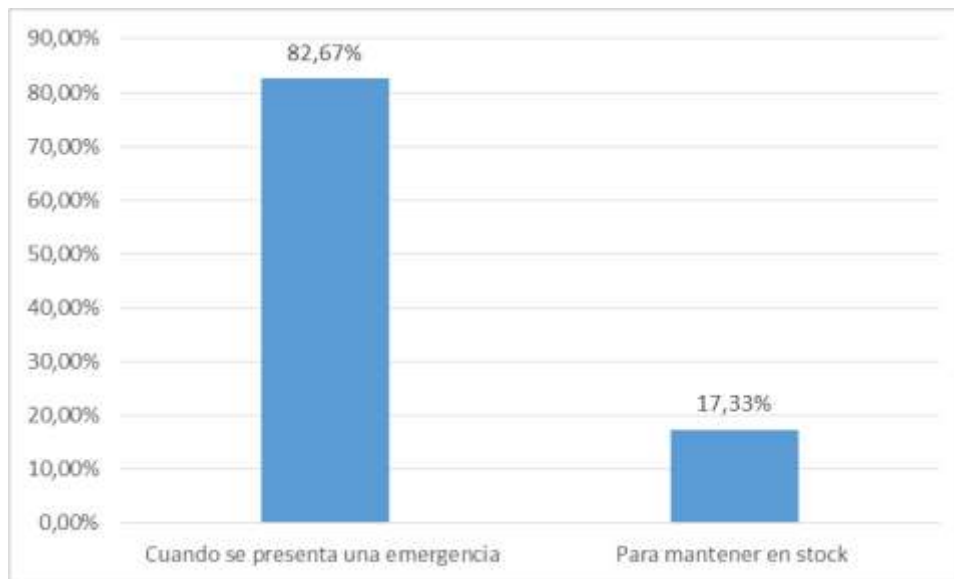
Tabla 4. Pregunta número 2 encuesta

¿Cuándo solicita una resistencia de cartucho de alta densidad?		
	Cantidad	%
Cuando se presenta una emergencia	62	82,67%
Para mantener en stock	13	17,33%

Fuente: elaboración propia.

En la pregunta 2 se obtuvieron datos importantes los cuales indican que del total de encuestados 62 personas compran o solicitan su resistencia cuando se les presenta una emergencia en su producción y 13 indicaron que por lo general mantienen un *stock* de las resistencias críticas para sus equipos. En la figura 13 se presentan los porcentajes de la tabla anterior sobre la pregunta 2 de la encuesta:

Figura 13. Gráfico de pregunta 2 de encuesta



Fuente: Tabla 4.

El 17.33 % de los encuestados indicó que mantiene resistencias en *stock* para actuar rápido en alguna eventualidad que su máquina requiera este repuesto de emergencia. No obstante, un alto porcentaje de 82.67 % señaló que hacen la solicitud de manera urgente y, por esto, fabricar estas resistencias en el ámbito local con tiempos de entrega superiores a cualquier importación podría solucionar muchos de los problemas que se le presenta a esta gran cantidad de personas que no mantienen un plan de *stock* de repuestos. En la tabla 5 se muestran los datos de la tercera pregunta:

Tabla 5. *Pregunta número 3 encuesta*

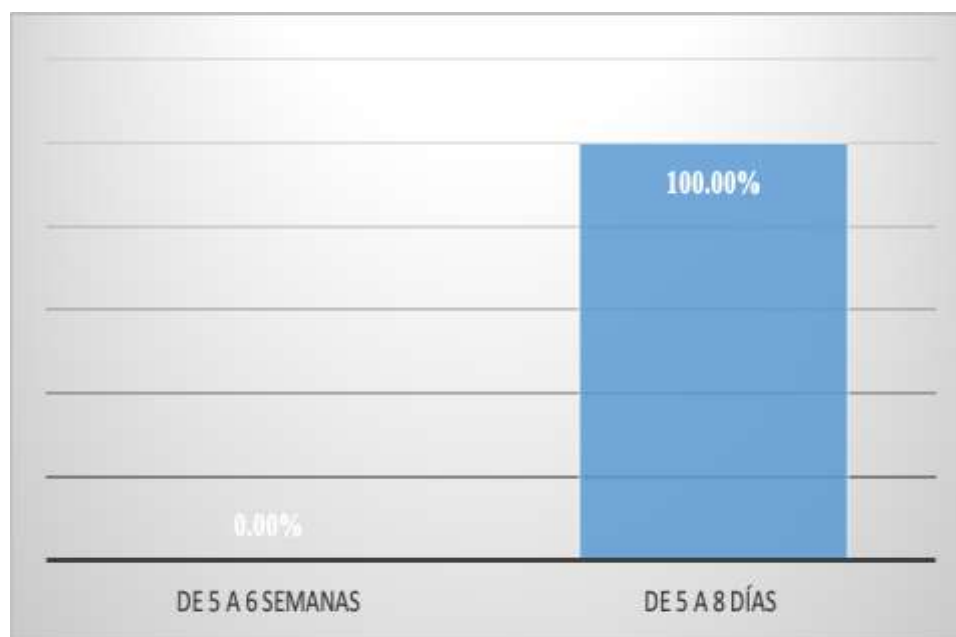
¿Qué tiempo de entrega le gustaría tener en las resistencias de cartucho de alta densidad?		
	Cantidad	%
De 5 a 6 semanas	0	0,00%
De 5 a 8 días	75	100,00%

Fuente: elaboración propia.

Los lapsos establecidos en la pregunta número 3 se tomaron debido a que por más de 20 años se ha mantenido un tiempo de entrega de 5 a 8 días en la producción nacional y de 5 a 6 semanas cuando son resistencias de importación. Esto al tomar en cuenta la producción de la fábrica más el transporte mediante un consolidado marítimo, el cual puede alterarse solamente que el cliente solicite un envío rápido aéreo que debe cancelar en su totalidad.

De acuerdo con la pregunta número 2, se determinó que en su mayoría los clientes no tienen un plan de mantener producto en *stock* y, por esto, la pregunta 3 revela que los 75 encuestados prefieren tener un tiempo de entrega de 5 a 8 días y no uno de 5 a 6 semanas, que son los tiempos que se manejan por la importación de este tipo de resistencia. En la siguiente figura 14 se muestra, de manera porcentual, los datos de la tabla anterior:

Figura 14. Gráfico de pregunta 3 de encuesta



Fuente: Tabla 5.

Como revela la figura anterior, el 100 % de los encuestados prefiere un tiempo corto de 5 a 8 días en el tiempo de entrega de las resistencias y no esperar de 5 a 6 semanas una importación. El manejar tiempos cortos de entrega facilitará la satisfacción del cliente debido a que en un proceso productivo una máquina parada puede significar altas pérdidas monetarias para cualquier compañía. En la tabla 6 se reflejan los datos de la pregunta 4:

Tabla 6. Pregunta número 4 encuesta

¿Qué le impide comprar resistencias de cartucho de alta densidad?		
	Cantidad	%
Tiempo de entrega	34	45,33%
Precio	31	41,33%
Calidad	10	13,33%
Otro	N/A	0,00%

Fuente: elaboración propia.

De acuerdo con los resultados de las preguntas anteriores, se puede observar que el tiempo de entrega es el mayor impedimento para comprar resistencias de cartucho de alta densidad, ya que

34 entrevistados indicaron lo anterior, 31 señalaron que no hacen la compra por precio y solamente 10 afirmaron que no las compran por calidad, pues no es la necesaria en los procesos que se desarrollan. La figura 15 refleja porcentualmente los datos de la pregunta 4:

Figura 15. Gráfico de pregunta 4 de encuesta



Fuente: Tabla 6.

En la figura se logra apreciar que el 45.33 % de los entrevistados indicó no comprar estas resistencias por el tiempo de entrega debido a que la importación actual de este producto abarca de 5 a 6 semanas. Por este motivo, la mayoría señaló que prefiere hacer la compra de una resistencia de cartucho de baja densidad, aunque la durabilidad sea muchísimo menor de la necesaria para su proceso. Por otro lado, el 41.33 % afirmó que el impedimento para comprar este producto es por el precio por lo que, de la misma manera, prefieren comprar resistencias locales de baja densidad para cubrir su problema. Por último, un 13.33 % no compra el cartucho de alta densidad, ya que el proceso en el que lo utiliza no amerita la calidad que este producto ofrece.

En la siguiente tabla 7 se presentan los datos obtenidos en la pregunta 5:

Tabla 7. Pregunta número 5 encuesta

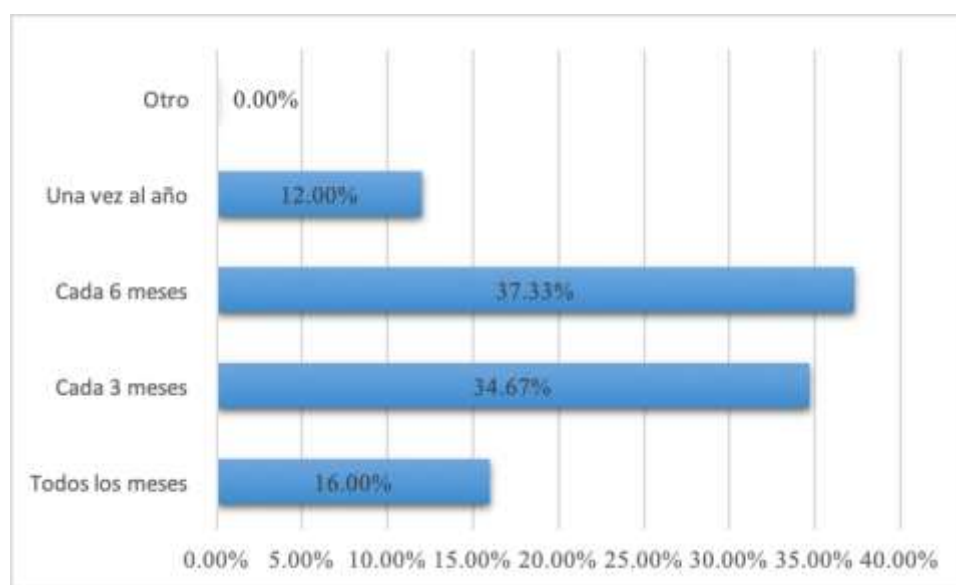
¿Con cuanta frecuencia compra resistencias de cartucho?		
	Cantidad	%
Todos los meses	12	16,00%
Cada 3 meses	26	34,67%
Cada 6 meses	28	37,33%
Una vez al año	9	12,00%
Otro	N/A	0,00%

Fuente: elaboración propia.

Los lapsos establecidos se tomaron por experiencia del dueño de la compañía Electro MAZ Limitada, debido a que conoce muy bien los procesos en los cuales se utilizan las resistencias de cartucho y tiene un aproximado de la vida útil que puedan tener desde su instalación.

Según los datos de la pregunta anterior, 12 de las 75 personas entrevistadas indicaron que compran resistencias de cartucho mensualmente, 26 lo hacen cada 3 meses, 28 señalaron que cada 6 meses y al menos 9 de los 75 entrevistados señalaron que lo hacen por lo menos 1 vez al año. Estos datos se reflejan en la siguiente figura 16, de manera porcentual,

Figura 16. Gráfico de pregunta 5 de encuesta



Fuente: Tabla 7.

Como lo muestra la figura, el 16 % de los entrevistados indicó comprar mensualmente resistencias de cartucho, por lo que son clientes constantes. E 34.67 % señaló hacerlo cada 3 meses, el 37.33 % lo hace cada 6 meses aproximadamente y un 12 % de los entrevistados mencionó que al menos 1 vez al año compran resistencias de cartuchos. Esto revela que la venta y fabricación de este producto se lleva a cabo durante todo el año y que aumentaría, según la demanda que se logre alcanzar. La siguiente tabla 8 indica los datos de la última pregunta de la encuesta realizada:

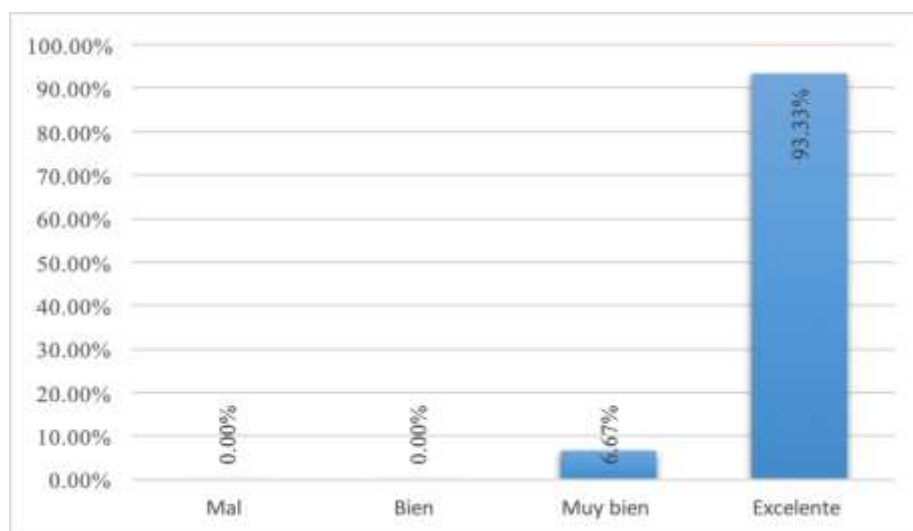
Tabla 8. Pregunta número 6 encuesta

¿Qué le parece si en Costa Rica se fabrican resistencias de cartucho de alta densidad con equipo automatizado y respetando los lineamientos de la calidad internacional?		
	Cantidad	%
Mal	N/A	0,00%
Bien	N/A	0,00%
Muy bien	5	6,67%
Excelente	70	93,33%

Fuente: elaboración propia.

En la pregunta 6 se les consultó a los clientes sobre qué les parece obtener las resistencias de cartucho de alta densidad fabricadas en Costa Rica. Ante esto, 70 entrevistados indicaron como *excelente* que esto se pueda dar y 5 piensan que *muy bien*. Muchos de los clientes no compran resistencias de cartucho de alta densidad por los altos costos y tiempos de importación y el impacto que podría causar obtener un producto de calidad y fabricado en el país se espera sea positivo para la compañía. En la figura 17 se presentan gráficamente los datos de la tabla anterior sobre la pregunta 6:

Figura 17. Gráfico de pregunta 6 de encuesta



Fuente: Tabla 8.

De acuerdo con los resultados de la pregunta 6 y en relación con los de las preguntas anteriores, a un 93.33 % de los entrevistados les parece *excelente* que las resistencias de cartucho se fabriquen en territorio nacional, ya que se podrán mejorar los tiempos de entrega y esto no les perjudicaría

en su producción debido a que no manejan *stock* de este producto. Además, un 6.67 % señaló como *muy bien* que este se pueda producir en Costa Rica.

Hoja de observación

En la siguiente hoja de observación se detalla, de manera explicativa, cada procedimiento que se lleva a cabo en el proceso actual de fabricación de resistencias de cartucho de baja densidad en la compañía Electro MAZ Limitada. En la actualidad, no se tiene ningún proceso escrito, ni los procedimientos identificados, esto principalmente se hace a base de experiencia del trabajador, ya que tiene 10 años de ejercer la labor como operario de fabricación de resistencias de cartucho de baja densidad.

Debido a lo anterior, para analizar la situación actual sobre cómo se trabaja el flujo del proceso se aplicará la herramienta en el Área de Producción, la cual ayudará a identificar y detallar paso a paso la descripción de los procedimientos aplicados. Esto para crear un diagrama de flujo del proceso de producción de resistencias de cartucho de baja densidad actual, que ayudará después a ser a guía del desarrollo para el diagrama de flujo del proceso de producción propuesto.

Creación de la Orden de Producción (O.P)

El supervisor de la planta es el encargado de utilizar el único medio informativo que tiene la fábrica con el Departamento de Ventas (Sistema de información SmartSheet). En este llega la información de la resistencia que solicite el cliente, del que se sustraen los datos como voltios, watts, longitud, diámetro, metros de cable. Una vez que se conocen estos datos se escriben en una hoja de Microsoft Excel (O.P) la cual se imprime y se prepara para entregar al operario.

Alisto de materiales

El mismo supervisor la mayoría de las veces calcula la cantidad de material que el operario necesite para fabricar el número de resistencias solicitadas. Este entrega la cantidad de cable, tubo, aisladores y resto de materiales necesarios para desarrollar el proceso, una vez listo se llevan a la mesa de ensamble del operario para que este inicie el proceso.

Corte y refrentado del tubo

El operario revisa los datos de la O.P y procede a cortar los tubos a la longitud de cada resistencia. Utiliza una guía de corte que tiene la esmeriladora y, de esa manera, hace el corte. Después de cortar cada tubo se traslada al torno para llevar a cabo el refrentado del tubo (fronteado) en el que se quitan los filos que quedan debido al corte. Cada extremo queda completamente limpio para ejecutar la soldadura de la tapa metálica, también evitar cortaduras al manipularlo y disminuir la contaminación interna de la resistencia.

Soldadura de la tapa metálica

Actualmente, se utiliza una tapa metálica para colocar en la parte inferior del tubo de acero inoxidable. Esta tapa metálica de acero inoxidable proviene de una barra circular que es refrentado (fronteado) en el torno hasta llegar al diámetro necesario, según la Orden de Producción (este material es suplido por un área de la empresa que se encarga de trabajar como taller de precisión). Esta se suelda aproximadamente a una potencia de 40 julios en la máquina TIG y crea un cordón de soldadura continuo que evita el escape de óxido de magnesio y que no haya ingreso de aire al cuerpo interno de la resistencia.

Fabricación del resorte de resistencia

El alambre de Nicromio utilizado para la bobina de la resistencia de cartucho de baja densidad debe hacerse tipo resorte antes de ensamblar la bobina. Se coloca una punta del alambre de Nicromio prensada en una máquina giratoria, de manera vertical, la cual tiene una varilla metálica o un alambre de calibre grueso, esto depende del tamaño del resorte. Se fabrica la cantidad de resortes necesarios para completar la potencia que necesitaría la resistencia con respecto a la O.P.

Ensamble de bobina

El aislador cerámico para alta temperatura puede tener hasta 8 huecos que lo atraviesan a lo interno de extremo a extremo. Por cada uno de estos huecos se enhebra el resorte ya fabricado y sale, de manera diagonal, cada una de las puntas de conexión. Cuando se tiene el aislador bobinado se pelan las puntas del cable de fibra de vidrio y se suelda a cada una de las puntas para tener lista la conexión eléctrica.

Llenado del cartucho

Una vez con el aislador bobinado y ensamblado se introduce en el tubo ya listo con su tapa inferior. Este se llena con óxido de magnesio y se golpea, de manera uniforme, con otro cuerpo metálico para que el óxido trate de ocupar todo el espacio interno entre el aislador y el tubo.

Tapa superior

Al tener lista la resistencia de cartucho con su bobina y rellena de óxido de magnesio, el operario procede a colocar la tapa superior, que es de un material llamado cemento refractario. Este es un polvo blanco mineral que proviene del óxido de magnesio y al combinarse con agua toma una textura tipo pasta, la cual se aplica como tapa. Para que este cemento pueda secar debe llevarse al horno de producto terminado.

Prueba de Ohmios

El operario con el multímetro digital (*tester*) mide los ohmios alcanzados por la resistencia ensamblada y verifica que se cumpla con lo solicitado en la orden de producción. Si este es correcto la resistencia se traslada al horno de secado.

Secado de resistencia

El horno de secado se utiliza como el espacio para el producto terminado debido a que el proceso de secado para el óxido de magnesio, por ser un material absorbente, debe permanecer a unos 70°C en la cámara del horno durante un lapso de 12 a 24 horas. Siempre se cumplen las 24 horas y solamente se disminuye a 12 horas cuando el cliente tiene una emergencia y solicita que el tiempo de secado sea menor. Esto porque la resistencia de inmediato será conectada y esto ayudará a que se siga con el proceso.

Marcado de la resistencia

Una vez la resistencia se encuentre lista después de secarse en el horno se lleva a cabo el proceso de marcado en el que se detalla de la siguiente manera: Voltios / Watts / Fecha / www.mazcr.com, por ejemplo, 120 V – 750 W 1-7-2019 www.mazcr.com.

Final del proceso

Una vez finalizado todo el proceso la resistencia se envía a bodega para que el Departamento de Ventas se encargue de hacer la entrega al cliente final.

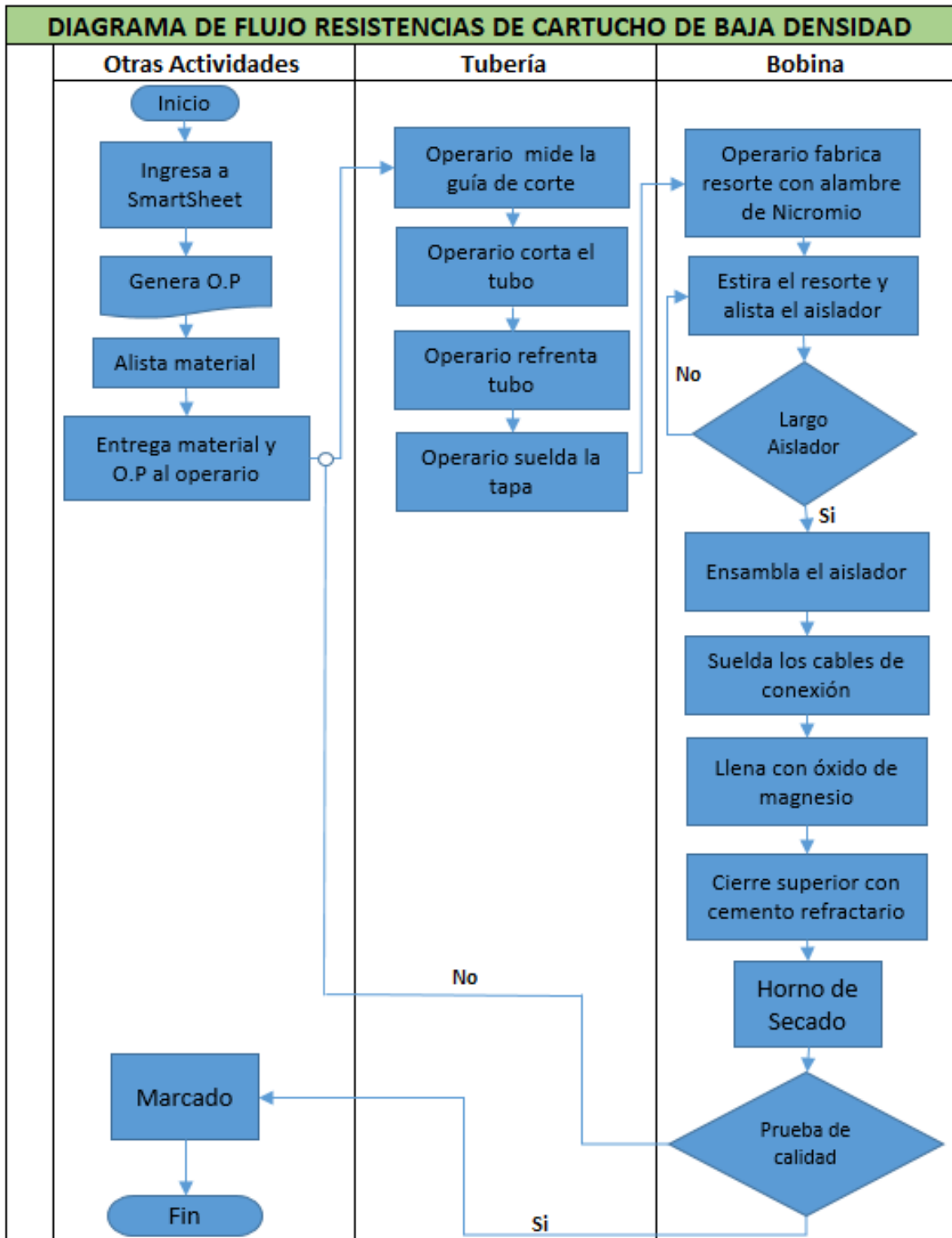
Comparativo entre resistencias baja densidad y alta densidad

Las resistencias de cartucho, tanto de baja como de alta densidad, cumplen con una función, la cual es transmitir calor a una masa o bloque metálico y, a pesar de su similitud física externa, no se pueden utilizar en las mismas aplicaciones debido a que podría acortar su vida útil y entorpecer el proceso que cumple en ese momento.

Resistencia de cartucho de baja densidad

Este tipo de resistencia, denominada como resistencia de cartucho de baja carga o baja densidad, son calefactoras de forma cilíndrica y, por lo general, con la conexión en un extremo. Esta tiene un circuito que está aislado al interior por piezas cerámicas, las cuales son atravesadas por la resistencia de Nicromio hecha resorte, por esto, no se pueden fabricar con densidades de carga mayores a 5 W/ Cm^2 . Este tipo de resistencia de cartucho se utiliza en aplicaciones como moldes y bloques metálicos (que no tengan golpes ni vibraciones) y que tampoco la superficie del cartucho sobrepase los 300°C . En la figura 18 se presenta el diagrama de flujo actual para resistencias de cartucho de baja densidad:

Figura 18. Diagrama de Flujo Actual



Fuente: elaboración propia.

Resistencia de cartucho de alta densidad

Con respecto a este tipo de resistencia de cartucho denominada como resistencia de cartucho de alta densidad, su aspecto físico visualmente a lo externo es como el de la resistencia de baja densidad. Esto debido a que su forma cilíndrica y salida de los cables por conexión a un extremo no cambia, no así a lo interno ya que el elemento aislador y la forma en que se lleva a cabo el proceso de producción de este permite la alta concentración de potencia elevadas en poco espacio.

El cartucho de alta densidad se utiliza en aplicaciones con moldes o bloques metálicos con vibraciones, golpes y altas temperaturas de utilización. Otras aplicaciones en las que se pueden encontrar son: maquinaria de envase y embalaje, moldes y boquillas de inyección de plástico, en prensas calientes para el caucho y en diversos procesos industriales que requieran el aporte del calor.

Cuadro comparativo entre las resistencias de cartucho de baja densidad y las de alta densidad

En la siguiente tabla se pueden observar las diferencias y similitudes que hay entre una resistencia de cartucho de baja densidad y una de alta densidad tomando en cuenta detalles técnicos. Se podrá detallar que el desarrollo de ambas resistencias durante el proceso es muy parejo, ya que se ejecutan procedimientos similares, pero la gran diferencia está pautada por la técnica de aplicación en cada uno de esos procedimientos desarrollados en el proceso de producción.

El bobinado de forma manual que se hace para el ensamble en las resistencias de baja densidad obtiene más contaminación debido a que durante el proceso el operario manipula la bobina con las manos sucias y tampoco tendrá exactitud en las vueltas. Esto debido a que es un cálculo visual, mientras que con la máquina bobinadora que se utiliza para las resistencias de cartucho de alta densidad hay mayor exactitud en la distancia entre vueltas y la estandarización e igualdad de resultado que se pueda obtener en el espacio de aislador. La otra diferencia es la máquina compactadora que le permite a la resistencia de cartucho obtener mayor potencia por cm^2 , lo que hace que el producto tenga mayor apertura de mercado pues se ampliaría su aplicación en diversos procesos industriales de transferencia de calor a bloques de metal.

Tabla 9. Resistencia de cartucho de baja densidad vs. alta densidad

Resistencias de Cartucho		
	Baja densidad	Alta densidad
Datos necesarios para fabricación	Diámetro, longitud, voltaje (V), potencia (W) y tipo de conexión	Diámetro, longitud, voltaje (V), potencia (W) y tipo de conexión
Datos técnicos para la construcción	Tubo de Inox. 304 con base soldada por TIG	Tubo de Inox. 304 con base soldada por TIG
	Circuito resistencia con Nicromio 80/20	Circuito resistencia con Nicromio 80/20
	Núcleo con piezas cerámicas y aislamiento con óxido de magnesio sin compactar	Núcleo y aislamiento con óxido de magnesio compactado
	Cable con alma de Níquel y aislado con fibra de vidrio	Cable con alma de Níquel y aislado con fibra de vidrio
	Resistencia con el tubo (blindaje) rectificado	Resistencia con el tubo (blindaje) rectificado
Diámetros	9,46Ømm - 10Ømm - 12,61Ømm	6,30Ømm - 7,90Ømm - 9,46Ømm - 10Ømm - 11Ømm - 12,61Ømm - 15,81Ømm - 19,05Ømm
Tolerancia en el diámetro	Ø + 0 / -0,02 a -0,06 mm	Ø + 0 / -0,02 a -0,06 mm
Tolerancia en longitud	+ 2 a -2 mm	Hasta 130mm = + 2 a -2 mm
		Mayor a 130mm = +1,5% a -1,5%
Control de calidad	Aislamiento en frío: Mínimo de 5 Megaohmios a 500 voltios corriente continua	Aislamiento en frío: Mínimo de 5 Megaohmios a 1000 voltios corriente continua
	Rigidez dieléctrica: Mínimo 1500 voltios	Rigidez dieléctrica: Mínimo 1500 voltios
	Tolerancia en potencia - vatios: Entre -5% a +10% del valor nominal solicitado	Tolerancia en potencia - vatios: Entre -5% a +10% del valor nominal solicitado
	Tolerancia en valor óhmico: Entre +5% a -10% del valor nominal	Tolerancia en valor óhmico: Entre +5% a -10% del valor nominal

Fuente: Electro MAZ Limitada.

Como se aprecia en el cuadro comparativo anterior hay mucha similitud, tanto en la fabricación como en los materiales utilizados, pero se presenta un cambio en la construcción interna del cartucho y esta es la diferencia en la aplicación. El bobinado y compactado del óxido de magnesio que presenta la resistencia de cartucho de alta densidad es lo que marca la diferencia y que sea un

producto más atractivo y necesario para el mercado de la industria actual, debido a la cantidad de compañías que se encargan de la inyección de plástico, el sellado en alto volumen y proceso lineal.

Además, estas resistencias también tienen similitud en el montaje y colocación, ya que la vida útil de una de estas dependerá del ajuste que se produzca entre el orificio y el cuerpo calefactor. Esto se debe a que un ajuste con mucha holgura puede provocar peor transmisión térmica y un sobrecalentamiento en el cartucho que, por ende, reducirá considerablemente su duración.

Las resistencias de cartucho cuando se encuentra más de una en el mismo bloque de metal deberán tener una separación de al menos dos veces su diámetro. Para contar con una buena regulación del calor se debe colocar una sonda alejada al menos 10 mm de la resistencia de cartucho para controlar la temperatura y que esta no sea excesiva y afecte la vida útil del producto.

El aislamiento universal utilizado, tanto en la resistencia de cartucho de baja densidad como en la de alta densidad, es el óxido de magnesio el cual es muy higroscópico (absorbente de humedad), por lo que también el control de la temperatura sea en un aumento gradual, lo que hace que la posible humedad en el interior del cartucho se elimine. Por esto, se recomienda tener los cartuchos en lugares secos que no guarden humedad.

Demanda

Para determinar la demanda se utiliza la única herramienta (como sistema de información) que tiene la compañía Electro MAZ Limitada en el Área de Producción llamada SmartSheet. Esta consiste en que el vendedor ingresa la información necesaria para fabricar la resistencia y con esta se imprime una hoja que se llena con estos datos presentados por el SmartSheet y se envía al operario como Orden de Producción (O.P).

Se considera desde julio de 2018 hasta junio de 2019 las unidades de resistencias de cartucho que se han fabricado y también de las que se han importado para su posterior venta. Actualmente, la compañía por no tener una trazabilidad de sus clientes ni medición de su sistema de producción, no mantiene resistencias en *stock*. Este producto basa su fabricación contra pedido del cliente por lo que son resistencias especiales hechas a la medida del proceso o necesidad que tenga el cliente final. En la siguiente tabla número 10 se pueden observar los datos de la demanda de producción nacional entre julio del 2018 a junio del 2019:

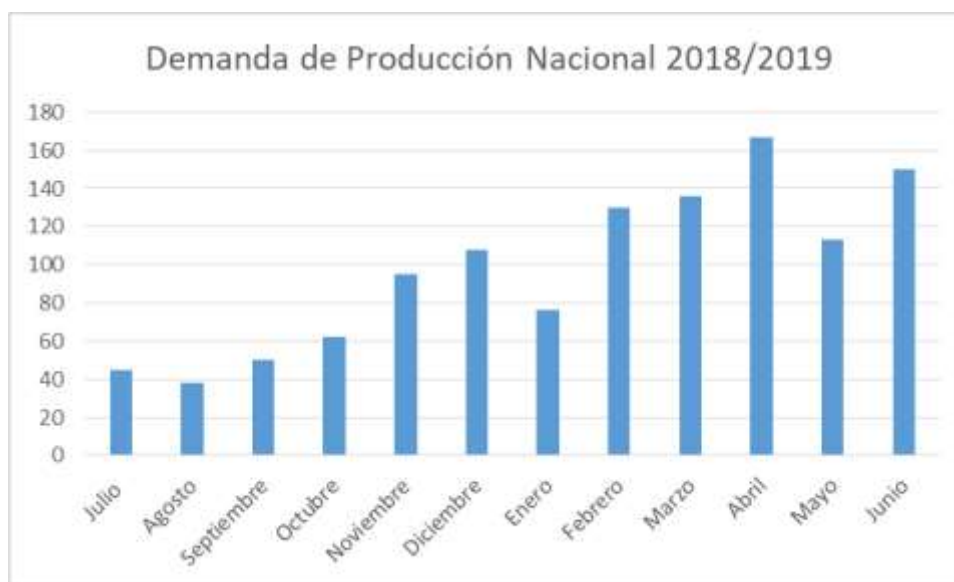
Tabla 10. *Demanda por unidad de producción nacional*

Demanda de Resistencias de cartucho 2018 / 2019 (Producción Nacional)		
Periodo	Mes	Unidades
1	Julio	45
2	Agosto	38
3	Septiembre	50
4	Octubre	62
5	Noviembre	95
6	Diciembre	108
7	Enero	76
8	Febrero	130
9	Marzo	136
10	Abril	167
11	Mayo	113
12	Junio	150
TOTAL		1170

Fuente: Electro MAZ Limitada.

En la tabla anterior se demuestran las unidades producidas de resistencias de cartucho de baja densidad en la compañía Electro MAZ Limitada con una totalidad de producción durante el periodo de 12 meses (1 año completo) de 1170 unidades. En la Figura 19 se presenta un gráfico de interpretación para la demanda de producción nacional.

Figura 19. Gráfico de demanda producción nacional



Fuente: elaboración propia.

Como se puede observar en el gráfico sobre la demanda de producción de Electro MAZ Limitada, es ascendente con una caída en enero. Según indican los vendedores, en diciembre la mayoría de empresas se preparan para mantener un *stock* de producto debido a las vacaciones tomadas por la fábrica en Electro MAZ, por lo que el abastecimiento en enero es menor que otros meses. También se observa que en mayo y junio la producción fue menor con respecto a un mes como abril por ejemplo.

Por esto, se consultó al Departamento Financiero de la compañía y en conjunto con la gerencia de ventas indicaron que en ambos meses las ventas en general fueron bajas para Electro MAZ Limitada, en relación con otros meses. Esto incluso si se compara con los mismos meses de años anteriores, en los que, según mencionan, por temas políticos, ha hecho que la disminución en ventas en el ámbito nacional sea notable.

Los procesos de sellado para altas producciones en línea utilizan máquinas selladoras con mordazas (bloques de hierro que se calientan para sellar y cortar empaques plásticos), máquinas inyectoras de plástico, entre otros procesos que necesitan transferencia de calor a un bloque metálico y también tienen algún tipo de golpe o vibración que necesita resistencias de cartucho de alta densidad. Por esto, Electro MAZ Limitada mantiene una demanda por la importación de Estados Unidos o México de este producto.

Actualmente, una gran cantidad de clientes de Electro MAZ indican que compran resistencias de producción nacional incluso cuando en sus procesos necesitan resistencias de cartucho de alta densidad, esto se debe al precio y tiempo de entrega, lo que provoca una menor duración de la vida útil establecida. A continuación, en la tabla 11 se presentan los datos de la demanda para las resistencias de cartucho de alta densidad importadas por Electro MAZ Limitada:

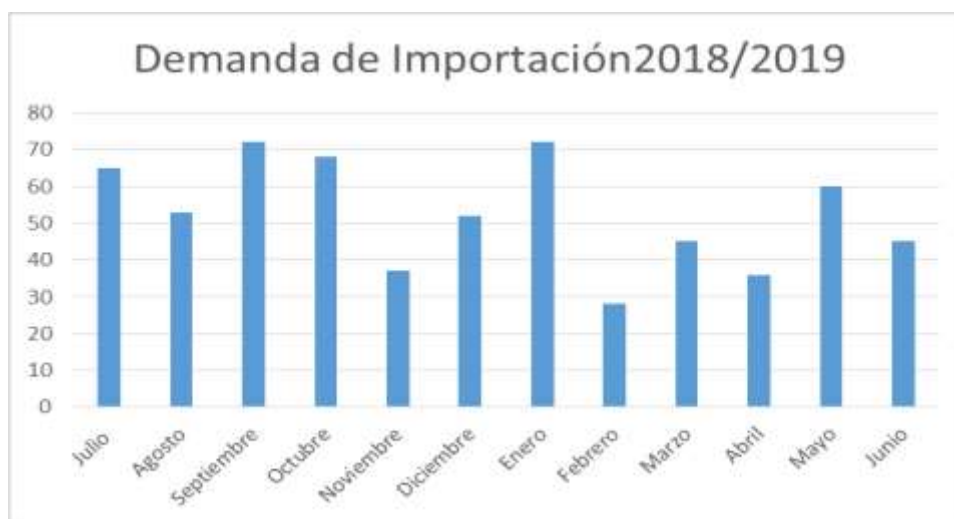
Tabla 11. *Demanda por unidad de importación de resistencias de cartucho de alta densidad*

Demanda de Resistencias de cartucho 2018 / 2019 (Importación)		
Periodo	Mes	Unidades
1	Julio	65
2	Agosto	53
3	Septiembre	72
4	Octubre	68
5	Noviembre	37
6	Diciembre	52
7	Enero	72
8	Febrero	28
9	Marzo	45
10	Abril	36
11	Mayo	60
12	Junio	45
TOTAL		633

Fuente: Electro MAZ Limitada.

Según los datos de la tabla, aproximadamente un 54 % de la demanda total en la compañía Electro MAZ Limitada ha sido por la importación de resistencias de cartucho de alta densidad. Esta es una de las razones por las que se propone un sistema de producción de este producto en Costa Rica, ya que más del 50 % de la venta es de este tipo de cartuchos. En la siguiente figura 20 se presenta el gráfico del comportamiento que ha tenido la demanda en la importación de resistencias de cartucho de alta densidad entre los meses de julio del 2018 a junio del 2019:

Figura 20. Gráfico de demanda de importación



Fuente: elaboración propia.

Contrario al comportamiento de la demanda de resistencias de cartucho de producción nacional esta presenta una dispersión entre los datos de todos los meses, ya que en algunos momentos las órdenes de pedidos suben y al siguiente mes pueden bajar casi a la mitad. En el gráfico contrario a la demanda de producción nacional se aprecia enero como el de mayor demanda junto con setiembre. Esto según indica el departamento logístico de Electro MAZ que los clientes solicitan el producto en diciembre sin considerar que una importación puede tener un tiempo de entrega desde el momento que se coloca la O.C (orden de compra) a la llegada al cliente de hasta 6 semanas y, por esto, muchas solicitudes en diciembre llegaron a manos del cliente hasta enero.

En la figura 21 se presenta un gráfico que comprende la demanda total (sumando la producción nacional con la importación de resistencias), por lo que se puede apreciar el comportamiento que ha tenido a lo largo de julio del 2018 hasta junio del 2019:

Figura 21. Demanda total de resistencias de cartucho



Fuente: elaboración propia.

Como se aprecia en el gráfico, la demanda de producción de resistencias de cartucho de alta densidad en la compañía Electro MAZ Limitada ha ido en aumento y esto ha causado el R^2 (coeficiente de determinación) sea mayor a 0.85, lo cual permite llevar a cabo una proyección de demanda por medio de regresión lineal.

El aumento en la demanda de resistencias de cartucho para la compañía se ha presentado debido a que, según indica la gerencia de ventas, 1 de los 8 vendedores que tiene el Departamento de Ventas, a partir de diciembre del 2018 se ha enfocado principalmente en la visita a clientes que mantienen en sus procesos de producción necesidades de transferencia de calor (necesita resistencias eléctricas). Esto ha hecho que clientes ya existentes compren más y también el descubrimiento de nuevos clientes que ayudan con el aumento de la demanda de las resistencias de cartucho.

Proyección de la demanda a 12 meses (1 año)

Es importante visualizar el sistema de producción de resistencias de cartucho que se diseña en el presente proyecto de investigación para que los encargados de tomar decisiones y ejecutar acciones en la compañía Electro MAZ Limitada puedan considerar la proyección de la demanda de producción que está por venir con respecto a los datos históricos. De acuerdo con los datos adquiridos anteriormente por medio de la demanda de producción de la compañía Electro MAZ

Limitada, se determina una proyección a 12 meses (un año) del posible comportamiento que pueda tener.

Al conocer estos datos se podrá comparar y analizar con respecto a la capacidad que tendrá el sistema de producción de resistencias de cartucho de alta densidad y, de esta forma, determinar si la demanda futura la podrá alcanzar. En la siguiente tabla número 12 se puede observar la proyección de la demanda de la compañía Electro MAZ Limitada para lo que resta de 2019 / 2020:

Tabla 12. *Proyección de demanda para el próximo año*

Demanda año 2019 / 2020		
MES	PERIODO	Demanda en Unidades
Julio	13	209
Agosto	14	217
Setiembre	15	226
Octubre	16	235
Noviembre	17	244
Diciembre	18	253
Enero	19	262
Febrero	20	271
Marzo	21	280
Abril	22	289
Mayo	23	298
Junio	24	307
Total		3093

Fuente: elaboración propia.

Con el método de regresión lineal se obtienen los datos del periodo 13 a 24 (julio del 2019 a junio del 2020) en el que la proyección de la demanda indica que podría pasar de 1.833 unidades a 3.093 unidades. Por lo tanto, aumentaría en un aproximado de 1.260 unidades más, lo que significa porcentualmente un crecimiento del 59 % con respecto a la demanda del año anterior (julio 2018 / junio 2019). Es decir, se proyecta un crecimiento significativo para Electro MAZ si se cumple.

Después de conocer los datos de demanda por unidades producidas o importadas convertidas en ventas, se muestran los datos que representan monetariamente la demanda estudiada de julio del

2018 a junio del 2019, tanto de las resistencias que se importaron para la venta como las producidas en Electro MAZ. Al tener ambos datos se hace una sumatoria y se proyecta la demanda para el año venidero (julio 2019 a junio 2020). De esta forma, se analiza la viabilidad económica del proyecto, según las proyecciones estimadas.

A continuación, se muestra en la siguiente tabla 13 el ingreso monetario por el cumplimiento de la demanda de las resistencias de cartucho de baja densidad producidas en la planta de Electro MAZ Limitada:

Tabla 13. *Demanda monetaria de producción nacional*

Demanda Monetaria de Producción Nacional 2018 / 2019		
Periodo	Mes	Monto
1	Julio	¢1 396 567,70
2	Agosto	¢1 578 973,56
3	Setiembre	¢1 675 486,00
4	octubre	¢1 681 213,98
5	Noviembre	¢3 129 546,10
6	Diciembre	¢3 945 276,25
7	Enero	¢2 156 849,68
8	Febrero	¢3 914 910,12
9	Marzo	¢3 379 934,12
10	Abril	¢4 409 733,50
11	Mayo	¢3 818 563,50
12	Junio	¢4 268 633,14
Total		¢35 355 687,65

Fuente: Departamento Financiero Electro MAZ Limitada.

Como se muestra en la tabla #10 de demanda por unidades durante los 12 meses analizados ha ido en crecimiento al igual que la demanda monetaria que muestra la tabla anterior. El comportamiento en aumento se debe a la buena gestión de ventas para buscar nuevos clientes y mercados antes no explorados. La exportación de producto a Panamá (por medio de un cliente de Electro MAZ) provocó que la demanda aumentara. También benefició que solicitan altas cantidades (en algunos casos hasta 70 unidades) con una misma característica, lo que hace más eficiente y continua la línea de producción.

Parte del aumento en la demanda monetaria muestra la diferencia entre el primer mes y el último

del periodo analizado, esta diferencia es de ¢2.872.065,44 en aumento de un mes con el otro y al finalizar este periodo (julio 2018 / junio 2019) Electro MAZ obtuvo un ingreso por venta de resistencias de cartucho de baja densidad de ¢35.355.687,65. Para realizar un análisis total de la demanda se toman en cuenta los datos del monto percibido por la venta de resistencias importadas de cartucho de alta densidad. En la siguiente tabla 14 se muestran los datos obtenidos del periodo de julio del 2018 a junio del 2019.

Tabla 14. *Demanda monetaria por importación de resistencias*

Demanda Monetaria de Importación 2018 / 2019		
Periodo	Mes	Monto
1	Julio	¢2 727 105,42
2	Agosto	¢1 562 090,84
3	Setiembre	¢1 748 888,20
4	octubre	¢1 783 345,50
5	Noviembre	¢1 975 576,72
6	Diciembre	¢1 742 917,51
7	Enero	¢1 295 952,90
8	Febrero	¢2 314 526,58
9	Marzo	¢1 082 746,67
10	Abril	¢1 369 474,73
11	Mayo	¢2 629 673,84
12	Junio	¢1 543 918,63
Total		¢21 776 217,54

Fuente: Departamento Financiero Electro MAZ Limitada.

Como se aprecia en el cuadro, el comportamiento de la demanda del producto de importación se mantiene entre ¢1.082.746,67 y ¢2.727.105,42, lo que representa el monto más alto durante el periodo estudiado. El comportamiento que se obtiene por la venta de resistencias importadas de cartucho de alta densidad no cambia mucho debido a que, por lo general, son los mismos clientes que se mantienen en constante compra con cantidades y productos similares.

Debido a lo anterior, la variación entre cada uno de los meses es poca. Al totalizar los ingresos por la demanda monetaria durante el periodo es de ¢21.776.217,54, por lo que se obtiene una diferencia de ¢13.579.470,11 con respecto a la demanda monetaria de la producción nacional. Esto se representa con un 38.40 % de diferencia una con la otra y se encuentra por arriba el ingreso de ventas de resistencias de cartucho de producción nacional. A continuación, se presenta un gráfico

sobre el comportamiento de la demanda total durante julio del 2018 a junio del 2019 (ver figura 22).

Figura 22. Gráfico de la Demanda 2018-2019



Fuente: elaboración propia.

Como lo indican los resultados se muestra el crecimiento que tiene la demanda en Electro MAZ Limitada con respecto al inicio y final del periodo analizado. Este cayó en enero del 2019 debido a que la demanda disminuye pues en diciembre las empresas se abastecen de producto y posterior a esto vuelven a comprar de más para febrero. Los siguientes 4 meses han sido inconstantes, ya que el país ha pasado por altos y bajos en cuanto al tema de comercio o ventas en general y, por esto, el crecimiento no es constante como lo fue desde junio hasta diciembre del 2018. En cuanto a esta tendencia, se analizará la proyección de la demanda futura para el siguiente periodo 2019 / 2020.

Para conocer el comportamiento que tendrá el sistema de producción propuesto en el presente proyecto de investigación se toman los datos de meses iguales, tanto del ingreso por la demanda de producción nacional como también la demanda de las resistencias importadas. Se suman ambos montos desde julio del 2018 a junio del 2019 y se obtienen como nuevos periodos desde el 13 (julio 2019) hasta el periodo 24 (junio 2020) para hacer la proyección por regresión lineal al igual que la demanda de unidades producidas. De esta manera, se obtiene la información para analizar la viabilidad financiera que tendrá el proyecto en el futuro, según indica la proyección de la demanda futura (ver tabla 15).

Tabla 15. *Proyección de Demanda Monetaria 2019-2020*

Demanda año 2019 / 2020		
MES	PERIODO	Demanda Monetaria
Julio	13	¢6 373 590
Agosto	14	¢6 621 682
Setiembre	15	¢6 869 774
Octubre	16	¢7 117 866
Noviembre	17	¢7 365 958
Diciembre	18	¢7 614 049
Enero	19	¢7 862 141
Febrero	20	¢8 110 233
Marzo	21	¢8 358 325
Abril	22	¢8 606 417
Mayo	23	¢8 854 509
Junio	24	¢9 102 601
Total		¢92 857 144

Fuente: elaboración propia.

Según la información obtenida en la tabla anterior se puede determinar una proyección de demanda futura para el periodo que contempla de julio del 2019 a junio del 2020, con un monto sumado por los 12 periodos de ¢92.857.144,00. Por lo tanto, se proyecta un aumento de ¢35.725.237,81 con respecto al periodo julio del 2018 / junio del 2019 (proyectando un 38 % de aumento en el ingreso monetario por demanda). Para alcanzar la proyección, el Departamento de Ventas debe seguir con su plan de ventas, ya que durante la encuesta muchos clientes no utilizan resistencias de cartucho de alta densidad por precio y tiempos de entrega, por lo que Electro MAZ debe competir para lograr la proyección establecida.

Demanda insatisfecha

Debido a que el sistema actual de información para el control y medición de la producción que tiene Electro MAZ es deficiente no cuenta con una manera de calcular la demanda insatisfecha (Monetaria). Por este motivo, se llevó a cabo una entrevista a la misma cantidad de clientes que rellenaron la encuesta, en la que se formuló la siguiente pregunta:

- ¿Se le ha dañado alguna vez una resistencia de cartucho comprada en Electro MAZ Limitada?

- ¿Cuál ha sido el daño?

Además, se entrevistó al operario de la planta de Electro MAZ Limitada, debido a que para cubrir una garantía se le solicita examinar la resistencia a lo interno y determinar el daño real que ha sufrido. Por lo que se generó una serie de preguntas:

- ¿Devuelven resistencias de cartucho constantemente por algún daño de fabricación?
- ¿Cuáles resistencias devuelven más, las de importación o producción nacional?
- ¿Cuál es el daño más común que tiene la resistencia?

Se analizó la entrevista para determinar la demanda insatisfecha que se genera en la demanda de resistencias de cartucho en Electro MAZ Limitada. En la siguiente tabla se muestran los resultados, según la primera pregunta. En la siguiente tabla número 16, se detalla el resultado de la pregunta ¿Se le ha dañado alguna vez una resistencia de cartucho comprada en Electro MAZ Limitada?

Tabla 16. Resultado de pregunta 1 de la entrevista

¿Se le ha dañado alguna vez una resistencia de cartucho comprada en Electro MAZ Limitada?	
Consultados	75
Entrevistados	10

Fuente: elaboración propia.

De las 75 personas encuestadas 11 indicaron que han tenido problemas en algún momento con resistencias compradas a Electro MAZ, lo que genera un porcentaje del 15 % de insatisfacción. Según la cantidad de entrevistados, al no haber un control específico de las garantías cumplidas es imposible obtener un detalle monetario de la demanda insatisfecha y, por esto, se toma como dato el 15 % de insatisfacción de la producción de resistencias de cartucho (nacional). En esta pregunta los clientes indicaron que los fallos en las resistencias son poco constantes.

Para la segunda pregunta a los clientes que tuvieron insatisfacción con las resistencias se resumen los fallos considerados por ellos, quienes indicaron que algunas resistencias solamente trabajaron en la máquina por algunos días y en uno de los casos no pudo utilizarse. En la siguiente tabla número 17 se cuentan los fallos encontrados por los clientes:

Tabla 17. *Segunda pregunta de la entrevista*

¿Cuál ha sido el daño?	
No calienta	1
Se quemó	7
Se cortó el cable	2
No calentaba lo suficiente	1

Fuente: elaboración propia.

Entre los fallos que han encontrado los clientes en las resistencias que tuvieron problemas en sus procesos el que más se repite es porque la resistencia se quema y no calienta más. La indicación es porque el cuerpo a lo externo cambia su color a un negro recalentado con apariencia de que se ha quemado. Además, 2 de ellos señalaron que el cable de conexión se quiebra o se corta, lo que provoca que no haya flujo de energía eléctrica y, por esto, la resistencia no calienta más. También una persona mencionó que la que resistencia calentaba muy poco, por lo que el tiempo de calentamiento del bloque metálico le causaba problemas y retrasos en su proceso. Por último, uno de los clientes indicó que conectó la resistencia y no hubo transferencia de calor.

Con respecto a la respuesta en cada pregunta al operario se detalla lo siguiente:

- ¿Devuelven resistencias de cartucho constantemente por algún daño de fabricación?

Si devuelven resistencias de cartucho pero no de manera constante y la mayoría de ellas son utilizadas en una aplicación que no es la correcta y por ello no siempre se puede brindar la garantía que el cliente quiere Dentro de algunos casos si han venido resistencias como por ejemplo, que se solicitaron de mayor potencia (Watts) y cuando se realiza la medición es menor a la que el cliente quería y a la que estaba marcada en la resistencia, probablemente haya sido un fallo en la medición de los ohmios o que no se haya realizado para prueba de calidad y por eso no calienta lo suficiente para lo que el cliente la quiere.

- ¿Cuáles resistencias devuelven más, la de importación o producción nacional?

Siempre se devuelven las resistencias que se fabrican acá en MAZ muy pocas veces han traído

por garantía una resistencia que se trae de otro lado, acá lo que se hace es que se examina y si cubre como garantía los encargados de compras reclaman esa garantía a la fábrica del país que se trajo.

- ¿Cuál es el daño más común que tiene la resistencia?

El daño más común son las resistencias quemadas ya que las ponen en mordazas o alguna máquina que lleva golpe y cuando se abren lo que se encuentra es el aislador quebrado y por ello la resistencia choca y se corta produciendo un corto y quemándose de inmediato sin ningún tipo de reparación. Otro de los daños comunes es que el cliente o el vendedor no saben que el cable debe de ser más largo y las mordazas con movimiento hacen que el cable se corte en la conexión después de cierto tiempo de uso.

A partir de las respuestas obtenidas por los clientes y el operario de la planta en Electro MAZ se llevó a cabo un análisis en el que se determinaron detalles importantes para disminuir el porcentaje de insatisfacción.

Se puede interpretar que la comunicación que mantiene el vendedor con el cliente no siempre es la mejor, pues el vendedor debería conocer o investigar el proceso sobre el cual se utilizará la resistencia y, de esa manera, recomendarle el producto necesario para la aplicación de su proceso. Esto debido a que uno de los mayores errores de insatisfacción es que el cliente compra una resistencia de cartucho de baja densidad cuando para el proceso necesita una de alta densidad.

Además, para el diseño del nuevo sistema de producción de resistencias de cartucho de alta densidad se debe considerar, de manera estricta, hacer las pruebas de calidad para asegurarse que el producto cumple con las características técnicas solicitadas por el cliente final. De esta manera, se puede disminuir la demanda insatisfecha que se presenta actualmente en Electro MAZ Limitada.

Análisis de capacidades del sistema

Para el análisis de las capacidades del presente proyecto de investigación se tomaron los tiempos teóricos (para efectos del análisis del sistema de producción de resistencias de cartucho de alta densidad en la compañía Electro MAZ Limitada) brindados por una compañía que fabrica resistencias de cartucho de alta densidad en México. En la actualidad, ellos utilizan el mismo modelo de la máquina compactadora que se propone para el diseño del sistema de producción en Electro MAZ y un modelo similar a la bobinadora, por lo que estructuralmente en el flujo de proceso debería haber poca diferencia.

Esta fábrica mexicana brinda el tiempo promedio mayor por cada uno de los procedimientos que efectúa con un solo operario desde el inicio de la línea de producción hasta el final, cuando sale la resistencia de cartucho de alta densidad como un producto terminado. Para efectos del proyecto de investigación se analizará el tiempo de capacidad de producción que tiene actualmente Electro MAZ Limitada con la fabricación de resistencias de cartucho de baja densidad, también con respecto al tiempo teórico presentado por la compañía mexicana y un último análisis al cual se le agregan procedimientos necesarios para el sistema de producción de resistencias de cartucho de alta densidad. Este será propuesto en el proyecto de investigación a Electro MAZ Limitada

Actualmente, la planta de producción de Electro MAZ Limitada tiene un horario de trabajo de lunes a viernes, el cual se desglosa de la siguiente manera: de lunes a jueves el horario inicia a las 6:00 a. m. y finaliza a las 4:30 p. m (sumando 10.5 horas) a las cuales se le restan 30 minutos de almuerzo, 15 minutos de desayuno y 15 minutos de café en la tarde (por lo que queda un tiempo efectivo de labor de 9.5 horas). A la semana se suman 38 horas y el viernes el horario inicia a las 6:00 a. m. y finaliza a las 4:00 p. m (para un total de 10 horas) a las cuales se les resta 1 hora de almuerzo, 15 minutos de desayuno y 15 minutos de café en la tarde (por lo que queda un tiempo efectivo de labor de 8.5 horas). Por lo tanto, al sumar las horas de lunes a jueves más las del viernes la jornada semanal se completa por 46.5 horas.

Para efectos del análisis, debido a que los tiempos de producción se encuentran en minutos, se presenta la siguiente tabla 18 que indica la conversión de horas a minutos laborados diaria y semanalmente.

Tabla 18. *Jornada Laboral de Electro MAZ en Minutos*

Jornada Laboral	
Día	Minutos
Lunes	570
Martes	570
Miercoles	570
Jueves	570
Viernes	510
Total	2790

Fuente: elaboración propia.

Capacidad de producción del proceso actual en Electro MAZ Limitada

Para obtener los tiempos de producción actuales en el proceso de fabricación de resistencias de cartucho de baja densidad se consideraron 5 órdenes de producción diferentes. Esto debido a que no hay una herramienta ni históricos de tiempos para cada procedimiento en el proceso de producción de resistencias de cartucho. Se cronometró el tiempo a un mismo operario durante 3 días diferentes, de esta forma, se obtuvo el tiempo promedio más alto en cada uno de los procedimientos. Con estos datos se analizó la capacidad del sistema de producción actual para llevar a cabo un comparativo con los tiempos teóricos para el sistema de producción propuesto. En la siguiente tabla 19 se muestran los tiempos del proceso:

Tabla 19. *Tiempos de producción del proceso actual*

Tiempos Cartucho de Baja Densidad	
Ingresar a SmartSheet	0,25
Generar Orden de Pedido	4,8
Imprimir Orden de Pedido	0,16
Alistar material	1,95
Entregar al Operario	0,33
Corte del Tubo	0,38
Refrentado del Tubo	1,87
Soldadura de tapa	2,18
Hacer resorte p/Bobina	11,7
Ensamble de la bobina	9,7
Llenado de MGO	6,8
Conexión eléctrica y soldadura	3,91
Cierre superior	1,2
Marcado	1,1
Prueba de Calidad	0,45
Total en minutos	46,78

Fuente: elaboración propia.

Como se ve observa la tabla anterior, la sumatoria de los tiempos por procedimiento para la fabricación de resistencias de cartucho de baja densidad es de 46.78 minutos por unidad terminada. Con este dato se calcula la capacidad que tiene el sistema actual al tomar en cuenta que de lunes a jueves trabajan 570 minutos y los viernes 510 minutos.

Tabla 20. *Capacidad del proceso actual*

Día	Minutos Laborados	Tiempo de producción por Unidad	Capacidad de producción
Lunes	570	46,78	12
Martes	570	46,78	12
Miércoles	570	46,78	12
Jueves	570	46,78	12
Viernes	510	46,78	11
Total	2790	46,78	60

Fuente: elaboración propia.

De acuerdo con estos datos, el sistema tiene una capacidad de producción de 12 unidades diarias de lunes a jueves para una sumatoria de 48 unidades en ese periodo. A esto se le suma la capacidad de los viernes que serían 11 unidades, lo que suma una producción de 60 unidades producidas a la semana (por redondeo)

Capacidad del sistema, según tiempos teóricos de empresa mexicana

Para determinar los tiempos teóricos del sistema de producción de resistencias de cartucho de alta densidad propuesto, se obtienen de una compañía mexicana (por privacidad el nombre no se comparte). Estos cálculos de capacidad se aplicarán para la propuesta del sistema en Electro MAZ, los cuales se compararán con el sistema ya implementado y, de esta forma, se creará una base de datos sobre tiempos reales en la producción de la planta de Electro MAZ. En la propuesta del diseño se crea una hoja estructurada para la toma de tiempos en los procedimientos para tener los datos reales. En la siguiente tabla 21 se muestran los datos de los tiempos teóricos proporcionados para el cálculo de la capacidad teórica del sistema de producción propuesto:

Tabla 21. *Tiempos teóricos de fábrica en México*

Tiempos Cartucho de Alta Densidad (México)	
Corte del Tubo	0,25
Refrentado del Tubo	1,26
Soldadura de disco de Acero Inoxidable	1,1
Bobinado	2,51
Ensamble de la bobina	2,16
Llenado de MGO	4,35
Conexión eléctrica y soldadura	2,63
Compactado	0,9
Pulido	0,66
Marcado	0,67
Cierre superior	1,33
Prueba de Calidad	0,5
Total en minutos	18,32

Nota: Fabrica de Resistencias México.

La suma de los tiempos por procedimiento que contemplan todo el ciclo de producción de resistencias de cartucho para la fábrica en México es de 18.32 minutos por unidad producida. De acuerdo con este dato se analiza la capacidad que podría tener el sistema con la jornada laboral aplicada en Electro MAZ (ver tabla 22).

Tabla 22. *Capacidad del proceso compañía mexicana*

Día	Minutos Laborados	Tiempo de producción por Unidad	Capacidad de producción
Lunes	570	18,32	31
Martes	570	18,32	31
Miércoles	570	18,32	31
Jueves	570	18,32	31
Viernes	510	18,32	28
Total	2790	18,32	152

Fuente: elaboración propia.

Según la información brindada, de lunes a jueves se trabajan 570 minutos de tiempo total

efectivo, por esto, con los tiempos teóricos brindados, el sistema podría tener una capacidad para producir 31 unidades diarias, al sumar a 124 unidades en esos 4 días, más la capacidad que tendría el sistema el viernes que serían 510 minutos de tiempo laboral. Esto da como resultado una capacidad de producción de 28 unidades, al sumar las 124 unidades más las 28 que se producen el viernes con una producción semanal teórica de 152 resistencias. Con este resultado se puede obtener un sistema que aumente su capacidad de producción en 38 % aproximadamente más que la capacidad del sistema actual de Electro MAZ, por lo que puede producir 93 resistencias más a la semana.

Capacidad de producción del sistema propuesto para la fabricación de resistencias de cartucho en Electro MAZ Limitada con base en los tiempos teóricos brindados por la compañía mexicana y sumados algunos procedimientos propuestos

El sistema de producción de resistencias de cartucho propuesto para Electro MAZ Limitada tiene algunos procedimientos más que deberían sumarse a los tiempos teóricos que brindó la fábrica en México. Por esto, en la siguiente tabla 18 se suman para llevar a cabo un cálculo más próximo sobre la capacidad teórica que tiene el sistema.

A los 18.32 minutos que suma el tiempo de producción por unidad en el proceso de la fábrica en México se le suman procedimientos propuestos para el nuevo sistema de producción de resistencias de cartucho de alta densidad en Electro MAZ Limitada. Estos son los siguientes: ingresar al sistema de SmartSheet, calcular la fórmula con los datos necesarios para ingresar en la máquina bobinadora. Posterior a estos el alisto de materiales y la Orden de Producción (O.P) hasta que se entrega el material y la Orden de Producción (O.P) al operario en la planta. Cada uno de estos se suma a los procedimientos de los tiempos obtenidos por la compañía mexicana, se toman como tiempos teóricos y se hace una simulación de cada procedimiento para ajustar la capacidad.

En la siguiente tabla 23 se presenta cada procedimiento del proceso propuesto con sus respectivos tiempos de producción para obtener la sumatoria total:

Tabla 23. *Tiempos teóricos de la propuesta para el sistema de producción de resistencias de cartucho de alta densidad*

Tiempos Cartucho de Alta Densidad	
Ingresar a SmartSheet	0,25
Calcular la Fórmula	0,66
Generar Orden de Pedido	2,16
Imprimir Orden de Pedido	0,16
Alistar material	1,95
Entregar al Operario	0,33
Corte del Tubo	0,25
Refrentado del Tubo	1,26
Soldadura de disco de Acero Inoxidable	1,1
Bobinado	2,51
Ensamble de la bobina	2,16
Llenado de MGO	4,35
Conexión eléctrica y soldadura	2,63
Compactado	0,9
Pulido	0,66
Marcado	0,67
Cierre superior	1,33
Prueba de Calidad	0,5
Total en minutos	23,83

Fuente: elaboración propia.

Tabla 24. *Capacidad del proceso propuesto*

Día	Minutos Laborados	Tiempo de producción por Unidad	Capacidad de producción
Lunes	570	23,83	24
Martes	570	23,83	24
Miércoles	570	23,83	24
Jueves	570	23,83	24
Viernes	510	23,83	21
Total	2790	23,83	117

Fuente: elaboración propia.

La suma total sería de 23.83 minutos por unidad producida, por esto, el sistema tendría la

capacidad de producción de lunes a jueves con un tiempo laboral de 570 minutos por día de 24 unidades diarias más 96 unidades entre los 4 días anteriormente mencionados y para el viernes con una jornada laboral de 510 minutos el sistema podría mantener una capacidad de producción de 21 unidades. Por lo tanto, a la semana se podrían fabricar hasta 117 resistencias de cartucho de alta densidad.

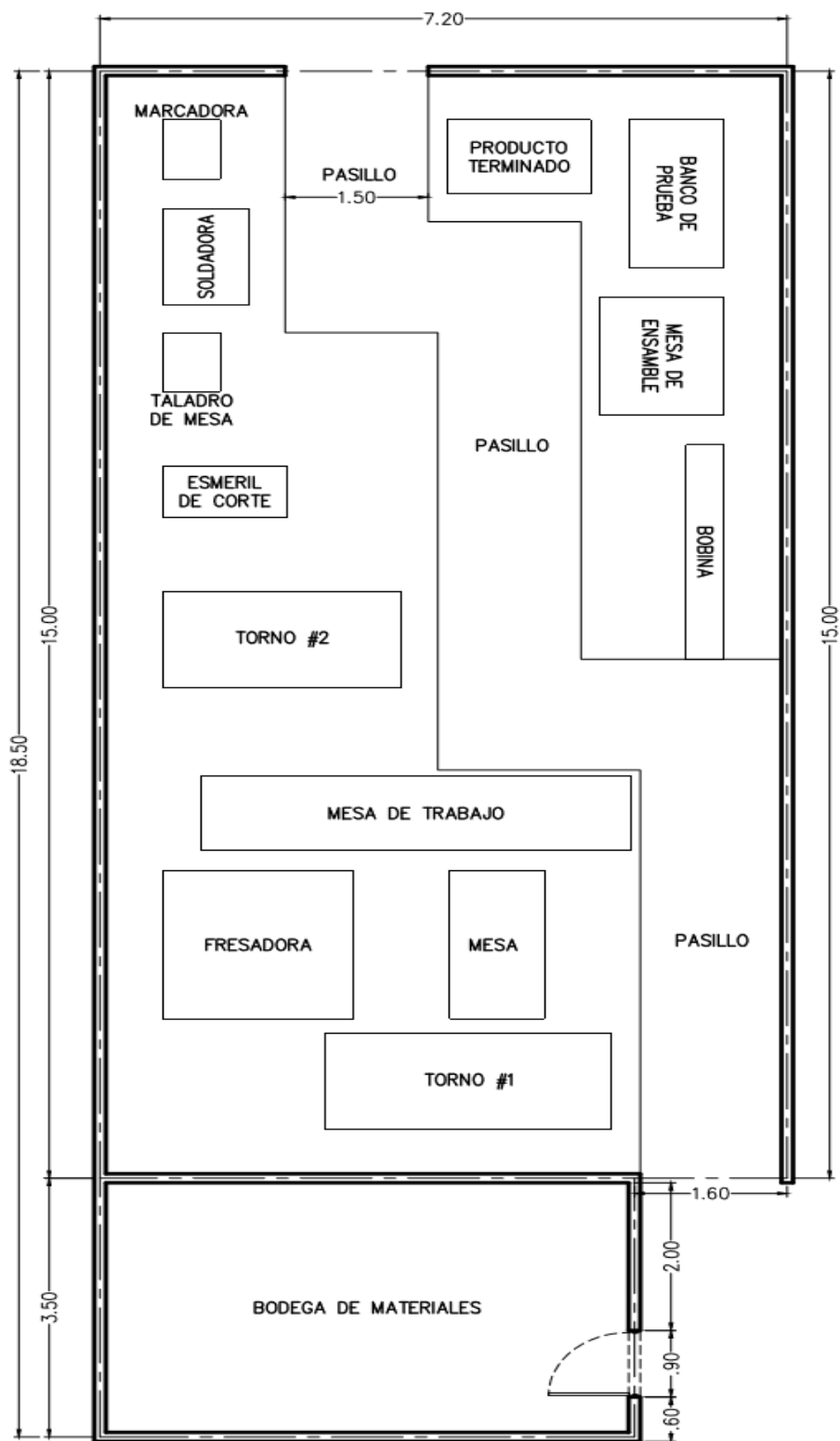
Distribución de la planta actual

La planta de producción de Electro MAZ Limitada se ubica en Colima de Tibás, 100 metros este de las oficinas de venta de Metalco. En la actualidad, se desarrolla el proceso de resistencias de cartucho de baja densidad y algunos trabajos de precisión en los que lo que pretende el propietario de la compañía es sacar los equipos que no se relacionen con la producción de resistencias de cartucho y trasladarlos a unas bodegas ubicadas a un costado de la planta actual. Por lo tanto, se tendrá mayor espacio para el aprovechamiento de la distribución para la propuesta del sistema de producción para resistencias de cartucho de alta densidad.

En la figura 23 se muestra el croquis de la distribución de la planta actual, el cual se divide en planta con una construcción de 7.20 metros de ancho por 15 metros de largo con un área total de 108 m² y una bodega de materiales de 3.50 metros de ancho por 5.60 metros de largo, para un área de 19.6 m² de construcción. Cuenta con un pasillo de 1.50 metros de ancho demarcado que atraviesa toda la planta y lleva a una entrada de 1.60 metros de ancho y una salida de la misma dimensión.

Actualmente, la planta cuenta con la patente al día para el desarrollo de la actividad de taller industrial y fabricación de resistencias eléctricas bajo la sociedad de Electro MAZ Limitada. Todo lo que se produce se lleva al área de tienda en donde el Departamento de Bodega junto al de Ventas son los encargados de entregar este producto terminado al cliente.

Figura 23. Distribución de planta actual



Fuente: elaboración propia.

CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En el presente capítulo se mencionan las conclusiones y recomendaciones del proyecto. Se simplifican y retoman los resultados del análisis de la situación actual y los puntos más importantes obtenidos. Esto con el objetivo de sugerir ideas y soluciones que se pueden considerar en la propuesta para el diseño de los procesos del sistema de producción de resistencias de cartucho de alta densidad y los requerimientos que se plantearán para la compañía Electro MAZ Limitada.

Conclusiones

- Con respecto al análisis de la situación actual encontrada en los procesos de fabricación en Electro MAZ Limitada, se requieren mejoras y estructuras para fabricar resistencias de cartucho de alta densidad. Esto debido a que actualmente no hay nada documentado, por lo tanto, al no llevar a cabo una medición no hay control de los procesos. Este sistema de producción requiere mejoras en tiempos, mantener alta calidad en los estándares establecidos en cada uno de los procesos, así como un buen servicio al cliente, calidad en los productos y aumentar el nicho de mercado. Por ende, surge la necesidad de evolucionar el producto acompañado de equipo automatizado y calificado que facilite la función del operario, con el fin de que la resistencia sea satisfactoria en cualquier aplicación que se utilice, ya que en la actualidad no lo cumple.
- El sistema de producción de resistencias de cartucho de alta densidad requiere de una nueva distribución de la planta en función de los procesos y sus procedimientos. Lo que se busca es aumentar la eficiencia, reducir mudas y reproceso en el sistema. Por esto, es importante el estudio de cada área para comprender la función y aprovechar cada metro del local, por lo que se considera el espacio con las dimensiones de los equipos, maquinaria y materia prima. Se propone utilizar una mesa móvil para trasladar de un lado a otro la pieza que se esté ensamblando y, de esta forma, evitar el contacto con el operario para reducir suciedad y contaminación dentro de la resistencia de cartucho. La planta actual cuenta con un espacio amplio para la cantidad de maquinaria y equipo necesario, por lo que se recomienda una distribución con suficiente espacio entre estaciones, lo que ayudará a evitar los accidentes cuando se desarrolla el proceso con más de un trabajador.

- De acuerdo con el análisis de la situación actual, en Electro MAZ Limitada nada se mide y, por ende, no se puede controlar. Con base en la Hoja de Observación se describió el proceso que actualmente lleva a cabo el operario y con esto se desarrolló un diagrama de flujo, el cual se tomó como base para el desarrollo del sistema de producción propuesto. El proceso actual mantiene similitud con respecto al propuesto, al que se le agregaron procedimientos y restricciones para asegurar que el producto llegue al final del ciclo con la menor cantidad de no conformidades posibles, o bien un producto no conforme en su totalidad. El depender del criterio y decisión única del operario ha llevado a que salgan productos sin ningún tipo de prueba de calidad, o que sea no conforme para la aplicación que el cliente solicita.
- Actualmente, muchos de los procesos utilizados por los clientes requieren de resistencias de cartucho de alta densidad y, debido a esto, incluso algunos utilizan las de baja densidad, por lo que tienen problemas en sus procesos de producción por daños que presentan estas resistencias. Estos van desde quemarse porque se quiebra el aislador hasta que la resistencia tenga un diámetro mayor al de la cavidad del bloque metálico en el cual se utiliza para la transferencia de calor. No controlar las demandas insatisfechas manejadas por políticas internas ha hecho que se repongan garantías que la empresa no debía asumir, pero lo hicieron para mantener un cliente, lo que provoca un reproceso desde cero en una orden de producción.
- La planta de fabricación de resistencias eléctricas en Electro MAZ Limitada no tiene una etapa de costeo del producto terminado. La mayoría de los precios que se manejan son empleados por los vendedores a criterio subjetivo con base en su experiencia, algunas tablas de proveedores en el exterior o que el producto tenga historial en una proforma que se restablece y se envía nuevamente al cliente. Estipular un costo real de las resistencias de cartucho de alta densidad es esencial para competir con el mercado extranjero.
- De acuerdo con el análisis de capacidades, con base en los tiempos teóricos empleados por la compañía mexicana, el sistema de producción de resistencias de cartucho de alta densidad propuesto para la compañía Electro MAZ Limitada podría alcanzar una producción teórica de hasta 113 unidades por semana, con un tiempo de producción por unidad de 23 minutos. Con este dato se puede considerar una comparación con respecto al dato proyectado para la demanda futura y conocer si se puede satisfacer también la compra de materia prima,

maquinaria necesaria y personal requerido para el desarrollo del proceso de producción.

- La comparación entre las resistencias de cartucho de baja densidad y de alta densidad permite determinar la diferencia que existiría con el uso de maquinaria automatizada para obtener un producto competitivo con respecto a lo que requiere el mercado. Esto debido a que de los 75 encuestados un 62.67 % indicó que utiliza en sus procesos resistencias de cartucho de alta densidad. Aparte de esto, mejorar los tiempos de producción actuales es fundamental porque un 82.67 % reveló que solicita el producto cuando es una emergencia para sus sistemas de producción. Actualmente, Electro MAZ Limitada maneja tiempos de entrega de 5 a 8 días hábiles (aunque el tiempo de producción sea menor lo mantienen para respetar las O.P que se encuentran antes y, de esta forma, cumplir el tiempo indicado al cliente).

Recomendaciones

- Entre las recomendaciones para la compañía Electro MAZ Limitada se encuentra que desarrollar un proceso de producción de resistencias de cartucho de alta densidad lo aprobó el 93.33 % de los encuestados. Se tomó de manera positiva, como *Excelente*, que este producto se fabrique en el país, además que, según el 62.67 % de las personas encuestadas, utilizan resistencias de alta densidad para sus procesos de producción. Sin embargo, no todos tienen la posibilidad de emplearlas por tiempos de entrega muy extensos y porque el precio por unidad es alto.
- Como sugerencia para la distribución de la planta actual se debe manejar mediante un SLP (Planificación Sistemática del Diseño) con base en un Diagrama de Relaciones. Se deben tomar en cuenta los motivos y la necesidad de proximidad que debe mantener un puesto de trabajo con el otro. El objetivo de desarrollar esta herramienta es para organizar la distribución y obtener los cambios que se deben aplicar para el diseño de la planta propuesta, con los que se busque disminuir tiempos improductivos, que la línea de producción tenga una secuencia lógica y efectiva.
- En cuanto a la distribución de la planta, se recomienda diseñar los diagramas de flujo para el proceso completo de fabricación de resistencias de cartucho de alta densidad como también específicos para el procedimiento de cálculo de fórmulas, el de bobinado y

compactado de las resistencias. Debido a que estos no son conocidos por el operario del proceso actual, el cual será una guía para conocer la secuencia de proceso y las restricciones de cumplimiento.

- Acompañado de la estructura para cada procedimiento, se le recomienda a la empresa la contratación de una asesoría y capacitación por parte del ingeniero estadounidense Christian Megelas (experto en fabricación de equipo y maquinaria para la producción de resistencias de cartucho de alta densidad como también en la implementación de estos procesos). Adquirir los servicios del ingeniero experto requiere una inversión de ¢1.500.000,00, la cual cumple con un plan de 20 horas de asesoría y capacitación sobre el producto, para la cantidad de personas necesarias o que la compañía crea conveniente.
- Para el desarrollo del sistema de producción de resistencias de cartucho de alta densidad en la compañía Electro MAZ limitada se recomienda tener un control de costos de producción (actualmente no existe). Por esto, se aconseja el desarrollo de una herramienta como el BOM (lista de materiales) la cual permita ligar el código del producto con su respectiva descripción y en detalle los materiales con sus respectivos costos utilizados para el ensamble de la unidad producida. De esta manera, podría obtener el costo real por unidad producida para garantizar precios justos con una definición de la utilidad.
- Lo anterior favorecerá en un plazo futuro a que el encargado de alisto de materiales pueda obtener la información completa necesaria para el desarrollo de la Orden de Producción con respecto al código de producto solicitado. También ayudará a mantener un control de inventarios debido a que se podrá totalizar la cantidad de unidades por materia prima empleadas en un lapso de producción y, de esta forma, contemplar, de acuerdo con las proyecciones futuras, cuánto es el estimado que debe existir en la compra de materiales.
- Con base en las capacidades del sistema con respecto a los tiempos proporcionados por la compañía mexicana, se recomienda a Electro MAZ utilizar un documento para medir tiempos de producción una vez que el proceso se haya implementado. Este documento debe contemplar las características del producto que se fabricará y tiempos de cada elemento del ciclo completo de producción (debe contener el ciclo desde que llega la solicitud de producción hasta que el producto se termina en su totalidad de ensamble y los elementos como cada una de las actividades que se llevan a cabo en el ciclo).

- Otra de las recomendaciones es medir la demanda insatisfecha, cuando el cliente ha podido adquirir una resistencia, pero por alguna razón no está satisfecho con el producto (que no haya cumplido con sus expectativas o necesidades en el proceso utilizado) es necesario medir y controlar para considerar las pérdidas de la compañía. Se debe acompañar con un análisis del producto y saber si cumple con garantía por algún defecto de fabricación o determinar si fue una mala aplicación por parte del cliente.
- Para mantener estandarizada la estructura de estos documentos se recomienda mantenerla actualizada en un documento de Microsoft Excel, el cual puede compartirlo el supervisor de la planta, el ingeniero de la planta y el gerente de la compañía. Debido a que es información confidencial no debe permitirse el acceso de cualquiera que la pueda manipular y utilizar con fines perjudiciales para la compañía.

CAPÍTULO VI: PROPUESTA

Propuesta

En el presente capítulo se busca brindar una propuesta de solución para el diseño de los procesos y procedimientos en el sistema de producción de resistencias de cartucho de alta densidad en la compañía Electro MAZ Limitada, la cual ayude a la mejora del servicio y la innovación de los productos. Se determina un sistema estandarizado que pueda medirse y controlarse y que tome en cuenta las necesidades de los clientes, tiempo de producción, calidad del servicio y el producto. Para esto se requieren máquinas para la automatización y la mejora en la eficiencia de los procesos.

La propuesta de un sistema mixto lineal, en el que se deben llevar a cabo actividades manuales con la ayuda de maquinaria automatizada, permitirá que el trabajo del operario sea más fácil. Por lo tanto, se hará una simplificación en los procesos, como la máquina bobinadora de alambre sobre el aislador de porcelana le permitirá al cartucho una menor contaminación debido a que el contacto con las manos del operario será mínimo y esto le dará al producto una mejor transmisión de calor y alarga su tiempo de vida. También la máquina compactadora hará una diferenciación en el mercado de las resistencias, ya que sería la primera compañía en producir este tipo de producto en el ámbito nacional, lo que le generará a Electro MAZ Limitada fidelidad y confianza en sus clientes.

Propuesta de diseño para la distribución de la planta

La propuesta para la distribución de la planta se hizo en función de los procesos, para que, tanto la maquinaria como el equipo que se debe utilizar esté a disposición de los operarios de una manera eficiente y se aproveche el espacio de la planta de acuerdo con los requerimientos de los operarios. La estructura está compuesta por una planta baja, en la cual se tomarán en consideración solamente los equipos y maquinaria necesarios para el proceso. Se considerarán estándares de salud ocupacional, accesibilidad para personas con discapacidad, señalización y seguridad para cada uno de los que se encuentren o ingresen a la planta.

Una distribución adecuada de planta ayuda a recortar tiempos de producción, lo que evita traslados innecesarios que hacen que el proceso pierda efectividad y productividad. La ubicación y conocimiento de la relación y dependencia de un procedimiento o área de la planta con la otra hace que el operario mantenga la secuencia en la línea de producción y secuencia del proceso.

Para el desarrollo de la propuesta y reestructura de la distribución en la planta de Electro MAZ Limitada se desarrolló un Systematic Layout Planning (SLP) (en español significa: Planificación Sistemática del Diseño). Este es un método con la mayor aceptación y es comúnmente utilizado para resolver problemas de distribución en planta a partir de criterios cualitativos.

Con el desarrollo del método se buscan técnicas de descripción, permite identificar, valorar y visualizar todos los elementos involucrados en el proceso de producción. Para su desarrollo se comprenden al menos 4 fases, como localización, planes de distribución en general, un plan de distribución detallada de la planta y, por último, la instalación que es cuando se desarrolla por completo lo propuesto por el SLP. Enseguida, se presenta la simbología de relaciones para la distribución de la planta:

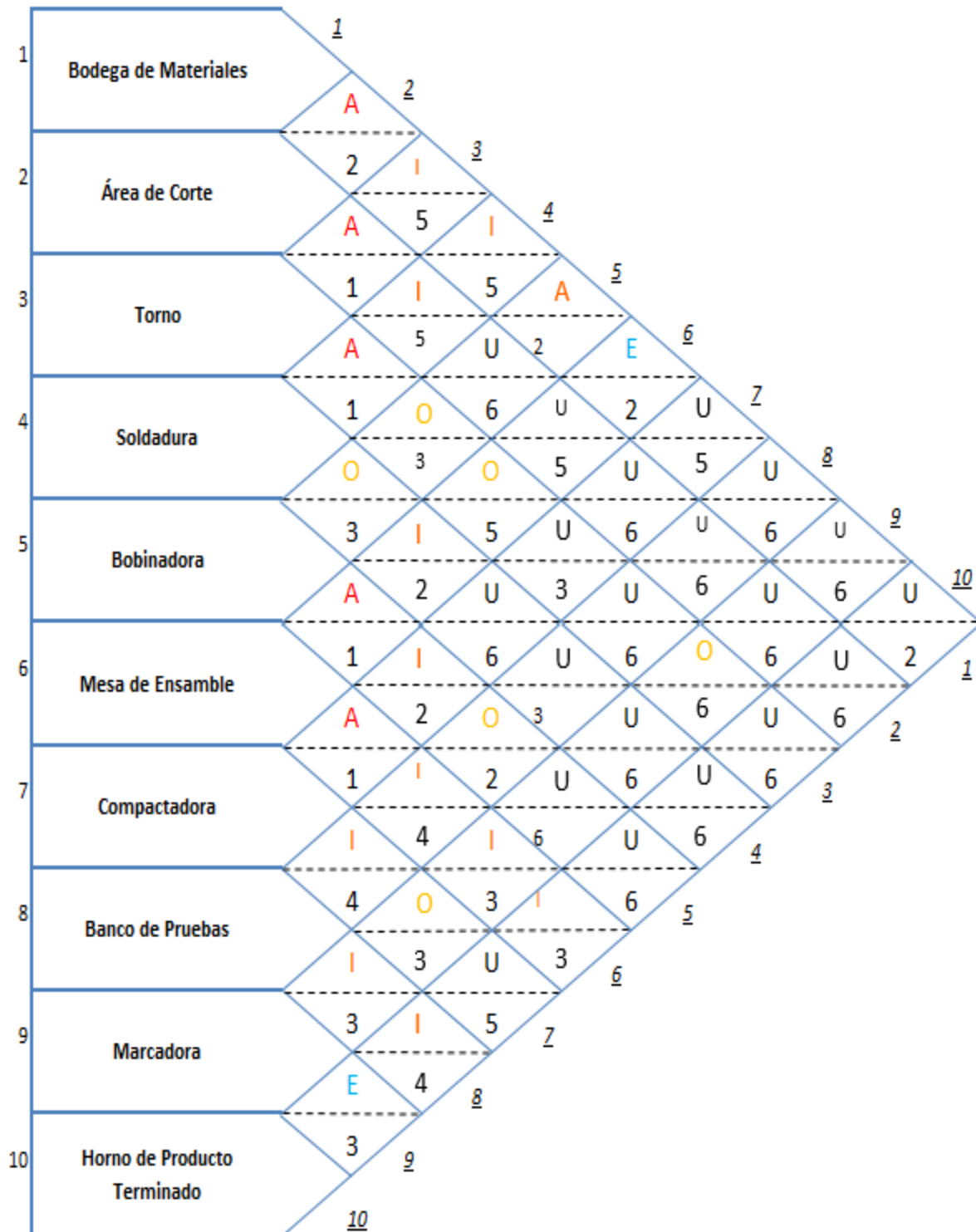
Tabla 25. *Tabla de Simbología para distribución de planta*

MOTIVOS		PROXIMIDAD	
Cód.			
1	Proximidad del proceso	A	Absolutamente Necesario
2	Movimiento de materiales	E	Especialmente Importante
3	Movimiento del producto	I	Importante
4	Control de Calidad	O	Ordinario
5	Flujo de material bajo	U	Sin Importancia
6	Proceso no relacionado	X	No deseable

Fuente: elaboración propia.

En la tabla 25 se presenta la simbología necesaria para el desarrollo del diagrama de relaciones. La simbología en números del 1 al 6 son los motivos de la relación entre un área con la otra y la simbología en letras representa el grado de importancia en la relación que tiene cada área del proceso de producción.

Figura 24. Diagrama de relaciones para distribución de planta propuesta



Fuente: elaboración propia.

Como se detalla en la figura anterior se analizó la localización y la relación que tiene cada área

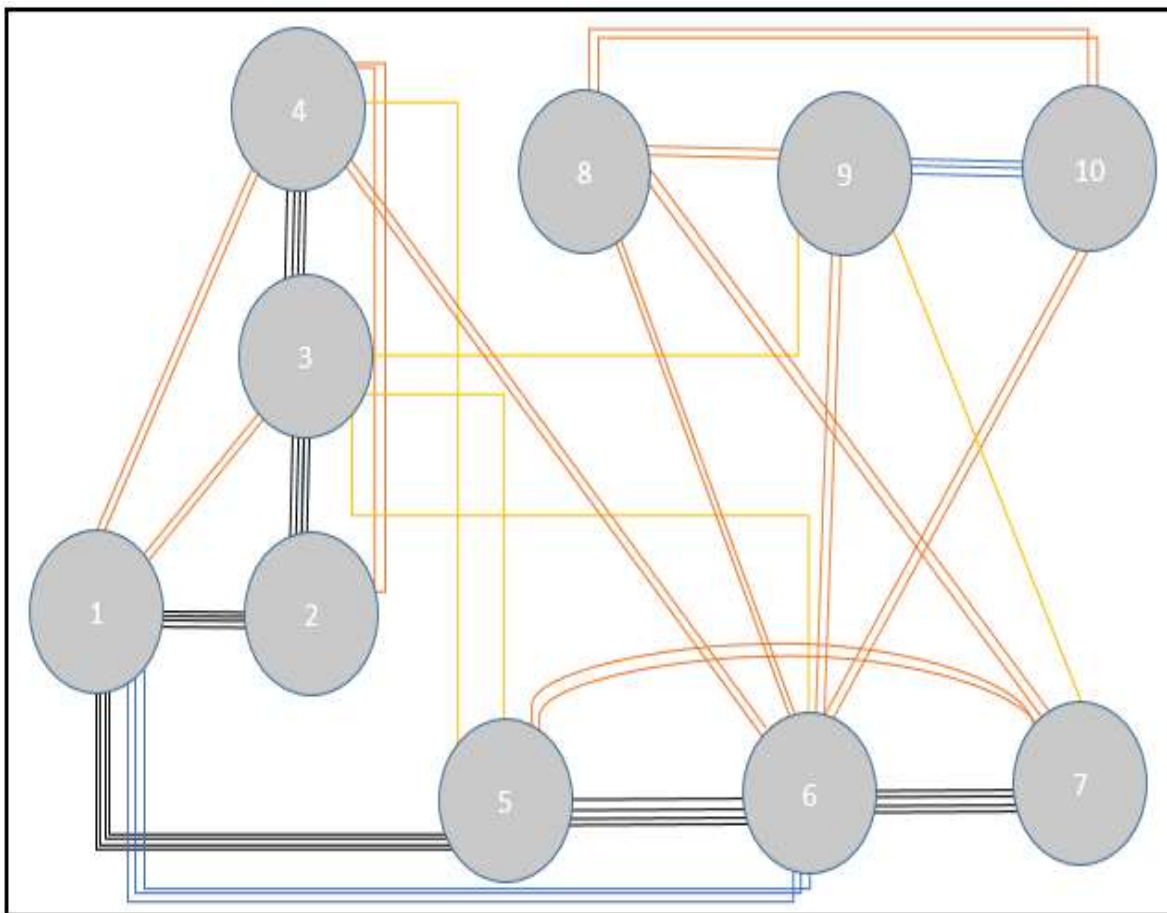
o procedimiento en el proceso de producción de resistencias de cartucho de alta densidad, según su nivel de importancia y con esto la cercanía que se debe representar. La bodega de materiales inicia el proceso con una relación absolutamente necesaria con áreas como el corte del tubo y la bobinadora donde debe entregarse el material para el desarrollo del producto. Con la mesa de ensamble se maneja, de manera importante, ya que en algunos casos puede requerirse material a la mesa por algún daño que pueda tener alguno en el proceso.

Posteriormente, el Área de Corte junto con el torno y la soldadura son procesos seguidos en los que su cercanía y dependencia uno con el otro es necesaria para que después se lleven a la mesa de ensamble en la que se juntan con las bobinas provenientes del proceso de bobinado del aislador de MGO con el alambre de Nicromio. Una vez ensambladas las resistencias de cartucho con todos los elementos es necesaria la relación entre la mesa de ensamble y la máquina compactadora de tubo. Una vez concluidas las etapas anteriores el producto obtiene una relación a nivel importante con el banco de pruebas para asegurar la calidad de la resistencia ensamblada y lista para entregar al cliente final, donde se prueba el aislamiento y los ohmios, según solicita la Orden de Producción.

La marcadora será el procedimiento encargado de colocar las características de la resistencia para que lo pueda identificar fácilmente cualquier persona que necesite adquirir información de esta y el horno donde se encuentra el producto terminado para llevar a cabo el proceso de secado antes de entregarse al cliente final. Este proceso se establece un lapso de secado de mínimo 12 horas y máximo 24 horas (esto por efecto de despacho del producto), pero si excede las 24 horas no hay problema, ya que ayuda a la vida útil de la resistencia mientras no se esté utilizando. Por esto, se recomienda al cliente tenerla en un lugar seco y cálido para que no se le impregne humedad.

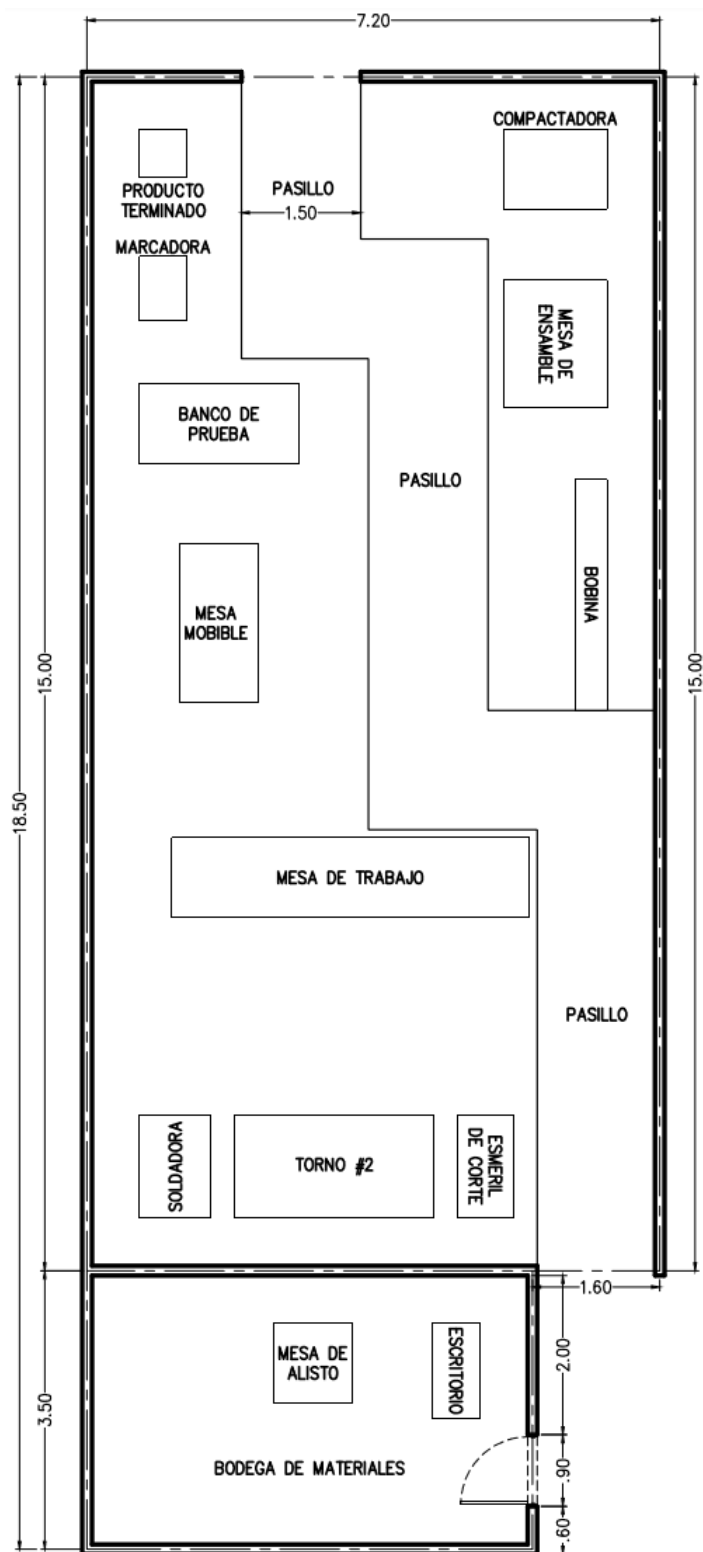
Con los códigos de líneas definidos se procede a diagramar la relación entre las áreas de producción y, de esta forma, visualizar de mejor manera la cercanía que debe tener cada una con la otra respecto a la relación que se desarrolla en el proceso de producción de resistencias de cartucho de alta densidad. Al relacionar las áreas dentro de la planta se podrá distribuir en el plano de la planta actual, de forma efectiva, la relación entre cada una e indicarle al operario porqué la importancia de una con la otra. A continuación, en la siguiente figura 25, se detalla la relación de las actividades conectadas por líneas:

Figura 25. Relaciones entre líneas SLP



Fuente: elaboración propia.

Tabla 26. Distribución de Planta Propuesta



Fuente: elaboración propia.

Como se observa en el plano de la distribución propuesta en figura #26 para la planta de producción de Electro MAZ Limitada en comparación con la actual, hay muchos equipos y maquinaria que no se utilizan en el proceso de fabricación de resistencias de cartucho de alta densidad. Esto hace que ocupen espacio efectivo para una distribución eficiente de la planta, lo que ayuda los tiempos de producción, traslados más cortos, estaciones de trabajo ubicadas de manera específica, para mejorar los tiempos de producción.

Maquinaria y equipo

Cada vez que se desea implementar un nuevo diseño o sistema de producción se debe evaluar y mejorar la maquinaria y el equipo que se mantiene actualmente. Al ser un nuevo proceso se lleva a cabo el estudio de la maquinaria requerida para desarrollar la fabricación de un nuevo producto.

Por esto, se presenta, a continuación, un análisis descriptivo de la maquinaria y equipo actual que mantiene Electro MAZ Limitada en su planta de producción, el cual se requieren para ejecutar los procesos y procedimientos para la propuesta del sistema de producción de resistencias de cartucho de alta densidad. Además, se plantea el análisis descriptivo y funcional de la maquinaria nueva y necesaria para la fabricación de este producto.

Entre la maquinaria requerida (nueva) se encuentra la bobinadora de aisladores de óxido de magnesio con el alambre de Nicromio y la compactadora de tubo de acero inoxidable. Estas son las máquinas encargadas de los procedimientos que harán la diferencia en la elaboración de las resistencias de cartucho de alta densidad, debido a que el proceso pasará de un bobinado de alambre de Nicromio, de forma manual y enhebrado en un aislador cerámico, a un bobinado alrededor del diámetro del aislador. Esto provocará mayor sujeción y menor movimiento entre las vueltas de la bobina, terminando con el compactado del óxido de magnesio y el aislador con la máquina compactadora de tubos, lo que le permitirá a la resistencia tener cualquier golpe, vibración y movimiento.

Aparte de las dos máquinas nuevas es necesario equipo que la compañía actualmente utiliza para la fabricación de resistencias de cartucho de baja densidad, Entre este se encuentra la cortadora y peladora de cable, el torno, la cinta métrica y el calibrador digital, la soldadora, la marcadora, el esmeril de corte y el horno de secado del producto terminado.

Cinta métrica

La cinta métrica es el primer equipo utilizado en el proceso, debido a que, según la orden de producción, se deben cortar los tubos de acero inoxidable con la medida correcta. En ese caso se utiliza una cinta de 3 metros de largo, ya que los elementos de resistencias de cartucho de alta densidad no tienen tanta longitud. Se mide la guía de corte y posterior a esto se verifica cada uno de los tubos cortados para asegurarse que la tolerancia longitudinal de +2 a -2 mm se cumpla (ver figura 27):

Figura 26. Cinta métrica



Fuente: elaboración propia.

Calibrador digital

Para el control y la medición de los diámetros finales es necesario un calibrador digital de alta calidad. La compañía cuenta con un calibrador de la marca Mitutoyo, que en el mercado se aproxima a un valor de los \$285.000, con estándares UL en su calibración. Además, una vez al año se envía a laboratorio para que lo chequeen y recalibren, de esa manera, se asegura que la tolerancia en el diámetro de la resistencia de cartucho de alta densidad ya terminada se mantenga entre los 0 / -0.02 a -0.06 mm, el cual se utiliza para la medición de la parte superior, centro y parte inferior de la resistencia. Este calibrador podría utilizarse en diámetros desde los 6.30 mm hasta 19.05 mm y también en la longitud de resistencias que no sobrepasen los 150 mm de largo (ver figura 28):

Figura 27. Calibrador digital



Fuente: elaboración propia.

Esmeriladora

Esta se utiliza para el corte del tubo a la medida que solicita la Orden de Producción. Se encuentra instalada en una mesa para controlar una medida igual y el accionamiento del arranque y paro de esta. La mesa tiene una guía desde el inicio del disco de corte la cual después de hacer la medida puede fijarse para que no haya movimiento, también el control de encendido y apagado se hace por un pedal el cual acciona uno de los pies del operario. Esto permite que las dos manos estén libres y que con la izquierda pueda mantener el comando de la esmeriladora y con la otra colocar, mantener y quitar el tubo una vez cortado. En caso de emergencia solamente levanta el pie del pedal y el equipo deja de girar (ver figura 29):

Figura 28. Esmeriladora



Fuente: elaboración propia.

Torno

Electro MAZ Limitada cuenta en su planta con un torno de la marca LUX-MATTER, específicamente el modelo LUX-1440. Este tiene un motor de 3 HP y una aceleración de hasta 2000 RPM, tiene con una longitud de carrera de máximo 1 metro (100 cm) por lo que tendría capacidad la planta de producir resistencias de cartucho de alta densidad hasta de 115 cm de longitud. El torno se utiliza para el refrentado del tubo (también conocido como fronteadado) la práctica es para quitar el filo que queda en el tubo debido al corte. Se coloca la cuchilla perpendicular al eje del giro entre un ángulo de 55° a 60° , esto se debe hacer en ambos extremos del tubo para que quede listo para el proceso de soldadura (ver figura 30):

Figura 29. Torno



Fuente: elaboración propia.

Soldadora

La planta actual de la compañía cuenta con una soldadora marca Orion de la Serie C. Este es un equipo versátil, compacto y con gran facilidad de uso (hace que el operario todavía sin tener alta experiencia en soldaduras pueda tener un rápido aprendizaje). Este equipo tiene la capacidad en potencia desde los 0.5 a los 100 julios de soldadura de energía de arco de impulso, de manera ajustable. En el proceso que se llevará a cabo con las resistencias de cartucho de alta densidad se

debe soldar la tapa metálica a un extremo del tubo, este es de pared delgada en acero inoxidable 304. Se recomienda utilizar una potencia entre los 35 y 40 julios, esta hace un trabajo muy similar a una Soldadora TIG (ver figura 31):

Figura 30. Soldadora



Fuente: elaboración propia.

Bobinadora

Por solicitud de Electro MAZ Limitada se mantiene de manera confidencial la marca y el modelo de la máquina bobinadora que se utiliza en el proceso. Esto se debe a que en el país no hay ninguna otra empresa y, por ende, ninguna máquina igual para ejecutar este procedimiento. Sin embargo, se indica la función que cumpliría en el sistema de producción de resistencias de cartucho de alta densidad, la máquina será la encargada de bobinar el alambre de Nicromio en el aislador que conforma el cuerpo interno de la resistencia. La tensión y separación en cada una de las vueltas alcanzará la capacidad en Ohmios necesaria.

La bobinadora se debe configurar con los datos establecidos por una fórmula que se desarrollará en un archivo de Microsoft Excel. Esto le permitirá al operario mayor rapidez, estandarización en el proceso y confiabilidad en los datos. Por ejemplo, indicará el alambre necesario para la bobina, en específico brindará los ohmios y amperios por metros que este puede soportar, los parámetros por configurar que presenta la pantalla de la bobinadora serán:

No Of Turns (Número de Turnos): se refiere al número de vueltas que debe hacer para alcanzar los ohmios necesarios.

Wind Speed (Velocidad): es la variación de la velocidad (en porcentaje) desde 1 % a 100 % con la que la máquina puede bobinar. Por recomendación de la fábrica utilizarla en un 80 % es una velocidad adecuada debido a que la tensión que provoca en altas velocidades, según calibra el alambre, podría hacer que este se corte y paralizar el proceso.

Trav Retrtn (Largo efectivo del aislador): este parámetro de la máquina es el que se encarga de indicar el recorrido (longitud en mm) que tendrá el bobinado sobre el aislador.

Wire Pitch (Distancia entre vueltas): la fórmula también indicará, tomando en cuenta el espesor del alambre y su amperaje, la distancia que debe haber entre cada una de las vueltas para lograr el recorrido del espacio y alcanzar los ohmios necesarios (ver figura 32):

Figura 31. Bobinadora



Nota: Electro MAZ Limitada.

Compactadora

La máquina compactadora es la encargada de marcar la mayor diferencia que hay entre una resistencia de cartucho de baja densidad con una de alta densidad, debido a que es un procedimiento único. En este se lleva a cabo la disminución del tubo relleno con el aislador bobinado y el óxido de magnesio, la tapa soldada, los cables de conexión y el tapón. Este compactado no puede aumentar más allá del 15 % (por recomendación del fabricante del equipo) ya que esto hará que el tubo adquiera mayor dureza y dañe los dados de compactación que se encuentran a lo interno de la

máquina.

Este procedimiento hará que el aislador, que está compuesto por óxido de magnesio, la tapa inferior, los centradores y el óxido de relleno, se compacten en uno solo y recubran el bobinado del alambre. Esto provocará una mayor densidad en la resistencia y, a la vez, permitirá que todas las partículas se mantengan en su lugar, para que, en el momento de colocarse en un proceso de golpeteo o vibración, no tenga ningún desplazamiento interno del óxido y deje al descubierto el alambre que pueda tocar el tubo a lo interno. Esto provocaría un corto de corriente y haría que la resistencia se quemara de inmediato o que un aislador se quiebre y propicie que los alambres del bobinado hagan contacto lo que, de igual manera, provocaría un corto de corriente.

Lo anterior muestra la importancia que mantiene la máquina compactadora durante el sistema de producción de resistencia de cartucho de alta densidad, pues permite la utilización de esta en cualquier aplicación de calefacción relacionada con bloques o mordazas metálicas (Ver figura 33):

Figura 32. Compactadora



Fuente: Electro MAZ Limitada.

Cortadora de cable

La cortadora para el cable de fibra de vidrio utilizado en el ensamble de la resistencia de cartucho de alta densidad se mantiene en el puesto de mesa de ensamble para que el operario pueda hacer el corte del cable que necesitará para la conexión. De manera estándar cada resistencia de cartucho tendrá 1 metro de cable en cada punta de conexión, esto solamente podría variar si es un pedido

especial del cliente que solicite más de 1 metro de cable en la salida. Esta herramienta hace un corte perfecto en este material y no afecta el recubrimiento de fibra de vidrio ni tampoco los alambres conductores de níquel, que son los encargados de la conductividad de la energía hacia la resistencia de cartucho de alta densidad (ver figura 34):

Figura 33. Cortadora de cable



Fuente: elaboración propia.

Peladora de cable

La peladora de cable será la herramienta utilizada para quitar el forro de fibra de vidrio que trae el cable. Al igual que la cortadora se mantendrá en la estación de ensamble para que el operario pueda remover 1 cm del forro del cable en uno de sus extremos para que esté listo en el momento que se debe soldar al alma de hierro de las conexiones (ver figura 35):

Figura 34. Peladora de cable



Fuente: elaboración propia.

Multímetro digital (Tester)

El instrumento de medición multímetro digital tipo *tester* de la marca Fieldpiece modelo SC260 es el que tiene la compañía Electro MAZ Limitada. Este será el que se utilizará para hacer las mediciones de ohmios en las resistencias en dos de los procesos del sistema de producción. La primera será una vez se hayan ensamblado las bobinas y después al final de la producción cuando la resistencia pase a ser producto terminado en la prueba del control de calidad.

La empresa tiene aproximadamente 8 años de utilizar estos instrumentos y cada 18 meses se envían a laboratorio de fábrica a recalibrar para asegurarse que se mantendrá el +5 a -5 % de los ohmios necesarios para alcanzar la potencia (watts) solicitada por el cliente. Este dato del porcentaje de tolerancia se ha manejado en el proceso actual de resistencias de cartucho de baja densidad (ver figura 36):

Figura 35. Multímetro Digital



Fuente: elaboración propia.

Instrumento de medición de aislamiento

Este instrumento se utiliza también en la etapa de pruebas con el cual se harán las pruebas de medición de aislamiento a tierra y continuidad que pueda tener el cuerpo de la resistencia con uno de los cables conductores que va directamente a la resistencia interna (bobinado de alambre de Nicromio). El Testboy modelo TV 431 permitirá llevar a cabo la prueba hasta en 4 voltajes disponibles, pero en el caso de las resistencias de cartucho de alta densidad que se producirán en Electro MAZ Limitada se utilizarán 1000 V, en las que el aislamiento no sea menor a 5 Megaohmios. Es un instrumento digital confiable para mantener la aprobación del control de calidad y el producto pueda llevarse al cliente final (ver figura 37):

Figura 36. Medidor de aislamiento



Fuente: elaboración propia.

Marcadora

La marcadora para resistencias utilizada en Electro MAZ Limitada de la marca Telesis modelo TMP 1700 es el sistema de marcado por puntos que puede marcar hasta 6 caracteres por segundo. Esta máquina se adquirió ya que se recomienda para la utilización de procesos en línea o automatizados en fábrica, debido a su rapidez, fácil manejo y excelente marcado.

Este es el último procedimiento que se debe llevar a cabo una vez la resistencia de cartucho de alta densidad esté lista para ingresar al horno de producto terminado. Se coloca la resistencia en la mesa, la cual posee una prensa tipo pinza para evitar el movimiento y mal marcado. En la parte inferior de la resistencia se colocarán las siguientes características:

- Voltaje
- Watts
- www.mazcr.com

- Fecha de fabricación

Figura 37. Marcadora de resistencias



Fuente: elaboración propia.

Horno de secado (producto terminado)

El horno de secado que tiene Electro MAZ Limitada en su planta actual se fabricó en la misma compañía con las requisiciones necesarias para el secado de las resistencias de cartucho una vez estas sean producto terminado. En este horno se mantiene siempre $\frac{1}{2}$ kg de óxido de magnesio para que esté seco en el momento de hacer el relleno de la resistencia, se mantiene a una temperatura de 20°C mientras está con el óxido. A la hora de hacer una carga de producto terminado la temperatura se aumenta a 70°C y como mínimo se debe mantener en un periodo de secado de 12 a 24 horas para poder entregarse al cliente final.

La construcción del horno es de lata metálica aislada con fibra de vidrio para evitar accidentes como quemaduras en el operario. Las medidas de la cámara interna son de 100 cm de alto, 50 cm de ancho y 50 cm de profundidad, se tienen unos bloques de ladrillo refractario (transmite el calor) con orificios que le permiten a la resistencia mantenerse, de manera horizontal. De esa manera, crea las siguientes capacidades: 200 resistencias de hasta 35 cm de largo /200 resistencias de hasta 45 cm de largo, estas dos anteriores pueden mantenerse, a la vez, en el horno y crear una capacidad

de 400 resistencias en un mismo proceso de secado: 200 resistencias de hasta 85 cm de largo, ver horno en la figura 39:

Figura 38. Horno de sacado de producto terminado



Fuente: elaboración propia.

Costo de maquinaria

Anteriormente, se detalló el tipo, la cantidad de maquinaria y equipo que se requieren para llevar a cabo cada uno de los procesos y sus procedimientos. En este apartado se mencionan los costos por la compra de las máquinas, en este caso Electro MAZ Limitada como tiene antigüedad con la fabricación de resistencias eléctricas cuenta con el equipo necesario a su disposición, pero para el nuevo sistema de producción de resistencias de cartucho de alta densidad es totalmente necesario adquirir dos de las máquinas mencionadas, como la bobinadora para los aisladores y la máquina compactadora de tubo. En estos costos se incluye la importación de ambas máquinas, una proveniente de India (bobinadora) y otra de Estados Unidos (compactadora) (ver tabla 27 de costos de maquinaria):

Tabla 27. *Costos de maquinaria*

Costo de Maquinaria	
Maquina	Costo en colones
Bobinadora	¢7 092 000,00
Compactadora	¢16 402 000,00
Costo Total	¢23 494 000,00

Fuente: elaboración propia.

En la tabla anterior se muestra el costo de cada una de las máquinas que deberá adquirir la compañía Electro MAZ Limitada para fabricar las resistencias de cartucho de alta densidad con el sistema de producción propuesto. Estos dos equipos tienen entre su costo el valor de la importación.

Para el procedimiento del bobinado en los aisladores de debe adquirir una máquina bobinadora de alambre de Nicromio, la cual tiene un costo de ¢7.092.000,00 y también una máquina compactadora de tubo, con un costo de ¢16.402.000,00. Esta última es la que daría el acabado del diámetro final a la resistencia de cartucho ya ensamblada. Es importante indicar que las dos máquinas llegan como una sola pieza (no es necesario su ensamble, solamente el ingreso a la planta mediante el montacargas que tiene la compañía).

Lo que se busca en este proceso de producción de resistencia de cartucho de alta densidad es la implementación de un sistema mixto, en el que ambas máquinas con cierto grado de automatización y tecnológicamente avanzadas en conjunto con los demás equipos y herramientas ayudadas de forma manual, faciliten la labor de los operarios y la eficiencia en los procesos.

Depreciación de la maquinaria

La depreciación de la maquinaria se considera para analizar su vida útil y en qué momento se puede tomar la decisión de invertir o cambiar la maquinaria antes de finalizar los años de utilidad. En este caso, se toma el método de depreciación de la suma de los dígitos, este acelera la depreciación los primeros años y al final disminuye. Se recomienda utilizar en la depreciación de maquinaria en la que no es predecible con certeza los años en los que se deprecian.

Además, las máquinas después del tercer año por desgaste inician con problemas y por lo que aumentan los gastos en reparación y hasta obsolescencia total por algún daño que pueda tener alguna

de estas. Con este método se puede presentar una depreciación total en el valor en libros para que, de esta forma, la pérdida en caso de que su depreciación se vea obligada no afecte las finanzas de la compañía. Se presenta el detalle de la depreciación para la bobinadora en la siguiente tabla 28:

Tabla 28. *Depreciación de bobinadora*

Depreciación de Maquinaria (Bobinadora)			
Periodo	Depreciación Anual	Depreciación Acumulada	Valor Neto
0	₡0,00	₡0,00	₡7 092 000,00
1	₡2 127 600,00	₡2 127 600,00	₡4 964 400,00
2	₡1 702 080,00	₡3 829 680,00	₡3 262 320,00
3	₡1 276 560,00	₡5 106 240,00	₡1 985 760,00
4	₡851 040,00	₡5 957 280,00	₡1 134 720,00
5	₡425 520,00	₡6 382 800,00	₡709 200,00

Fuente: elaboración propia.

Como se detalla en la tabla anterior, la depreciación para la máquina bobinadora, es la suma de los dígitos en el cual se toma el 10 % del valor de la máquina, lo que da como resultado en el primer año ₡2.127.600,00 y terminado en el quinto año con una depreciación de ₡425.520,00 con una disminución considerable en la depreciación anual. En ese mismo año, el valor de rescate es de ₡709.200,00, por lo que se debe esperar la determinación de la compañía sobre si renovar la maquinaria o seguir con esta una vez depreciada. Se presenta el detalle de la depreciación para la compactadora en la siguiente tabla 29:

Tabla 29. Depreciación de compactadora

Depreciación de Maquinaria (Compactadora)			
Periodo	Depreciación Anual	Depreciación Acumulada	Valor en libros
0	₡0,00	₡0,00	₡16 402 000,00
1	₡4 920 600,00	₡4 920 600,00	₡11 481 400,00
2	₡3 936 480,00	₡8 857 080,00	₡7 544 920,00
3	₡2 952 360,00	₡11 809 440,00	₡4 592 560,00
4	₡1 968 240,00	₡13 777 680,00	₡2 624 320,00
5	₡984 120,00	₡14 761 800,00	₡1 640 200,00

Fuente: elaboración propia.

En la tabla anterior se presenta la depreciación realizada a la máquina compactadora de tubos que se utilizará en el sistema de producción de resistencias de cartucho de alta densidad. Al igual que la bobinadora, se toma un valor de rescate del 10 % de su costo. Se utiliza también el método de depreciación por suma de los dígitos durante 5 años, esta máquina presenta una depreciación acelerada durante los primeros 3 años. El año uno es de ₡4.920.600,00 y finaliza el periodo de los 5 años con una depreciación anual de ₡984.120,00, por lo que cumple con el valor de salvamento deseado de ₡1.640.200,00. A partir de esto la compañía toma la decisión de renovar la maquinaria o seguir con esta una vez depreciada.

Materia prima

Tubo de Acero Inoxidable 304

El tubo de acero inoxidable 304 es el recomendado para la fabricación de resistencias de cartucho. Electro MAZ Limitada mantiene un *stock* de esta tubería con medidas desde 6 mm, 9.6 mm, 10 mm, 12 mm, 12.6 mm, 14 mm (diámetro) con 3 metros de longitud, con una pared de 0.20 mm de espesor, lo que hace que este material sea accesible y de menor dureza para el compactado. El tubo de acero inoxidable 304 es recomendable debido a que, tanto su pared interna como la externa, son lisas completamente, por lo que no acumula contaminación como otros tubos que mantienen líneas de corrugado a lo interno.

Actualmente, la compañía mantiene un *stock* aproximado de 200 unidades de las medidas

mencionadas, por lo que no debe invertir en la compra de este material para el inicio de la producción de resistencias de cartucho de alta densidad (ver imagen 39):

Figura 39. Tubo de Acero Inoxidable



Fuente: elaboración propia.

Aislador de 4 huecos de MGO (óxido de magnesio)

El aislador que se utilizará en el proceso de fabricación de resistencias de cartucho de alta densidad es de forma cilíndrica, con 4 huecos que van de la parte superior a la inferior recorriendo todo el cuerpo del aislador, los cuales serán atravesados por un alambre metálico que llegará a cada una de las puntas de conexión del bobinado. El aislador está compuesto de óxido de magnesio (MGO) para que, en el momento de llevar a cabo la compactación, este pueda desintegrarse y hacerse uno solo con el óxido de magnesio que se agrega a la resistencia en su interior.

Las medidas necesarias para la fabricación de resistencias de cartucho de alta densidad van desde 3.8 mm, 4.5 mm, 5 mm, 6.5 mm, 7 mm, 8 mm y 11 mm (diámetro) con una longitud de 200 mm. Para el sistema de producción de resistencias de cartucho de alta densidad el aislador de óxido de magnesio es fundamental, ya que dará al producto mayor compactación, consistencia y seguridad al movimiento o la vibración, según la aplicación o proceso que pueda cumplir y la

necesidad del cliente (ver figura 40):

Figura 40. Aislador de MGO



Fuente: elaboración propia.

Tapa Inferior de MGO (óxido de magnesio)

La tapa inferior utilizada en el interior de la resistencia de cartucho de alta densidad compuesta por óxido de magnesio con una forma cilíndrica, pero con su interior hueco y la parte superior, también cumple con dos funciones. La primera es que el aislador ya bobinado pueda alcanzar en el diámetro interior de la tapa y esta cumpla con el centrado del aislador en el interior del tubo para que el alambre bobinado no toque el tubo de acero inoxidable y ocasione un corto eléctrico. La segunda es que la punta inferior de la conexión del alambre del bobinado con el alambre de hierro tampoco mantenga contacto con la parte inferior del tubo de acero inoxidable, de esa manera aislará toda la parte inferior de la resistencia en el momento del proceso de compactado (ver figura 41):

Figura 41. Tapa inferior de MGO



Fuente: elaboración propia.

Tapa superior de cerámica (cerámica de alta temperatura)

La tapa superior de cerámica se utiliza en las últimas instancias del proceso. Una vez el tapón de hule se extrae después de haber compactado, la resistencia se coloca en la parte superior de esta. La tapa tiene 2 huecos, los cuales son atravesados por los cables de conexión de la resistencia asegurándose que estos no tendrán contacto en los puntos de conexión, de esta forma, se evita un salto de corriente entre los cables (esto es cuando se crea un campo eléctrico ionizado, a través del aire que este suele ser un medio normalmente aislante).

Estas tapas están fabricadas por una cerámica de alta temperatura debido a que las resistencias de cartucho de alta densidad podrían alcanzar temperaturas hasta de 800°C por lo que deben soportar también las altas temperaturas. Con respecto a las medidas, cumplen con los diámetros internos de los tubos una vez compactados (ver figura 42):

Figura 42. Tapa Superior Cerámica



Fuente: elaboración propia.

Tapón de hule

Este material se utiliza en el proceso después de llenarse el interior de la resistencia de cartucho de alta densidad con óxido de magnesio, hasta el momento en el que se colocará la tapa cerámica. La función que cumple el tapón de hule es soportar la disminución del tubo por el proceso de compactado y asegurar la conexión de los cables, que no sufran una ruptura y, además, que el óxido de magnesio no se salga y provoque que a lo interior de la resistencia queden espacios vacíos. Esto provocaría que esta se quemara inmediatamente cuando se conecte a la corriente eléctrica. Una vez finalizado este procedimiento se remueve con un pequeño gancho metálico que se encuentra soldado a la mesa de trabajo. No es recomendable reutilizar los tapones de hule debido a que estos ya se contaminaron en un proceso de producción anterior (ver figura 43):

Figura 43. Tapón de hule



Fuente: elaboración propia.

Disco de extremo de acero inoxidable

El disco de acero inoxidable se coloca al extremo inferior del tubo una vez esté refrentado y listo para llenarse del aislador bobinado y del óxido de magnesio. El disco se suelda a una potencia de 35 a 40 julios para asegurar su soporte y golpeteo que produce la máquina compactadora. Tiene la medida del diámetro igual al interno del tubo y se utiliza en acero inoxidable debido a que debe ser el mismo material del tubo, de esta forma, la aleación que provoca la soldadura sea buena y no se separe en el proceso de compactado. Esto provocaría que todo el óxido de magnesio que se encuentra en el interior de la resistencia sea expulsado y esta deba desecharse (ver figura 44):

Figura 44. Disco externo de Acero Inoxidable



Fuente: elaboración propia.

Espaciador MGO (óxido de magnesio)

El espaciador es un elemento que está compuesto también por óxido de magnesio lo que permite, al igual que el aislador y la tapa inferior, su desintegración con el óxido de magnesio que rellena la resistencia de cartucho de alta densidad. Los espaciadores tienen 4 huecos, los cuales se colocan en la misma dirección para cumplir con dos funciones. La primera es que si la resistencia está compuesta por un solo aislador en dos de los huecos pasarán las puntas del alambre de hierro que atraviesa el aislador y hace referencia a los puntos de conexión con el cable de fibra de vidrio y, a la vez, centra el aislador en la parte superior de la resistencia.

La segunda es cuando la resistencia es de un largo mayor a 200 mm y estará compuesta por 2 a más aisladores, los espaciadores son los que llevan a cabo la función de separar a cada uno de los aisladores en sus extremos, centrarlos en el interior del tubo y guiar los alambres de hierro que atraviesan los aisladores en su interior. La utilización del espaciador en el proceso es de suma importancia debido a que si en el momento de ensamblar la resistencia el operario olvida

colocarlos, la bobina se irá hacia uno de los costados y cuando se conecta la resistencia a la corriente eléctrica de inmediato la dañaría (ver figura 45):

Figura 45. Espaciador



Fuente: elaboración propia.

Alambre de Nicromio

El alambre de Nicromio (Nicrom) es una aleación 80-20 de dos metales, 80 % Níquel y 20 % Cromo, lo que genera resistencia y transmisión de calor. Electro MAZ Limitada ha utilizado este material a través de los años para la fabricación de resistencias eléctricas y, por esto, maneja un amplio *stock* con calibres desde #8 hasta # 32. Este tipo de alambre puede cambiar su capacidad de ohmios por metro longitudinal con respecto a su diámetro y abarcar desde 2 ohmios por metro hasta 550 ohmios por metro.

Lo anterior le da la variedad al operario de utilizar el alambre correcto para la resistencia que se solicita fabricar, ya que al considerar el diámetro y longitud de esta una fórmula indicará cuáles son los ohmios necesarios en ese espacio y el tipo de alambre que debe emplear. La marca de alambre utilizada por Electro MAZ Limitada es Kanthal proveniente de China, esta es una de las compañías líderes en fabricación de aleaciones de hierro para resistencias eléctricas (ver figura 46):

Figura 46. Alambre de Nicromio



Fuente: elaboración propia.

Cable de fibra de vidrio

El cable de fibra de vidrio utilizado por Electro MAZ Limitada para la fabricación de resistencias eléctricas tiene muy buena flexibilidad, esto se debe a la cantidad de hilos conductores (material Níquel). Este tiene un aislamiento de silicón y la protección metálica de fibra de vidrio, lo que hace que el cable tenga una mayor resistencia al impacto y a altas temperaturas. El que actualmente manejan y se recomienda para el proceso de resistencias de cartucho de alta densidad puede soportar hasta los 535°C, por lo que es un producto con mucha resistencia al calor. También es importante indicar que es resistente a la humedad y a la corrosión, ya que muchas de estas resistencias se encuentran en mordazas o bloques metálicos con procesos químicos o algunos líquidos que podrían provocar la adhesión al cable y provocar daños en su conexión (ver figura 47):

Figura 47. Cable de fibra de vidrio



Fuente: elaboración propia.

Es importante considerar los amperios (A) de la resistencia con base en el voltaje (V) al que será conectada y los watts (W) de potencia para saber qué calibre de cable se debe utilizar debido a su capacidad de conducción. En la siguiente tabla se presentan los cables que mantiene Electro MAZ Limitada en *stock* junto con la capacidad en amperios (A) (ver tabla 30):

Tabla 30. Características técnicas del cable de fibra de vidrio

Cable de Fibra de Vidrio	
N° de Cable	Capacidad (A)
12	20
14	15
16	10
18	5
20	3

Fuente: elaboración propia.

Óxido de Magnesio

El óxido de magnesio (MGO) es una materia prima fundamental en la fabricación de resistencias

de cartucho de alta densidad. Cumple la función de aislante cerámico, alta resistividad eléctrica y permite generar alta disipación de energía térmica. Actualmente, la compañía Electro MAZ Limitada mantiene este elemento en *stock* proveniente de una compañía mexicana. El óxido permite alcanzar altas temperaturas y es de apariencia solida cristalina de color blanco (ver figura 48):

Figura 48. Óxido de Magnesio



Fuente: elaboración propia.

Electro MAZ Limitada mantiene una estructurada en la fábrica sobre las características del óxido de magnesio, en la siguiente tabla 31 se encuentran las características técnicas:

Tabla 31. Detalle técnico del óxido de magnesio

Óxido de Magnesio (Mineral Compactado)	
Fórmula Química	<u>MgO</u>
Peso de la fórmula	40.34
Clasificación	Óxido
Color	Blanco
Apariencia	Sólido cristalino
Punto de fusión	2700°C
Punto de ebullición	3500°C
Densidad	3600 Kg/m3

Fuente: Electro MAZ Limitada.

Cemento refractario

El cemento refractario proviene del MGO (Óxido de Magnesio), pero este no es cristalino, sino que su forma es polvo y el color es blanco mate. Se utiliza para sellar la parte superior de la

resistencia de cartucho de alta densidad, lo que hace que la tapa cerámica no se caiga y los cables de conexión tengan menor movimiento, lo que evita que se corten (ver figura 49):

Figura 49. Cemento refractario



Fuente: elaboración propia.

Cantidad requerida

Debido a la poca o escasa información brindada por la compañía Electro MAZ Limitada, es complicado obtener un dato aproximado a la cantidad de materia prima necesaria para cumplir con la proyección de la demanda futura (detallada en la tabla #12). Por esto, se presenta la siguiente tabla con un promedio de material utilizado por resistencia de cartucho, según criterio experto del operario de planta y el supervisor de planta (ver tabla 32):

Tabla 32. Materia prima requerida

Material	Promedio de Unidades por resistencia	Proyección	Cantidad requerida
Aislador de MGO (Óxido de Magnesio)	2	3093	6186
Tapa inferior de MGO (Óxido de Magnesio)	1	3093	3093
Disco externo de Acero Inoxidable	1	3093	3093
Espaciador	2	3093	6186
Tapa superior de cerámica	1	3093	3093
Tapón de Hule	1	3093	3093

Fuente: elaboración propia.

Al no tener claridad de la cantidad de materiales necesarios para cumplir con la producción proyectada, al menos se crea un pronóstico a criterio experto. De esta forma, con el sistema de producción se propondrá una hoja de observación que tenga en cuenta la cantidad de material

utilizado en la fabricación de una resistencia que también detalle sus características técnicas. De esa manera, al final del periodo se podrá comparar la cantidad real utilizada *vs.* la cantidad de materiales propuestos.

En la tabla anterior no se detallan algunos de los materiales que se utilizan en la fabricación de resistencia de cartucho de alta densidad, esto se debe a que Electro MAZ maneja un amplio *stock*, ya que se utilizan en la fabricación de resistencias de cartucho de baja densidad. Para efectos de este proyecto se llevó a cabo un levantamiento de toma física para determinar la cantidad de unidades que tiene Electro MAZ en su bodega. En la siguiente tabla 33 se detalla el inventario actual:

Tabla 33. *Inventario Físico de Electro MAZ*

Material	Inventario Físico (unidades)
Cable fibra de vidrio #12 (Metros)	3500
Cable fibra de vidrio #14 (Metros)	2350
Cable fibra de vidrio #16 (Metros)	1250
Cable fibra de vidrio #18 (Metros)	900
Cable fibra de vidrio #20 (Metros)	720
Óxido de Magnesio (MGO) (g)	10.000
Cemento refractario (g)	3000
Alambre de Hierro (Metros)	500
Tubo de acero Inoxidable 6 mm (3 metros)	335
Tubo de acero Inoxidable 9,6 mm (3 metros)	625
Tubo de acero Inoxidable 10,6 mm (3 metros)	845
Tubo de acero Inoxidable 12,6 mm (3 metros)	967
Tubo de acero Inoxidable 14,03 mm (3 metros)	721
Alambre de Nicromio 80/20 #8 (metros)	1000
Alambre de Nicromio 80/20 #12 (metros)	2500
Alambre de Nicromio 80/20 #18 (metros)	2000
Alambre de Nicromio 80/20 #20 (metros)	3000
Alambre de Nicromio 80/20 #21 (metros)	2000
Alambre de Nicromio 80/20 #22 (metros)	3000
Alambre de Nicromio 80/20 #23 (metros)	4000
Alambre de Nicromio 80/20 #26 (metros)	5000
Alambre de Nicromio 80/20 #28 (metros)	3000
Alambre de Nicromio 80/20 #30 (metros)	2000

Fuente: elaboración propia.

El inventario realizado en la bodega de materia prima de Electro MAZ Limitada ayudará en el momento en que se inicie el desarrollo del proyecto debido a que anterior a esto no tenían claro cuánta era la cantidad de unidades por producto que tenían y, al no tener un sistema de información o al menos alguna herramienta de control y medición del movimiento del inventario, los pedidos se hacen de una manera muy subjetiva.

Por esto, que en el presente proyecto de investigación se propondrá un formulario para llevar el control del movimiento de inventario por cada Orden de Producción (O.P) que ingrese a planta y,

Costo de materia prima

Junto con el Departamento de Compras y Logística de Electro MAZ Limitada se hizo un pedido a una fábrica en China (la cual se reserva el nombre por solicitud de la compañía Electro MAZ), recomendada por el ingeniero de planta de la fábrica de resistencias de cartucho de alta densidad en México.

El sugerido de cantidad requerida desarrollado anteriormente servirá para comparar al final del periodo con la cantidad de material real utilizada. Esto se debe a que este proveedor en China mantiene mínimos de compra por unidades, por lo que, en la siguiente tabla se muestran las cantidades, los costos unitarios y totales en (Dólares USD) que debe invertir Electro MAZ en una primera compra de materia prima para la fabricación de resistencias de cartucho de alta densidad.

Los costos que se presentan para la adquisición de materia prima incluyen el costo del producto en fábrica, también el flete hasta las bodegas de Electro MAZ y el pago de impuestos de nacionalización de este producto. En la siguiente tabla 34 se detalla la cantidad y el costo de la inversión para la compra de materia prima:

Tabla 34. *Compra de materia prima*

ítem	Descripción del Producto	Cantidad	Precio Ud. (USD)	Total(USD)
2	Aislador 99%Mineral MGO de 4 huecos 4.5 mm*200mm	1500	\$0,30	\$450,00
3	Aislador 99%Mineral MGO de 4 huecos 5 mm*200mm	1500	\$0,35	\$525,00
4	Aislador 99%Mineral MGO de 4 huecos 6.5 mm*200mm	1500	\$0,40	\$600,00
5	Aislador 99%Mineral MGO de 4 huecos 7 mm*200mm	1500	\$0,45	\$675,00
6	Aislador 99%Mineral MGO de 4 huecos 8 mm*200mm	1500	\$0,50	\$750,00
7	Aislador 99%Mineral MGO de 4 huecos 11 mm*200mm	500	\$0,75	\$375,00
10	Tapa inferior 99%Mineral MGO 4.4 mm	2000	\$0,06	\$120,00
11	Tapa inferior 99%Mineral MGO 6.5 mm	2000	\$0,065	\$130,00
12	Tapa inferior 99%Mineral MGO 7.4 mm	2000	\$0,065	\$130,00
13	Tapa inferior 99%Mineral MGO 8.8 mm	2000	\$0,070	\$140,00
14	Tapa inferior 99%Mineral MGO 10.8 mm	2000	\$0,075	\$150,00
17	Tapa Superior de Cerámica (Cerámica de alta temperatura) 8 mm	2000	\$0,025	\$50,00
18	Tapa Superior de Cerámica (Cerámica de alta temperatura) 3/8"	2000	\$0,025	\$50,00
19	Tapa Superior de Cerámica (Cerámica de alta temperatura) 10 mm	2000	\$0,028	\$56,00
20	Tapa Superior de Cerámica (Cerámica de alta temperatura) 1/2"	2000	\$0,030	\$60,00
21	Tapa Superior de Cerámica (Cerámica de alta temperatura) 5/8"	2000	\$0,035	\$70,00
24	Espaciador 8mm	2000	\$0,02	\$40,00
25	Espaciador 3/8"	2000	\$0,023	\$46,00
26	Espaciador 10mm	2000	\$0,025	\$50,00
27	Espaciador 1/2"	2000	\$0,027	\$54,00
28	Espaciador 5/8"	2000	\$0,030	\$60,00
31	Tapón de Hule 8 mm	2000	\$0,01	\$20,00
32	Tapón de Hule 3/8"	2000	\$0,012	\$24,00
33	Tapón de Hule 10 mm	2000	\$0,012	\$24,00
34	Tapón de Hule 1/2"	2000	\$0,015	\$30,00
35	Tapón de Hule 5/8"	2000	\$0,018	\$36,00
38	Disco de extremo de acero inoxidable 8 mm	2000	\$0,02	\$40,00
39	Disco de extremo de acero inoxidable 3/8"	2000	\$0,022	\$44,00
40	Disco de extremo de acero inoxidable 10 mm	2000	\$0,025	\$50,00
41	Disco de extremo de acero inoxidable 1/2"	2000	\$0,028	\$56,00
42	Disco de extremo de acero inoxidable 5/8"	2000	\$0,03	\$60,00
Total				\$4 965,00

Fuente: Departamento de Compras de Electro MAZ Limitada.

Para el *stock* inicial sugerido por la fábrica en México y apegado a las cantidades mínimas de ventas por el proveedor en China, Electro MAZ Limitada debe hacer una inversión de inventario inicial para la fabricación de resistencias de cartucho de alta densidad de \$4.965,00. A la fecha, con un promedio del tipo de cambio del Dólar USD (¢585) el costo del material sería de ¢ 2.904.525,00 aproximadamente.

Propuesta de diseño de los procesos y procedimientos

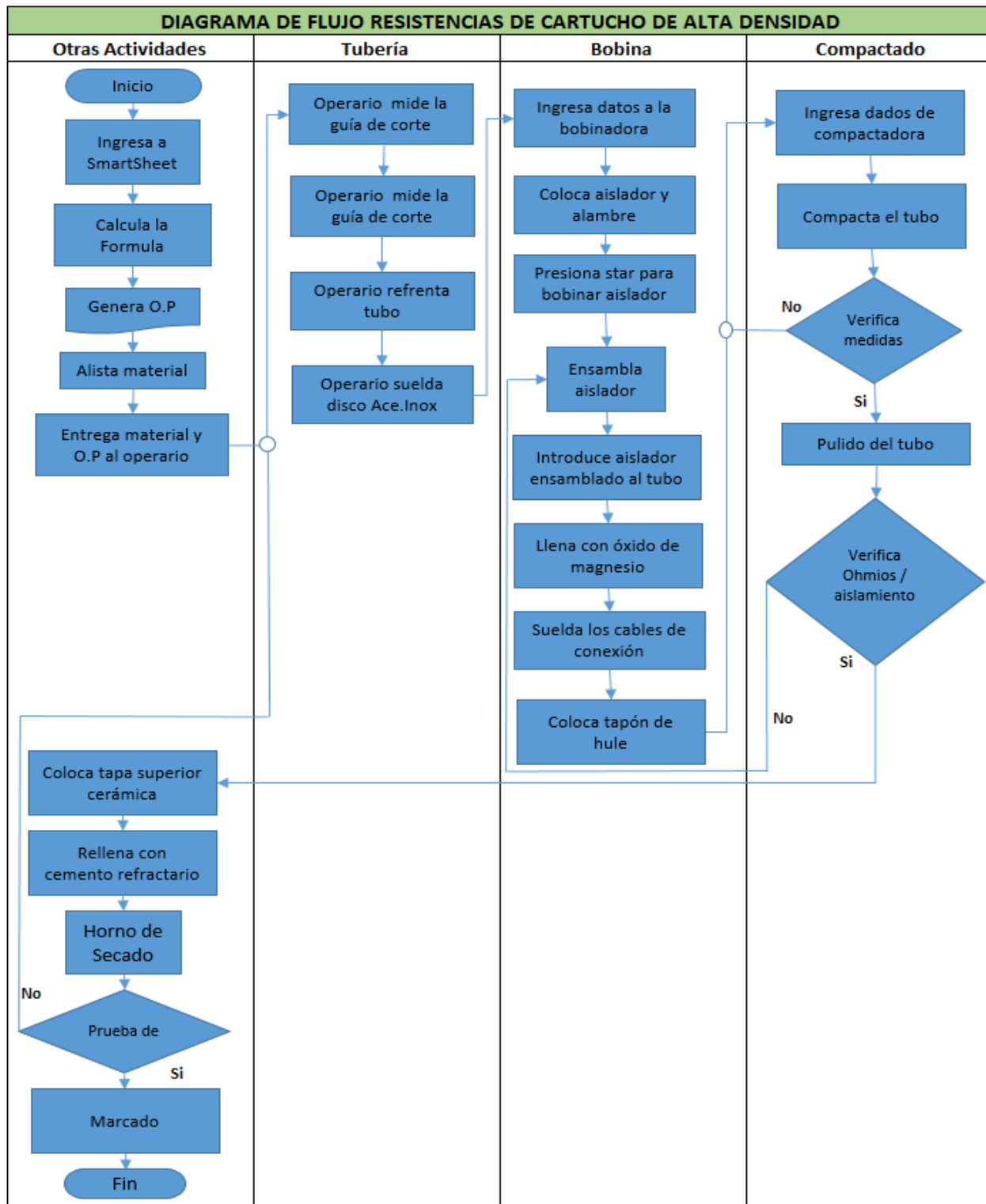
A continuación, se procede con el diseño de los procesos para el cumplimiento del proceso de fabricación de resistencias de cartucho de alta densidad. Se toma en cuenta la utilización de equipo y maquinaria que ayudará al desarrollo de cada una de las actividades desde que se recibe la información hasta que la resistencia sale del horno de secado como producto terminado.

El diagrama de flujo que se presentará puede ejecutarlo el supervisor de la planta y un solo operario de ser necesario. En la estructura se contempla y se recomienda que el sistema lo desarrollen dos operarios y hacer del sistema de producción más eficiente y productivo para la compañía. Esto permitirá que la capacidad aumente y genere la apertura para el crecimiento de la demanda.

El sistema inicia cuando el supervisor ingresa al sistema de información SmartSheet y sustrae la información para hacer el cálculo de la fórmula. Una vez que cuente con estos datos genera una Orden de Producción que será la guía del o los operarios. Procede a alistar el material que se utilizará para la producción de la cantidad solicitada de resistencias, según lo indica la Orden de Producción, el operario coloca la guía de corte, de acuerdo con la longitud de la resistencia. Posteriormente, refrenta el tubo y después suelda el disco exterior de acero inoxidable, ingresa los datos de la fórmula a la bobinadora para que luego esta se encargue de bobinar el aislador, el cual una vez bobinado se procede a ensamblarlo completo con los alambres de hierro que atraviesan el aislador y van hacia los dos puntos de conexión.

Se chequea que los ohmios de la bobina correspondan a lo solicitado en la Orden de Producción, una vez verificado se sueldan los puntos de conexión con el alambre de fibra de vidrio, se coloca el tapón y se compacta la resistencia donde después se prueba nuevamente el aislamiento y los ohmios para llevar al torno a pulir. Después se coloca la tapa superior, cemento refractario y el proceso de secado que concluye después de 12 o 24 horas y está lista la resistencia para entregar al cliente (ver figura 51):

Figura 51. Diagrama de Flujo del sistema de producción de resistencias de cartucho de alta densidad



Fuente: elaboración propia.

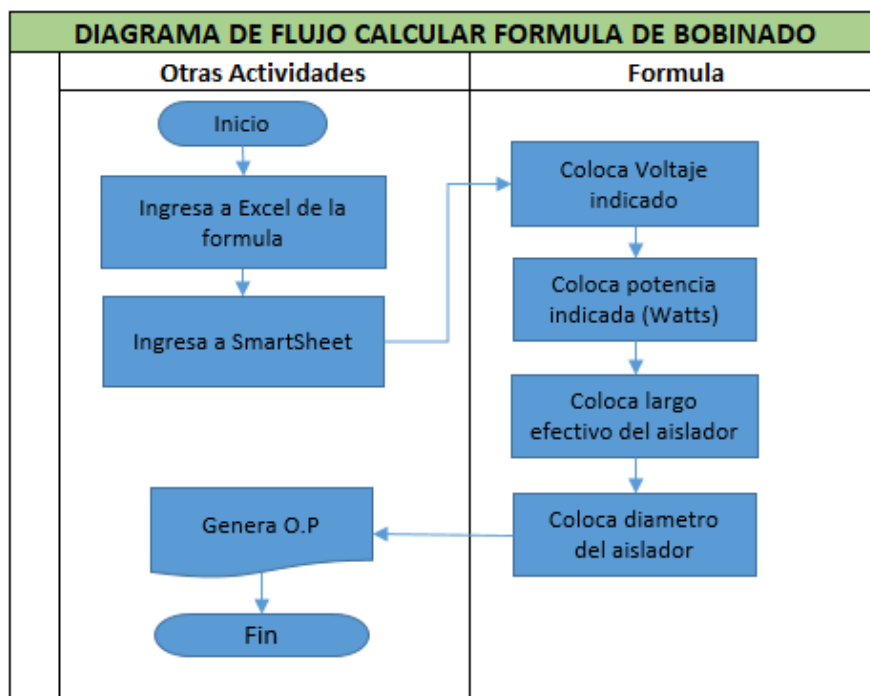
Con respecto al proceso de producción actual que mantiene la compañía Electro MAZ Limitada, hay 3 procedimientos en el sistema de producción de resistencias de cartucho de alta densidad propuesto. Cada uno de estos se encarga de la diferenciación y calidad del producto terminado, como una fórmula para calcular las características técnicas exactas, según la solicitud de producción del cliente. También el proceso de bobinado pasa a ser un proceso automatizado por una máquina que asegurará la estandarización respecto de un producto con otro y así se asegura entregar al cliente siempre la misma calidad. Por último, el procedimiento más importante que permite la alta densidad en la resistencia de cartucho es el compactado, ya que debido a este las resistencias permiten la alta concentración de potencia en un pequeño espacio de cm^2 .

Cálculo de la fórmula

Para el procedimiento de cálculo de la fórmula, el supervisor encargado de generar la Orden de Producción tendrá el acceso a una hoja de Microsoft Excel con las fórmulas establecidas para obtener los datos necesarios para la programación de la bobinadora y el alisto de los materiales empleados. La hoja calculará los amperios (A) por metro que tendrá la resistencia ya ensamblada y con esto el tipo de alambre de Nicromio que debe utilizar, tomando en cuenta los ohmios por metro que este alcanzará y, de esta forma, lograr la potencia (Watts) requerida para el proceso de calentamiento.

Para obtener la información se deben considerar los Voltios (V) a los que se conectará la resistencia, la potencia (W) deseada por el cliente y el aislador que se utilizará para la bobina, por lo que se ingresa la longitud y el diámetro de este. Con esta información el supervisor tendrá los datos para así generar la Orden de Producción e iniciar el proceso de fabricación de la resistencia de cartucho de alta densidad. En la siguiente imagen 52 se observa el diagrama de flujo para el desarrollo de la fórmula:

Figura 52. Diagrama de flujo para calcular la fórmula de bobinado



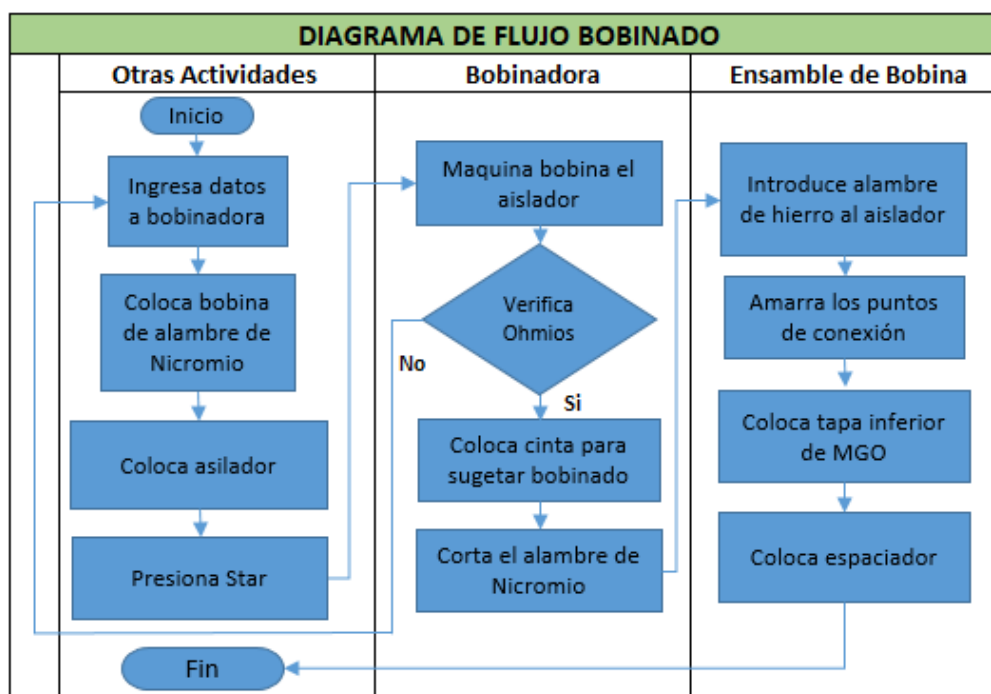
Fuente: elaboración propia.

Bobinado del aislador de MGO (Óxido de Magnesio)

La máquina propuesta para el diseño del sistema de producción es un equipo automatizado que recibe información y la convierte en un producto terminado. Para el bobinado se introducen los datos obtenidos en la fórmula como número de alambre (este contempla los ohmios por metro necesarios), la cantidad de vueltas que tendrá y la distancia entre vueltas para cumplir con la longitud efectiva de bobina.

Una vez la bobina esté lista se mide cada extremo con el multímetro digital (*tester*) y se comprueban los ohmios necesarios para alcanzar la potencia en la resistencia. Posteriormente, si estos están bien se sujeta con cinta cada extremo de la bobina para cortarla e introducir el alambre de hierro y hacer los puntos de conexión con las puntas del alambre de Nicromio sobrante de la bobina. Después de que esté listo y ensamblado se coloca la tapa y el separador para llevarse al llenado (ver diagrama en la figura número 53):

Figura 53. Diagrama de flujo del bobinado



Fuente: elaboración propia.

Proceso de compactado del tubo

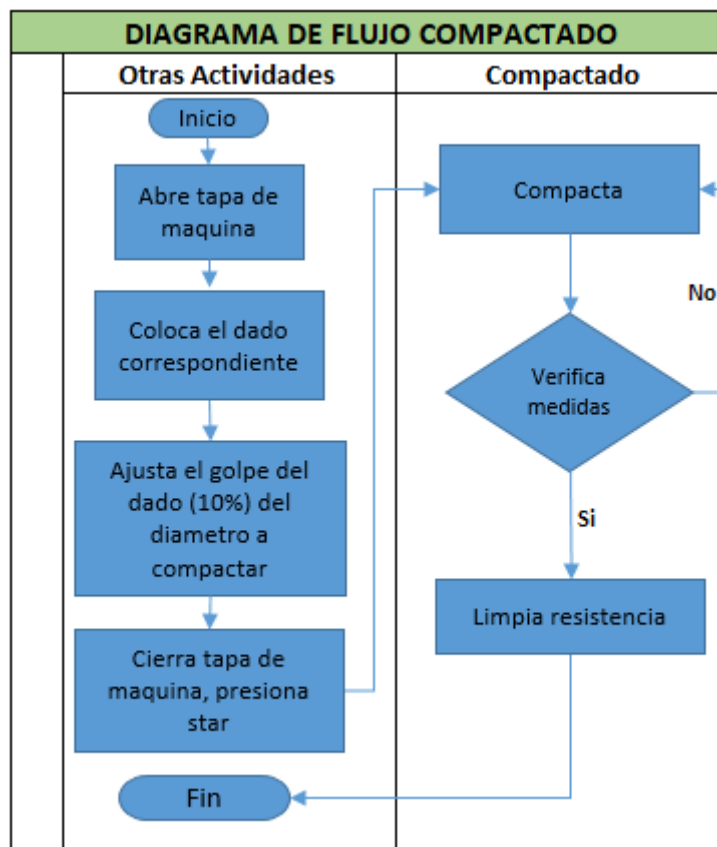
Para obtener como producto terminado una resistencia de cartucho de alta densidad se debe pasar por el proceso de compactado. Este consiste en disminuir el tubo relleno con la bobina en el aislador y el óxido de magnesio de forma cristalina, la disminución en el diámetro de un tubo compactado no puede superar el 15 %, debido a que la reducción de más podría generar fricción por el calentamiento y la dureza que adquiere el tubo y podría estropear la resistencia, lo que haría que en los extremos compacte a la medida esperada, pero los centros no lo hagan.

El proceso de compactado inicia cuando el operario debe colocar los dados (bloques metálicos con un orificio en forma de medialuna que topa con otro igual y forma una circunferencia del diámetro necesario para la medida terminada de la resistencia de cartucho de alta densidad. Una vez se hayan colocado los dados se deben ajustar al colocar una pieza entre ellos con el espesor del 10 % de la medida del diámetro a compactar, se voltea el volante de la máquina para que choquen y se puedan apretar los tornillos que sujetan los mazos de compactado.

Una vez con la máquina ajustada y lista para iniciar el proceso se cierra la tapa para evitar que

con el movimiento los dados caigan y provoquen un accidente. Se acciona el botón de encendido y se introduce la resistencia ya ensamblada, cuando esta haya pasado en su totalidad se verifica con el calibrador digital el diámetro a lo largo de la resistencia. Se verifican los centros y cada uno de los extremos de la constante de compactación a lo largo del cuerpo de la resistencia. Después de aprobar el diámetro estaría lista para enviarse al siguiente procedimiento (ver figura 54):

Figura 54. Diagrama de flujo para proceso de compactado



Fuente: elaboración propia.

Propuesta para costear resistencias de cartucho de alta densidad

Es importante que Electro MAZ tenga un sistema que le permita conocer el costo por unidad producida. De esta manera, podrá mantener un mayor control en su inventario y conocer la utilidad real por cada unidad producida.

La propuesta consiste en mantener un BOM (Lista de Materiales) por cada código (resistencia fabricada). Este código deberá tener relación con su descripción y se encargará de traer a la tabla

cada uno de los materiales utilizados para el ensamble, por lo que deberá contar la cantidad requerida y el precio para así llevar a cabo una sumatoria del costo unitario de producción.

Se presenta un ejemplo que demuestre el desarrollo del BOM con los datos reales de una resistencia de cartucho de alta densidad, para la cual se toman datos de producción indicados por la compañía mexicana que brindó también los tiempos teóricos. A continuación, se presenta en la tabla 35 los materiales con su respectivo código, unidad y costo:

Tabla 35. *Lista de Materiales para fabricación de resistencias de cartucho de alta densidad*

Código	Descripción	Unidad	Costo
A. M.-001	Aislador 99%Mineral MGO de 4 huecos 4.5 mm*200 mm	UND	¢175,50
A. M.-002	Aislador 99%Mineral MGO de 4 huecos 5 mm*200 mm	UND	¢204,75
A. M.-003	Aislador 99%Mineral MGO de 4 huecos 6.5 mm*200 mm	UND	¢234,00
A. M.-004	Aislador 99%Mineral MGO de 4 huecos 7 mm*200 mm	UND	¢263,25
A. M.-005	Aislador 99%Mineral MGO de 4 huecos 8 mm*200 mm	UND	¢292,50
A. M.-006	Aislador 99%Mineral MGO de 4 huecos 11 mm*200 mm	UND	¢438,75
TI-001	Tapa inferior 99%Mineral MGO 4.4 mm	UND	¢35,10
TI-002	Tapa inferior 99%Mineral MGO 6.5 mm	UND	¢38,03
TI-003	Tapa inferior 99%Mineral MGO 7.4 mm	UND	¢38,03
TI-004	Tapa inferior 99%Mineral MGO 8.8 mm	UND	¢40,95
TI-005	Tapa inferior 99%Mineral MGO 10.8 mm	UND	¢43,88
TS-001	Tapa Superior de Cerámica (Cerámica de alta temperatura) 8 mm	UND	¢14,63
TS-002	Tapa Superior de Cerámica (Cerámica de alta temperatura) 3/8"	UND	¢14,63
TS-003	Tapa Superior de Cerámica (Cerámica de alta temperatura) 10 mm	UND	¢16,38
TS-004	Tapa Superior de Cerámica (Cerámica de alta temperatura) 1/2"	UND	¢17,55
TS-005	Tapa Superior de Cerámica (Cerámica de alta temperatura) 5/8"	UND	¢20,48
EP-001	Espaciador 8 mm	UND	¢11,70
EP-002	Espaciador 3/8"	UND	¢13,46
EP-003	Espaciador 10 mm	UND	¢14,63
EP-004	Espaciador 1/2"	UND	¢15,80
EP-005	Espaciador 5/8"	UND	¢17,55
TH-001	Tapón de Hule 8 mm	UND	¢5,85
TH-002	Tapón de Hule 3/8"	UND	¢7,02
TH-003	Tapón de Hule 10 mm	UND	¢7,02
TH-004	Tapón de Hule 1/2"	UND	¢8,78
TH-005	Tapón de Hule 5/8"	UND	¢10,53
DE-001	Disco de extremo de acero inoxidable 8 mm	UND	¢11,70
DE-002	Disco de extremo de acero inoxidable 3/8"	UND	¢12,87
DE-003	Disco de extremo de acero inoxidable 10 mm	UND	¢14,63

DE-004	Disco de extremo de acero inoxidable ½"	UND	€16,38
DE-005	Disco de extremo de acero inoxidable 5/8"	UND	€17,55
TA-001	Tubo acero inoxidable 304 / 6 mm Diámetro	Metro	€789,75
TA-002	Tubo acero inoxidable 304 / 9.6 mm Diámetro	Metro	€1 111,50
TA-003	Tubo acero inoxidable 304 / 10.6 mm Diámetro	Metro	€1 287,00
TA-004	Tubo acero inoxidable 304 / 12.6 mm Diámetro	Metro	€1 363,05
TA-005	Tubo acero inoxidable 304 / 14.03 mm Diámetro	Metro	€1 450,80
AN-001	Alambre de Nicromio 80/20 #12	Metro	€690,30
AN-002	Alambre de Nicromio 80/20 #18	Metro	€485,55
AN-003	Alambre de Nicromio 80/20 #20	Metro	€567,45
AN-004	Alambre de Nicromio 80/20 #21	Metro	€468,00
AN-005	Alambre de Nicromio 80/20 #22	Metro	€397,80
AN-006	Alambre de Nicromio 80/20 #23	Metro	€415,35
AN-007	Alambre de Nicromio 80/20 #26	Metro	€380,25
AN-008	Alambre de Nicromio 80/20 #28	Metro	€380,25
AN-009	Alambre de Nicromio 80/20 #30	Metro	€450,45
FV-001	Cable fibra de vidrio #12	Metro	€520,65
FV-002	Cable fibra de vidrio #14	Metro	€374,40
FV-003	Cable fibra de vidrio #16	Metro	€351,00
FV-004	Cable fibra de vidrio #18	Metro	€351,00
FV-005	Cable fibra de vidrio #20	Metro	€351,00
AH-001	Alambre de Hierro	Metro	€468,00
OM-001	Óxido de Magnesio	Gramo (g)	€3,51
CR-001	Cemento Refractario	Gramo (g)	€3,51
HT-001	Hora Torno	UND	€5 850,00
SD-001	Soldadura de disco y cables	UND	€420,00
MO-001	Hora de Mano de Obra	UND	€3 250,00

Fuente: elaboración propia.

Al tener una tabla con los materiales necesarios para la producción de resistencias de cartucho de alta densidad, se ligan a un código de resistencia (producto terminado) para llevar a la lista del BOM con este código y descripción. En la tabla 36 se muestran códigos de resistencias y su respectiva descripción:

Tabla 36. *Códigos de resistencias de cartucho de alta densidad*

Código	Resistencia
RC5519	Resistencia de cartucho de 3/8 Diámetro x 15 cms Longitud 120 V 850 W
RC4528	Resistencia de cartucho de 3/8 Diámetro x 10 cms Longitud 120 V 750 W
RC3258	Resistencia de cartucho de 3/8 Diámetro x 14 cms Longitud 120 V 1000 W
RC3698	Resistencia de cartucho de 5/16 Diámetro x 25 cms Longitud 48 V 650 W

Fuente: elaboración propia.

Como se muestra en la tabla anterior cada uno de los códigos de las resistencias tiene su característica (descripción) y una estandarización para el desarrollo de esta, la cual se representa de la siguiente manera:

1. Nombre de Resistencias (Resistencia de Cartucho).
2. Diámetro final de la resistencia.
3. Longitud total de la resistencia.
4. Voltaje de la resistencia (Voltios).
5. Potencia de la resistencia (Watts).

El mantener una estandarización en la descripción del producto ayudará al encargado de generar la O.P a encontrar con facilidad en un proceso de búsqueda el producto con la descripción, esto al conocer la secuencia u orden con el que se describe en el sistema.

Al tener claro cuál es el producto que solicita el cliente se va al siguiente paso que sería el BOM (Lista de Materiales) en el que se detallará uno a uno los materiales utilizados para la fabricación de la resistencia de cartucho con el código (RC5519). De esta forma, podrá conocer el costo de producción de la unidad para definir un margen de utilidad que se aplicará a este costo para determinar el precio de venta al cliente final y también para el control financiero de la compañía en el Área de Producción.

En la siguiente figura 55 se muestra la herramienta BOM (Lista de Materiales). Se presenta el ejemplo utilizado para el desarrollo de una resistencia de cartucho de $\frac{3}{8}$ de diámetro x 15 cm de longitud en 120 V 850 W de potencia.

Figura 55. BOM Electro MAZ Limitada

Datos de la Resistencia						
Orden de Producción	#	Operario	X			
Descripción	Resistencia de cartucho de 3/8 Diametro x 15 cms Longitud 120 V 850 W					
Cantidad	1	Fecha	XX-XX-XXXX			
Código	RC5519					
Observación	2 metros de cable a la salida					
Lista de Materiales						
ítem	Código	Descripción	Cantidad	Unidad	Costo Unitario	Costo Total
1	AM-005	Aislador 99%Mineral MGO de 4 huec	1	UND	¢292,50	¢292,50
2	TI-005	Tapa inferior 99%Mineral MGO 10.8	1	UND	¢43,88	¢43,88
3	TS-002	Tapa Superior de Cerámica (Cerámic	1	UND	¢14,63	¢14,63
4	EP-003	Espaciador 10mm	1	UND	¢14,63	¢14,63
5	TH-003	Tapón de Hule 10 mm	1	UND	¢7,02	¢7,02
6	DE-003	Disco de extremo de acero inoxidable	1	UND	¢14,63	¢14,63
7	TA-003	Tubo acero inoxidable 304 / 10.6 mm	0,15	M	¢1 287,00	¢193,05
8	AN-006	Alambre de Nicromio 80/20 #23	7	M	¢415,00	¢2 905,00
9	FV-005	Cable fibra de vidrio #20	4	M	¢351,00	¢1 404,00
10	AH-001	Alambre de Hierro	0,4	M	¢468,00	¢187,20
11	OM-001	Óxido de Magnesio	270	g	¢3,51	¢947,70
12	CR-001	Cemento Refractario	5	g	¢3,51	¢17,55
13	HT-001	Hora Torno	0,39	UND	¢5 850,00	¢2 281,50
14	SD-001	Soldadura de disco y cables	1	UND	¢420,00	¢420,00
15	MO-001	Hora de Mano de Obra	0,06	UND	¢3 250,00	¢195,00
16			0		¢0,00	¢0,00
17			0		¢0,00	¢0,00
Total						¢8 938,29

Fuente: elaboración propia.

Al final del procedimiento se detalla cada uno de los materiales con sus respectivas cantidades (proporcionadas por la compañía mexicana) y costo para Electro MAZ Limitada en la producción de una resistencia en específico (RC5519), lo que genera como resultado el costo de producción de la resistencia ya mencionada de ¢ 8.938,29.

Control de demanda insatisfecha

Como propuesta de diseño para el desarrollo del sistema de producción de resistencias de cartucho de alta densidad se crea una hoja en la que se pueda medir y controlar la demanda insatisfecha generada a los clientes de Electro MAZ. Esto debido a que el cliente después de

adquirir el producto tenga alguna disconformidad con respecto a este (ver figura 56):

Figura 56. Hoja de Control de Demanda Insatisfecha - Electro MAZ Limitada

Hoja de control Demanda Insatisfecha – Electro MAZ Limitada

Cliente: _____

Número de Factura: _____ Orden de Producción: _____

Código del producto: _____ Cantidad: _____

Resultado de la revisión técnica: _____

Cumple como Garantía: Si ____ No ____

Costo unitario: _____ Costo total: _____

Fuente: elaboración propia.

Con la medición de la demanda insatisfecha se puede obtener al final del periodo los datos necesarios para analizar cuál fue la pérdida de demanda y el reproceso en el proceso de producción. Además de conocer con detalle cuál es la disconformidad del cliente y el verdadero problema que presenta el producto. Esto ayuda a la mejora continua en la fabricación de resistencias de cartucho de alta densidad y satisfacer realmente la necesidad del cliente, ya que en algunas ocasiones este por no tener el conocimiento necesario solicita un producto que no es el conveniente para el proceso en el cual lo utiliza, esto acorta su vida útil o la efectividad de trabajo.

Análisis económico

Seguidamente, se detallarán los costos en los que la empresa deberá incurrir para llevar a cabo las implementaciones del presente proyecto de diseño, por lo que, se hace un análisis de costo beneficio, para obtener una idea clara del retorno a la inversión, esto según los planteamientos realizados. El fin de esta inversión tiene es desarrollar el diseño de producción para resistencias de

cartucho de alta densidad y busca ofertar un producto competitivo al mercado nacional con respecto al producto extranjero (importado). A continuación, se muestra la tabla 37, la cual contiene todos los rubros y sus correspondientes costos que se tomaron del presente proyecto de investigación:

Tabla 37. *Cálculo de inversión y costos del proyecto*

Inversión Inicial								Montos
Maquinaria								¢23 494 000,00
Materiales								¢2 904 525,00
Capacitación								¢1 500 000,00
Total de Inversión Inicial								¢27 898 525,00
Costos de Salario Administrativo y Mano de Obra (Operario)								
% de Pago	26%	3%	4%	8%				
	CCSS	Riesgo de Trabajo	Vacaciones	Aguinaldo	Total		Meses	
Supervisor	¢140 997,80	¢14 988,38	¢22 321,98	¢44 590,42	¢222 898,58	¢535 299,18	12	¢9 098 373,10
Ingeniero	¢144 211,50	¢15 330,00	¢22 830,75	¢45 606,75	¢227 979,00	¢547 500,00	12	¢9 305 748,00
Operario	¢136 022,06	¢14 459,45	¢21 534,24	¢43 016,85	¢450 877,58	¢516 408,75	12	¢11 607 435,94
Total de Costos Salariales								¢30 011 557,05
Otros Costos								
Agua						¢85 000,00	12	¢1 020 000,00
Electricidad						¢143 690,00	12	¢1 724 280,00
Total de Otros Costos								¢2 744 280,00

Fuente: elaboración propia.

Una vez empleados los datos se aprecian los costos de inversión para el proyecto propuesto tomando en cuenta los costos de maquinaria, materia prima y la capacitación que se deberá llevar a cabo para el conocimiento del producto como de la operación de la maquinaria nueva.

Además, se contemplan los costos de salarios administrativos y de operación propiamente con las cargas sociales que la compañía debe cubrir. En la tabla se muestran los porcentajes redondeados, pero se derivan de la siguiente manera: CCSS 26.34 %, Riesgo de Trabajo 2.8 %, Vacaciones en un 4.17 % y el aguinaldo en un 8.33 %. Por último, los costos fabriles como el agua y la electricidad asociados al proyecto, gasto telefónico no hay porque la comunicación con la tienda de ventas es por medio de un radio intercomunicador y teléfonos personales.

En la siguiente tabla se muestra el cálculo del costo beneficio obtenido mediante los datos anteriormente empleados. Se toma en cuenta como ingreso anual la proyección de la demanda monetaria por venta de resistencias de cartuchos, este monto comprende ¢92.857.144,00 el cual se divide entre el costo total por la inversión del proyecto que es de ¢60.564.362,05. Este contempla

la sumatoria de los costos totales anuales $\text{C}\$35.755.837,05$ más el costo de la inversión inicial $\text{C}\$27.898.525,00$.

Tabla 38. *Cálculo del Costo-Beneficio*

Cuadro de resultado B/C (Costo - Beneficio)	
Proyección de la demanda moneria anual	$\text{C}\$92.857.144,00$
Costos Totales del proyecto	$\text{C}\$60.654.362,05$
B/C	1,53

Fuente: elaboración propia.

De acuerdo con el cálculo el B/C (Costo Beneficio) es mayor que 1, por lo tanto, la viabilidad de inversión para el proyecto es positiva.

El beneficio anual en la inversión sería de $\text{C}\$32.202.871,95$, lo que representa un beneficio mensual de $\text{C}\$2.683.565,16$.

Con la implementación de este proyecto el sistema de producción de resistencias de cartucho de alta densidad, Electro MAZ tendrá la oportunidad de explotar más el mercado en la industria que implican en procesos de calentamiento para la extrusión de plástico o calentamiento de masas metálicas para el sellado de bolsas entre otros.

Tendrá como beneficio ser la primera compañía en territorio nacional de poder fabricar este producto y así volverse proveedor exclusivo, también como parte del beneficio la cercanía y buena relación comercial con demás países de la zona podrá realizar un proceso de ventas en la exportación del producto y así poder también introducirse en el mercado regional.

El desarrollo del sistema y la estandarización del mismo busca que la compañía logre una certificación, esto traería la atención de empresas multinacionales que requieren productos con algún tipo de certificación para así ellos poder cumplir con los requisitos de calidad para la fabricación de sus productos, por lo tanto Electro MAZ sería un proveedor atractivo con productos que cumplan con sus estándares de fabricación.

Plan de implementación

Para iniciar con la implementación del sistema de producción de resistencias de cartucho de alta densidad es indispensable cumplir con los requerimientos básicos. Uno de estos es contar con la aprobación de la propuesta del proyecto por parte del o de los interesados, en este caso la gerencia general y junta administrativa de Electro MAZ Limitada. Entre las grandes ventajas se encuentran que la compañía cuenta con la plata construida y con las tensiones de corriente eléctrica necesarias para la maquinaria y equipo requerido, los permisos municipales y patente debido a que en la actualidad se encuentra en operación, por lo que facilitaría que se acorten los tiempos para hacer más eficiente la implementación, por lo que solo quedaría el tema de construcción, el acondicionamiento de la planta y maquinaria.

En la tabla número 39 se presenta un cronograma, en el que se detallan las fases que se deben considerar para poner en marcha e iniciar el sistema de producción que facilitará el desarrollo de las actividades. Esto al cumplir los plazos y tiempos necesarios para cada fase y, de esta manera, completar una implementación exitosa del sistema de producción de resistencias de cartucho de alta densidad.

Tabla 39. Cronograma de implementación del proyecto

Cronograma de Implementación del Sistema de Producción de Resistencias de Cartucho de Alta Densidad en Electro MAZ Limitada								
Actividades		Meses						
Fases		1	2	3	4	5	6	7
Aceptación del Proyecto	Ánalisis y aprobación del proyecto	■						
Compra de Maquinaria	Compra de maquinaria al extranjero		■	■	■			
Compra de Materiales	Compra de materia prima al extranjero		■	■	■			
Acondicionamiento y redistribución de planta	Acondicionamiento de instalaciones		■	■				
	Mover equipo y maquinaria no necesario		■	■				
	Distribuir equipo y maquinaria actual			■	■			
	Verificación de infraestructura y corriente eléctrica			■	■			
Instalación de Maquinaria	Instalar maquinaria nueva					■		
Evaluación	Pruebas de maquinaria y equipo						■	
	Pruebas de procesos y procedimientos						■	
Documentación	Documentación de resultados						■	
Cambios	Solicitud de cambios						■	
	Verificación de cambios						■	
Calidad	Control de calidad						■	
Capacitaciones	Capacitaciones de personal y maquinaria							■
Finalización de la Implementación	Entrega de informes finales de la propuesta							■
	Inicio de operaciones							■

Fuente: elaboración propia.

El tiempo aproximado total que se estima es de 7 meses desde el momento que se presenta el proyecto hasta cuando dan inicio las operaciones del sistema de producción de resistencias de cartucho de alta densidad en Electro MAZ Limitada. Se considera el primer mes de tiempo que le tomará al departamento administrativo para analizar propuesta y verificar que se cumpla con lo requerido. Después de obtener una respuesta positiva con respecto al planteamiento del proyecto, se emplea la compra de materiales y maquinaria, ya que los tramites logísticos para que el equipo esté en el país es aproximadamente de 10 a 12 semanas (alrededor de 3 meses).

Junto a la compra de los materiales y máquinas para el sistema se inician procesos de planta, como el acondicionamiento y la movilización de la maquinaria y equipo. Se excluyen de la planta algunas máquinas que no se utilizan en el proceso las cuales aprovechan espacio efectivo para el desarrollo y distribución del nuevo proceso de producción, por lo que se recomienda a la compañía moverlas a una planta paralela que se dedica a la parte de precisión en piezas metálicas, este proceso se contempla para el mes 2 y 3.

En este último y el mes 4 en conjunto con las actividades anteriores se llevará a cabo la

distribución del equipo y la maquinaria actual necesaria en el sistema propuesto. Se dejan los espacios para la bobinadora y la compactadora de tubos y también se verificará la infraestructura de la planta y las tensiones de corriente eléctrica (voltajes) que sean correctas para la carga que recibirá cuando los equipos trabajen de manera simultánea.

En el quinto mes la maquinaria debe estar lista en la planta para instalarse, es ventajoso que los equipos vienen armados listos para colocar en posición y conectar a la corriente eléctrica. Posteriormente, en el mes 6, se harán pruebas de la maquinaria y equipo como también de los procesos y procedimientos, en los que se documentarán los resultados y se evaluará si deben hacerse cambios y si no es así se aprueba con el control de calidad.

Durante el mes 7 y último de la implementación se llevarán a cabo las capacitaciones de personal y maquinaria sobre los procesos y procedimientos establecidos para el sistema de producción. Se considerará el ingeniero de la planta, el supervisor y dos operarios para tener una vacante, por último, se entregan informes y se inician las operaciones.

REFERENCIAS

- Alona, R. (2012). Cartucho con Alta densidad de carga (w/cm^2). Recuperado de:
<http://resistenciasalona.com/Anduaga/index.php/productos-2/cartucho-con-alta-densidad-de-carga-wcm/?lang=es>
- Carro Paz, R. y González Gómez, D. (s. f.). Administración de la Calidad Total. Universidad Nacional de Mar de Plata. Recuperado de:
http://nulan.mdp.edu.ar/1614/1/09_administracion_calidad.pdf
- Carro Paz, R. y González Gómez, D. (s. f.). Capacidad y Distribución Física. Administración de las Operaciones. Recuperado de:
http://nulan.mdp.edu.ar/1620/1/15_capacidad_distribucion.pdf
- Carro Paz, R. y González Gómez, D. (s. f.). Diseño y Selección de Procesos. Argentina: Universidad Nacional de Mar de Plata. Recuperado de:
http://nulan.mdp.edu.ar/1613/1/08_diseno_procesos.pdf
- Chase, R.; Jacobs, R. y Aquilano, N. (2009). Administración de Operaciones Producción y cadena de suministros. México, D. F.: McGraw-Hill / Interamericana Editores, S. A. de C.V. Recuperado de: https://www.ucursos.cl/usuario/b8c892c6139f1d5b9af125a5c6dff4a6/mi_blog/r/Administracion_de_Operaciones_-_Completo.pdf
- Collier, D. y Evans, J. (2016). Operations + Supply Chain Management. Boston, MA: Centage Learning. Recuperado de:
https://books.google.co.cr/books?id=ikApDQAAQBAJ&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false
- García López, T. y Cano Flores, M. (2013). El FODA: una Técnica para el Análisis de Problemas en el Contexto de la Planeación en las Organizaciones. Recuperado de:
<https://www.uv.mx/iiesca/files/2013/01/foda1999-2000.pdf>
- García Velázquez, A.; Pineda Domínguez, D. y Andrade Vallejo, M. (2015). Las capacidades

tecnológicas para la innovación en empresas de manufactura. Universidad y Empresa, 257-278. Recuperado de: <https://www.redalyc.org/pdf/1872/187243745011.pdf>

González de Vallejo, L. (2002). Ingeniería geológica. Madrid: Pearson Educación. Recuperado de: https://www.u-cursos.cl/usuario/c19094b1ea89f1f08e243796b671e2e5/mi_blog/r/Ingenieria_Geologica_-_Gonzalez_de_Vallejo.pdf

González. (s. f.). Estudio de mercado. Recuperado de: http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/mgc/gonzalez_c_je/capitulo4.pdf

Gutiérrez Pulido, H. y de la Vara Salazar, R. (2013). Control estadístico de la calidad y Seis Sigma. México: McGraw-Hill/Interamericana Editores, S. A. de C.V. Recuperado de: http://iindustrialtp.com.mx/msamuel.lopezr/Control_Eestadistico_de_la_Calidad_y_Seis_Sigma_Humberto_Gutierrez_Pulido.pdf

Hernández Sampieri, R.; Fernández Collao, C. y Baptista Lucio, M. (2014). Metodología de la Investigación. México, D. F.: Interamericana Editores, S. A. de C.V.

Ibarra Balderas, V. y Ballesteros Medina, L. (2017). Manufactura Esbelta. Instituto Tecnológico de Aguascalientes, México. México: Conciencia Tecnológica. Recuperado de: <https://www.redalyc.org/jatsRepo/944/94453640004/94453640004.pdf>

Manzano Ramírez, M. y Gisbert Soler, V. (2016). Lean Manufacturing 5S Implantation. 3C Tecnología. doi: <http://dx.doi.org/10.17993/3ctecno.2016.v5n4e20.16-26>

Merca2.0. (2015). Tipos de demanda que tiene una marca. Mesa Editorial Merca 2.0. Recuperado de: <https://www.merca20.com/5-tipos-de-demanda-que-tiene-una-marca/>

Microsoft. (s. f.). Recuperado de: www.support.office.com

Orlante, W.; Botero, M. y Cañón B. (2010). Importancia del Mantenimiento Industrial Dentro de los Procesos de Producción. Scientia Et Technica, 354-356. Recuperado de: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=84917316066>

Pacheco, J. (2015). Optimización de procesos. Recuperado de:

<https://www.heflo.com/es/blog/optimizacion-procesos/mejora-continua-los-procesos/>

Valderrama Santibáñez, A.; Neme Castillo, O. y Ríos Bolívar, H. (2015). Eficiencia técnica en la industria manufacturera en México. *Investigación Económica*, 73-100. Recuperado de:

<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=60142401002>

Vargas Hernández, J.; Muratalla Bautista, G. y Jiménez Castillo, M. (2016). Lean Manufacturing ¿una herramienta de mejora de un sistema de producción? *Ingeniería Industrial. Actualidad y Nuevas Tendencias*, 153-174. Recuperado de:

<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=215049679011>

Zúñiga, C. (2015). Estructuración del Organigrama, . Ecuador: Universidad Politécnica

Salesiana. Recuperado de: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/7760/1/UPS-CT004613.pdf>

APÉNDICES

Encuesta a clientes

Las siguientes preguntas están formuladas para determinar los requerimientos del sistema de producción de resistencias de cartucho de alta densidad, buscando las necesidades de los clientes con el objetivo de diseñar los procesos. En la encuesta se toman en cuenta clientes de Electro MAZ Limitada que consuman este tipo de resistencia.

¿Qué tipo de resistencia de cartucho utiliza en su proceso?

- Alta densidad
- Baja densidad

¿Cuándo solicita una resistencia de cartucho de alta densidad?

- Cuando se le presenta una emergencia
- Para mantener como repuesto de stock

¿Qué tiempo de entrega le gustaría tener en las resistencias de cartucho de alta densidad?

- De 5 a 6 semanas
- De 5 a 8 días

¿Qué le impide comprar resistencias de cartucho de alta densidad?

- Tiempo de entrega
- Precio
- Calidad
- _____

¿Con cuánta frecuencia compra resistencias de cartucho?

- Todos los meses

- Cada 3 meses
- Cada 6 meses
- Una vez al año
- _____

¿Qué le parece si en Costa Rica se fabriquen las resistencias de cartucho de alta densidad con equipo automatizado y respetando los lineamientos de la calidad internacional?

- Mal
- Bien
- Muy bien
- Excelente

Entrevista

El formato de la entrevista se realizó para determinar la demanda insatisfecha de los clientes activos de Electro MAZ Limitada, considerando las fallas que ha tenido el producto durante la aplicación de los procesos de los clientes, tomando parecer tanto del cliente final como del operario.

Entrevista Clientes

- ¿Se le ha dañado alguna vez una resistencia de cartucho comprada en Electro MAZ Limitada?
- ¿Cuál ha sido el daño?

Entrevista Operario

- ¿Devuelven resistencias de cartucho constantemente por algún daño de fabricación?
- ¿Cuáles resistencias devuelven más, la de importación o producción nacional?
- ¿Cuál es el daño más común que tiene la resistencia?

Formato de Hoja de Observación

FECHA: _____ NOMBRE EMPRESA: _____

HORA: _____ NOMBRE DEL OPERARIO: _____

NUMERO DE ORDEN DE PRODUCCIÓN: _____

NOMBRE DEL CLINETE: _____

NOMBRE DEL PROCEDIMIENTO: _____

DESCRIPCIÓN DEL PROCESO

FALLAS IDENTIFICADAS

FABRICACION ESPECIAL FUERA DE LOS PARAMETROS NORMALIZADOS

Fuente: elaboración propia.

Depreciación de Máquina Bobinadora

Depreciación de Maquinaria (Bobinadora)			
Periodo	Depreciación Anual	Depreciación Acumulada	Valor Neto
0	₡0,00	₡0,00	₡7 092 000,00
1	₡2 127 600,00	₡2 127 600,00	₡4 964 400,00
2	₡1 702 080,00	₡3 829 680,00	₡3 262 320,00
3	₡1 276 560,00	₡5 106 240,00	₡1 985 760,00
4	₡851 040,00	₡5 957 280,00	₡1 134 720,00
5	₡425 520,00	₡6 382 800,00	₡709 200,00

Fuente: elaboración propia.

Depreciación de Máquina Compactadora

Depreciación de Maquinaria (Compactadora)			
Periodo	Depreciación Anual	Depreciación Acumulada	Valor en libras
0	₡0,00	₡0,00	₡16 402 000,00
1	₡4 920 600,00	₡4 920 600,00	₡11 481 400,00
2	₡3 936 480,00	₡8 857 080,00	₡7 544 920,00
3	₡2 952 360,00	₡11 809 440,00	₡4 592 560,00
4	₡1 968 240,00	₡13 777 680,00	₡2 624 320,00
5	₡984 120,00	₡14 761 800,00	₡1 640 200,00

Fuente: elaboración propia.

Formulario para la toma de tiempos

<i>Fecha</i>		<i>Numero de O,P</i>			<i>Operario</i>			
	Actividad	Tiempo 1	Tiempo 2	Tiempo 3	Tiempo 4	Tiempo 5	Tiempo 6	Unidad
1	Ingreso a SmartSheet							Segundos
2	Desarrollo de fórmula							Segundos
3	Creación de O.P							Segundos
4	Alisto de materiales							Segundos
5	Corte							Segundos
6	refrentado							Segundos
7	Soldadura de tapa							Segundos
8	bobinado							Segundos
9	ensamble de aislador							Segundos
10	llenado							Segundos
11	compactado							Segundos
12	Verificación de Ohmios							Segundos
13	Llenado con Cemento							Segundos
14	Soldadura de cable							Segundos
15	Pulido							Segundos
16	Tiempo de Horno							Segundos
17	prueba							Segundos
Total en Segundos								Segundos
Total en Minutos								Minutos
Promedio								Minutos

Fuente: elaboración propia.

BOM (Lista de Materiales)

Datos de la Resistencia						
Orden de Producción	#	Operario	X			
Descripción	Resistencia de cartucho de 3/8 Diametro x 15 cms Longitud 120 V 850 W					
Cantidad	1	Fecha	XX-XX-XXXX			
Código	RC5519					
Observación	2 metros de cable a la salida					
Lista de Materiales						
ítem	Código	Descripción	Cantidad	Unidad	Costo Unitario	Costo Total
1	AM-005	Aislador 99%Mineral MGO de 4 huec	1	UND	¢292,50	¢292,50
2	TI-005	Tapa inferior 99%Mineral MGO 10.8	1	UND	¢43,88	¢43,88
3	TS-002	Tapa Superior de Cerámica (Cerámic	1	UND	¢14,63	¢14,63
4	EP-003	Espaciador 10mm	1	UND	¢14,63	¢14,63
5	TH-003	Tapón de Hule 10 mm	1	UND	¢7,02	¢7,02
6	DE-003	Disco de extremo de acero inoxidable	1	UND	¢14,63	¢14,63
7	TA-003	Tubo acero inoxidable 304 / 10.6 mm	0,15	M	¢1 287,00	¢193,05
8	AN-006	Alambre de Nicromio 80/20 #23	7	M	¢415,00	¢2 905,00
9	FV-005	Cable fibra de vidrio #20	4	M	¢351,00	¢1 404,00
10	AH-001	Alambre de Hierro	0,4	M	¢468,00	¢187,20
11	OM-001	Óxido de Magnesio	270	g	¢3,51	¢947,70
12	CR-001	Cemento Refractario	5	g	¢3,51	¢17,55
13	HT-001	Hora Torno	0,39	UND	¢5 850,00	¢2 281,50
14	SD-001	Soldadura de disco y cables	1	UND	¢420,00	¢420,00
15	MO-001	Hora de Mano de Obra	0,06	UND	¢3 250,00	¢195,00
16			0		¢0,00	¢0,00
17			0		¢0,00	¢0,00
Total						¢8 938,29

Fuente: elaboración propia.