

**UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE GRADUACIÓN**

**TESIS DE GRADO
PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO INDUSTRIAL**

**ÁREA
SISTEMAS PRODUCTIVOS**

**TEMA
“ANÁLISIS Y MEJORA DEL PROGRAMA DE
PRODUCCIÓN ENFOCADO EN LA TEORÍA DE
RESTRICCIONES (TOC) EN LA EMPRESA
TECNOVA S.A”**

**AUTOR
VÉLEZ BAJAÑA ANDREA CAROLINA**

**DIRECTOR DE TESIS
ING. IND. AREVALO MOSCOSO ALFREDO**

**2014
GUAYAQUIL-ECUADOR**

“La responsabilidad de los hechos, ideas y doctrinas expuestos en esta Tesis corresponden exclusivamente al autor”

Vélez Bajaña Andrea Carolina

C. C. 0922485511

DEDICATORIA

Dedico esta tesis de grado y título de Ingeniera Industrial a Dios, a mis padres, suegros y esposo ya que con su motivación y aliento he podido culminar mi carrera profesional.

Una dedicatoria especial a mis queridos primos que son como mis hermanos quienes espero sigan el ejemplo de trabajo y constancia.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios, a mi padre pero especialmente a mi madre y tía por todo su esfuerzo, dedicación constante y al igual que mis suegros han cuidado a mi hija para así poder culminar mi carrera profesional.

A mi esposo el cual me ha brindado su apoyo en todo momento; al Ing. Walter Caicedo e Ing. Alfredo Arévalo por guiar paso a paso este trabajo de graduación.

INDICE GENERAL

No.	Descripción	Pág.
	Prólogo	1

CAPÍTULO I

GENERALIDADES

No.	Descripción	Pág.
1.1	Antecedentes del problema.	2
1.2	La Empresa.	2
1.2.1	Datos generales de la empresa.	2
1.2.2	Localización.	3
1.2.3	Identificación con el CIU.	3
1.2.4	Productos (Servicios).	3
1.2.5	Filosofía estratégica.	4
1.3	Objetivos.	4
1.3.2	Objetivo general.	4
1.3.3	Objetivos específicos.	4
1.4	Justificativos.	5
1.4.2	Delimitación de la investigación.	5
1.5	Marco Teórico.	5
1.5.2	Metodología.	5
1.5.3	TOC (Teoría de las Restricciones).	6

CAPÍTULO II

SITUACIÓN ACTUAL

No.	Descripción	Pág.
2.1	Recursos productivos.	11
2.1.1	Maquinarias.	11
2.1.2	Recursos Humanos.	12

No.	Descripción	Pág.
2.1.3	Infraestructura.	12
2.2	Procesos de producción.	12
2.3	Capacidad de producción.	22
2.3.1	Capacidad en el área de fundición.	22
2.3.2	Capacidad en el área de empastado.	25
2.3.3	Capacidad en el área de serigrafía.	27
2.3.4	Capacidad en las 2 líneas de montaje.	27
2.3.5	Capacidad en el área de carga.	28
2.3.6	Capacidad en el área de despacho.	28
2.3.7	Resumen de capacidades.	29
2.3.8	Análisis de la capacidad en las líneas de montaje.	31
2.4	Resumen de cálculo de capacidades.	35
2.4.1	Paso 1 del TOC: Identificar las restricciones del sistema.	37
2.5	Registro de problemas.	38
2.5.1	Desperdicio.	38
2.5.2	Reproceso.	39
2.5.3	Tiempo improductivo.	40
2.5.4	Resumen de factores que afectan a la productividad.	41

CAPÍTULO III

ANÁLISIS Y DIAGNÓSTICO

No.	Descripción	Pág.
3.1	Análisis de datos e identificación del problema.	44
3.2	Impacto económico de problemas.	49
3.3	Diagnóstico.	55
3.4	Aplicación del paso No. 2 del TOC: Explotar la restricción.	55
3.5	Aplicación del paso No. 3 del TOC: Subordinar todo a la decisión anterior.	65

CAPÍTULO IV

PROPUESTA

No.	Descripción	Pág.
4.1	Planteamiento de alternativas de solución al problema.	72
4.2	Alternativas de solución al problema de la falta de capacidad de las líneas de montaje No. 1 y No. 2.	72
4.2.1	Aplicación del paso 4 del TOC: Elevar la capacidad del sistema.	72
4.2.2	Alternativa de solución “A”.	73
4.2.3	Alternativa de solución “B”.	74
4.3	Costos de alternativas de solución.	76
4.3.1	Costos de Alternativa “A”.	76
4.3.2	Costos de Alternativa “B”.	77
4.3.3	Evaluación y selección de alternativa de solución.	78
4.4	Selección de alternativas.	81
4.5	Actividad complementaria a la propuesta.	81
4.6	Aporte de la propuesta.	82
4.6.1	Aplicación del paso 5to del TOC.	83

CAPÍTULO V

EVALUACIÓN ECONÓMICA Y FINANCIERA

No.	Descripción	Pág.
5.1.	Costos para la implementación de la alternativa propuesta.	87
5.1.1	Inversión fija.	87
5.1.2	Costos de operación.	88
5.1.3	Inversión total.	89
5.2	Plan de inversión / financiamiento de la propuesta.	90
5.2.1	Amortización de la inversión / crédito financiado.	90
5.2.2	Balance económico y flujo de caja.	92
5.3	Índices financieros que sustentan la inversión.	93
5.3.1	Tasa Interna de Retorno.	93
5.3.2	Valor Actual Neto.	95

No.	Descripción	Pág.
5.3.3	Tiempo de recuperación de la inversión.	97
5.3.4	Resumen de criterios financieros	99
5.4	Análisis beneficio / costo de la propuesta	99

CAPÍTULO VI

PROGRAMACIÓN PARA PUESTA EN MARCHA

No.	Descripción	Pág.
6.1	Planificación y cronograma de implementación.	100

CAPÍTULO VII

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

No.	Descripción	Pág.
7.1	Conclusiones.	102
7.2	Recomendaciones.	103
	GLOSARIO DE TÉRMINOS	104
	ANEXOS.	108
	BIBLIOGRAFÍA.	121

ÍNDICE DE CUADROS

No.	Descripción	Pág.
1	Maquinarias utilizadas en la producción.	12
2	Maquinarias utilizadas en la producción.	13
3	Descripción de temperaturas.	19
4	Calibración de las máquinas de pegado térmico.	20
5	Descripción de temperaturas (línea 1).	21
6	Líneas de montaje.	22
7	Capacidad instalada de producción.	29
8	Capacidad instalada de maquinarias de líneas de montaje No. 1.	36
9	Capacidad instalada de maquinarias de líneas de montaje No. 2.	36
10	Capacidad instalada de maquinarias de líneas de montaje No. 1 y 2.	37
11	Desperdicio en el proceso de fabricación de baterías.	39
12	Reproceso en el proceso de fabricación de baterías.	40
13	Tiempo improductivo en el proceso de fabricación de baterías.	41
14	Capacidad instalada mermada por desperdicio, reproceso y tiempos Improductivos.	42
15	Eficiencia de la producción por áreas.	43
16	Análisis de frecuencia de los problemas.	48
17	Relación de costos de factores que afectan productividad.	50
18	Costos de baterías clasificados por cuenta.	51
19	Cuantificación del desperdicio.	52
20	Cuantificación del reproceso.	53
21	Cuantificación del tiempo improductivo.	54
22	Cuantificación del cuello de botella.	55
23	Cuantificación general de los problemas.	55
24	Cronograma de mantenimiento preventivo.	58
25	Capacidad instalada de producción.	65
26	Plan de producción. Líneas de montajes. Año 2013.	66
27	Detalle de la producción por turno, con reducción de turno	69
28	Capacidad de producción mensual.	69
29	Característica de equipos propuestos. Alternativa “A”.	72

No.	Descripción	Pág.
30	Característica de equipos propuestos. Alternativa “B”.	73
31	Costos de equipos propuestos en alternativa “A”.	75
32	Costos de equipos propuestos en alternativa “B”.	76
33	Análisis de costos de alternativa de solución “A”.	77
34	Análisis de costos de alternativa de solución “B”.	77
35	Cuadro comparativo de alternativas de solución.	79
36	Costos de la capacitación.	81
37	Capacidad instalada propuesta con 4to paso del TOC.	81
38	Costos de equipos propuestos como paso 5to del TOC.	83
39	Capacidad instalada propuesta con 5to paso del TOC.	83
40	Eficiencia de la producción por áreas.	84
41	Inversión inicial requerida.	87
42	Costos de operación.	88
43	Inversión total.	88
44	Datos del crédito financiado.	89
45	Amortización del crédito financiado.	90
46	Costos financieros.	91
47	Balance económico de flujo de caja.	91
48	Determinación de la tasa interna de retorno TIR.	93
49	Cálculo del valor actual neto.	95
50	Cálculo del tiempo de recuperación de la inversión.	96

ÍNDICE DE GRÁFICOS

No.	Descripción	Pág.
1	Capacidad instalada de producción.	30
2	Esquema de capacidad instalada diaria: maquinarias de líneas de Montaje No. 1 y No. 2.	38
3	Diagrama de Ishikawa.	46
4	Diagrama de Pareto de frecuencias.	48
5	Capacidad de producción mensual.	70

ÍNDICE DE ANEXOS

No.	Descripción	Pág.
1	Localización de la empresa.	109
2	Organigrama de la institución.	110
3	Diagrama de bloque de procesos	111
4	Distribución actual de la planta.	112
5	Diagrama de recorrido de planta	113
6	Distribución propuesta de planta.	114
7	Diagrama actual de análisis de las operaciones del proceso. Sección fundición.	115
8	Diagrama actual de análisis de las operaciones del proceso. Empastado.	115
9	Diagrama actual de análisis de las operaciones del proceso. Serigrafía.	115
10	Diagrama actual de análisis de las operaciones del proceso. Ensamble.	116
11	Diagrama actual de análisis de las operaciones del proceso. Carga.	117
12	Diagrama actual de análisis de las operaciones del proceso. Despacho.	118

AUTOR: VÉLEZ BAJAÑA ANDREA CAROLINA

TEMA: ANÁLISIS Y MEJORA DEL PROGRAMA DE PRODUCCIÓN ENFOCADO EN LA TEORÍA DE RESTRICCIONES TOC EN LA EMPRESA TECNOVA S.A.

DIRECTOR: ING. IND. AREVALO MOSCOSO ALFREDO

RESUMEN

Presentamos esta propuesta de tesis desde un punto lógico y ejecutable teniendo como objetivo mejorar el plan de producción, basado en la Teoría de restricciones (TOC - Theory of Constraints), para de esta manera aumentar la disponibilidad del producto, reducir inventarios y responder rápidamente a la demanda requerida con mayor nivel de eficiencia y dejar propuestas de mejoras planteadas para que sean implementadas por la empresa en un futuro. Para lograr el objetivo antes descrito se identificaron opciones de mejora basándose en la Teoría de restricciones (TOC – Theory of Constraints); se explica en qué consiste y cuáles son las ventajas de aplicarla, a continuación se realizó el estudio de las líneas de los procesos de producción de la planta, las cuales se describió y analizó. Se emplearon herramientas como los Diagramas de Análisis de Procesos, Distribución de Planta, Recorrido de Planta, Diagrama de Ishikawa además de la modalidad de investigación descriptiva, analítica, explicativa, bibliográfica y de campo, con un enfoque cualitativo – cuantitativo que ayudarán a realizar el levantamiento de información de los procesos y productos que se elaboran; luego se identificó la restricción, problemas y propuesta de mejoras del sistema. Finalmente se realizó el análisis financiero, donde se determinó la Tasa Interna de Retorno **TIR** en un 88,39%, lo que refuerza la factibilidad del proyecto, debido a que es superior al costo del capital que tiene una tasa de descuento del 18,00% y el Valor Anual Neto **VAN** (\$4.494.411,06); de los costos de inversión que presentan los cambios propuestos para mejorar el proceso productivo.

PALABRAS CLAVE: Teoría de Restricciones, Diagramas de Análisis de Procesos, Distribución de Planta, Recorrido de Planta, Diagrama de Ishikawa, Tasa Interna de Retorno, Valor Anual Neto.

Vélez Bajaña Andrea Carolina
C.C.# 0922485511

Ing. Ind. Arévalo Moscoso Alfredo
Director de Tesis

AUTHOR: VÉLEZ BAJAÑA ANDREA CAROLINA

TOPIC: ANALYSIS AND IMPROVEMENT OF THE PRODUCTION PROGRAM FOCUSED ON THE THEORY OF CONSTRAINTS IN THE COMPANY TOC TECNOVA SA

DIRECTOR: ING. IND. AREVALO MOSCOSO ALFREDO

ABSTRACT

It is this thesis proposal from a logical and executable aiming at improving the production plan, based on the theory of constraints (TOC - Theory of Constraints), to thereby increase product availability, reduce inventories and respond quickly required demand with greater efficiency and allow to proposals for improvements proposed to be implemented by the company in the future. To achieve the above objective improvement options were identified based on the theory of constraints (TOC - Theory of Constraints) explains what it is and what are the advantages of applying it, then made the study of process lines production of the plant which are described and analyzed. We used tools like Process Analysis Diagrams, Plant Layout, Plant Tour, Ishikawa Diagram besides mode of descriptive, analytical, explanatory literature and field, with a qualitative approach - quantitative help us realize the collection of information processes and products that are made after the restriction was identified, problems and proposed system enhancements. Finally financial analysis performed which is Internal Rate of Return 88.39% IRR on reinforcing the feasibility of the project, because it is higher than the cost of capital has a discount rate of 18.00%. And Net Annual Value NPV (\$ 4,494,411.06) investment costs presented the proposed changes to improve the production process.

KEYWORDS: Theory of Constraints, Process Analysis Diagrams, Plant Layout, Plant Tour, Ishikawa Diagram, Internal Rate of Return, Net Annual Value

Vélez Bajaanã Andrea Carolina
C.C.# 0922485511

Ing. Ind. Arévalo Moscoso Alfredo
Thesis Director

PRÓLOGO

En la presente tesis titulada “Análisis y Mejora del programa de producción enfocado en la Teoría de Restricciones (TOC) en la empresa TECNOVA S.A.” estudio y analizo los procesos de producción para la elaboración de baterías.

La tesis está dividida en siete capítulos: en el primero analizamos los antecedentes del problema e información de la empresa (localización, productos, entre otros), el segundo contiene una descripción de la situación actual de la empresa en el cual se incluyen datos como maquinarias, recurso humano, infraestructura descripción de los procesos y capacidades de producción; el tercero es el diagnóstico del análisis de los procesos de producción basado en la Teoría de Restricciones en el cual se determina el cuello de botella o restricción de los procesos que en este caso es el área de montaje; el cuarto es la propuesta para la mejora de la restricción; el quinto es la evaluación económica y financiera de la propuesta, el sexto es la puesta en marcha de la propuesta y el séptimo capítulo contiene las conclusiones y recomendaciones de la tesis.

Esta tesis contiene en la parte final una lista bibliográfica de los artículos utilizados, un apéndice documental de imágenes comentadas en el texto de la tesis y un glosario de los términos poco comunes utilizados en el contenido.

CAPÍTULO I

GENERALIDADES

1.1 Antecedentes del problema

TECNOVA S.A es una de las empresas del Grupo Berlín, empezó con el nombre de ELECTRO DIESEL después cambio el nombre a BATERIAS LUX. Desde 1964 fabrica baterías de plomo – ácido para automóviles, camionetas, camiones, motores estacionarios y marinos, las cuales son comercializadas bajo la licencia de ROBERTH BOSCH GMBH ALEMANIA.

A pesar de ser la fábrica de baterías más importante y moderna en el país su programa de producción es planificado cada quince días sin la aplicación de ninguna herramienta, es decir se producía según los "empujones" que se hacían a los Centros de Distribución y no basado en ventas reales es decir los "halones" de los clientes finales.

1.2 La Empresa

1.2.1 Datos generales de la empresa

TECNOVA S.A se inició con el nombre de ELECTRO DIESEL, al cabo de algunos años tomó el nombre de BATERIAS LUX.

La empresa inició con la fabricación de baterías de plomo - ácido para automóviles, camionetas, camiones, motores estacionarios y marinos en el año 1964, actualmente importan, distribuyen y prestan servicios en el Ecuador a través de una red de más de 2000 almacenes de repuestos, estaciones de servicios,

tiendas de grandes superficies y talleres técnicos; su propósito desde siempre ha sido satisfacer a los clientes ofreciéndoles un producto garantizado y de calidad.

1.2.2 Localización

La empresa TECNOVA S.A, se encuentra ubicada en la Provincia del Guayas, Cantón Guayaquil, en el Parque Industrial Pascuales Km. 16 ½ vía a Daule. (Ver **anexo No. 1**).

1.2.3 Identificación con el CIU

Según el Código Internacional Industrial Uniforme, la empresa se encuentra con la siguiente identificación: G5030.00, Venta al por mayor de accesorios, partes y piezas de vehículos automotores, realizada independientemente de la venta de vehículos.

1.2.4 Productos

Tecnova S.A. fabrica baterías de óxido de plomo, tipo S3 (bajo mantenimiento) las cuales se deben inspeccionar de forma regular para comprobar el nivel de líquido que debería estar a 10 mm sobre el nivel canto de las placas y las S4 (libre mantenimiento) su tecnología que reduce significativamente el consumo interno de agua, durante el uso en condiciones normales. A continuación en la Tabla #1 se detallarán los tipos de baterías que Tecnova S.A. fabrica:

TABLA # 1
TIPOS DE BATERÍAS

N150 HD Bm	42 ST (2 Hold Down) Bm	34 FE Lm
24 ST Bm	42 ST CL (4 Hold Down) Bm	34 HP Lm
24 FE Bm	42 FE (2 Hold Down) Bm	36 FE Lm
24 HP Bm	4DLT HD Bm	66 FE (4OR) Lm
27 FE Bm	55 FE Bm	42 FE Lm
30H FE Bm	N40 FE Bm	42 HP (4 Hold Down) Lm
31 FE S3100ST CL	Ns40 ST Bm	55 HP Lm
30H-31-HD Bm	Ns40 FE Bm	55 FE Lm
34 FE Bm	24 FE Lm	65 FE Lm
34 HP Bm	24 HP Lm	N40 ST Lm

Fuente: Registros de producción
Elaborado por: Vélez Bajaña Andera Carolina

1.2.5 Filosofía estratégica

La empresa TECNOVA S.A. se dedica a la venta de accesorios, partes y piezas de vehículos, su misión y visión se detallan a continuación:

- **Misión**

Representamos a Bosch en Ecuador, brindamos soluciones innovadoras y confiables a través de productos y servicios de alta tecnología para beneficio de nuestros clientes, colaboradores y accionistas.

- **Visión**

TECNOVA S.A. será en el 2013 la unidad comercial líder en los mercados de autopartes, herramientas eléctricas, equipos de taller, calefones y productos complementarios, a través de conceptos modernos de ventas, marketing agresivo y un programa de servicios rápidos acorde a las tendencias y necesidades de cada uno de los mercados con una reconocida orientación y servicio al cliente.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general

Mejorar el plan de producción, basado en la Teoría de restricciones (TOC - Theory of Constraints), para aumentar la disponibilidad de producto (baterías), reducir inventarios y responder rápidamente a la demanda.

1.3.2 Objetivos específicos

Los objetivos específicos en el proceso de la elaboración de baterías son:

- Identificar la restricción del sistema.
- Decidir cómo explotar la restricción del sistema.

- Subordinar todo a la restricción.
- Elevar la restricción del sistema (aumentar la capacidad).
- No permitir que la inercia se convierta en la restricción del sistema.

1.4 Justificativos

Al tener un plan de producción que se base en las ventas reales y no pronósticos se reducirá los costos de inventario para lograr un salto en la rentabilidad mientras las ventas se incrementan exponencialmente año tras año y alcanzar a ser una compañía Siempre Próspera agregando valor a los clientes, empleados y accionistas.

1.5 Delimitación de la investigación

- **Área:** Sistemas Productivos del proceso de elaboración de baterías.
- **Campo:** Capacidad de producción.
- **Tema:** Mejoramiento del programa de producción enfocado en la teoría de restricciones (TOC) en la empresa TECNOVA S.A.
- **Empresa:** TECNOVA S.A.
- **Tiempo:** Octubre 2011 – Mayo 2012.

1.6 Marco Teórico

En este numeral se detalla la Teoría de Restricciones la cual se empleará para la identificación y análisis de los problemas, y de las soluciones que se llevarán a cabo en el presente trabajo de investigación.

1.6.1 Metodología

En la metodología se empleará la modalidad de investigación descriptiva, analítica, explicativa, bibliográfica y de campo, con un enfoque cualitativo – cuantitativo, descritos a continuación en los siguientes procesos:

- Levantamiento de la información adecuado a los procesos y productos que elabora actualmente la empresa.
- Procesamiento analítico de la información mediante el uso de diagramas de procesos, de distribución de planta y gráficos estadísticos.
- Diagnóstico de los problemas, aplicando el diagrama de Pareto y diagrama de Ishikawa.
- Elaboración de una propuesta que admita aumentar la capacidad de producción.

Las técnicas a utilizar en la presente investigación son las siguientes:

- Técnicas Estadísticas: Diagrama de Ishikawa y Diagrama de Pareto, cuadros y gráficos estadísticos.

1.6.2 TOC (Teoría de las Restricciones)

La teoría de las limitaciones, o teoría de las restricciones (Theory of Constraints TOC) fue creada por Eliyahu M. Goldratt, un doctor en Física de origen israelí. Siendo empresario de la industria del software y siendo su empresa la sexta de más rápido crecimiento en 1982 según Inc. Magazine, se preguntó si acaso existiría alguna relación válida entre las técnicas utilizadas en la resolución de problemas científicos y los que él encontró en su trabajo empresarial.

Eli Goldratt, considera:

Es un conjunto de procesos de pensamiento que utiliza la lógica de la causa y efecto para entender lo que sucede y así encontrar maneras de mejorar. Está basada en el simple hecho de que los procesos multitarea, de cualquier ámbito, solo se mueven a la velocidad del paso más lento. La manera de acelerar el proceso es utilizar un catalizador en el paso más lento y lograr que trabaje hasta el límite de su capacidad para acelerar el proceso completo.

En este libro, Eliyahu Goldratt muestra la esencia de su teoría, la desarrolla de manera lúdica sentenciada a la liquidación; su gerente, Alex Rogo, tiene tres meses para recuperar la rentabilidad de la empresa y la estabilidad en su familia.

Eli Goldratt, considera:

TOC se basa en el supuesto que cualquier sistema, sin importar que tan complejo pueda parecer, está gobernado por pocos elementos. Identificar las restricciones del sistema y administrarlas consecuentemente produce resultados rápidamente y fomenta la armonía a lo largo del sistema. (<http>)

La esencia de la teoría de las restricciones se basa en cinco puntos correlativos de aplicación:

1. Identificar las restricciones del sistema.
2. Decidir cómo explotarlas.
3. Subordinar todo a la decisión anterior.
4. Superar la restricción del sistema (elevar su capacidad).
5. Si en los pasos anteriores se ha roto una restricción, regresar al paso (1) pero no permitir la inercia.

Activación. – En la administración de restricciones, se refiere al uso de recursos no restrictivos, para hacer partes o productos a un nivel superior al necesario en el sostenimiento de las restricciones del sistema. El resultado es un exceso de inventario de trabajo en proceso (WIP*), de inventarios, productos terminados o de ambos. En contraste, el término utilización se emplea para describir aquella situación en la que se sincroniza el uso de recursos no restrictivos para apoyar las necesidades de la restricción.

Administración de Amortiguadores. – En la teoría de las restricciones se refiere al proceso mediante el cual, todo lo que se expide dentro de la planta depende de lo que debe de estar en los amortiguadores. Al expedir este material

hacia los amortiguadores, el sistema evita que se desperdicie tiempo en la restricción, esto evitaría que no se cumplan las fechas de entrega al cliente. Además, se pueden identificar las causas de los faltantes de artículos en el amortiguador, así como la frecuencia con la que ocurren, para darle prioridad a las actividades de mejora.

Amortiguador. – Los amortiguadores pueden ser representados por: tiempo o material. Estos sirven para proteger el throughput y/o el desempeño en la fecha de entrega.

Árbol de Prerrequisitos (PrT). – Herramienta basada en la lógica que sirve para determinar los obstáculos que bloquean la solución de un problema o la ejecución de una idea. Una vez identificados los obstáculos, se pueden determinar los objetivos para vencerlos.

Árbol de Realidad Actual. – Es una herramienta basada en la lógica, que utiliza relaciones de causa y efecto para identificar los “Problemas Raíz” que originan los efectos indeseables observados en el sistema.

Los Efectos Indeseables (EFI). – Son la consecuencia de una causa, las causas a su vez de otras causas. Convergiendo hacia el real problema que llamaremos Problema Raíz. Al solucionar el problema raíz, deben desaparecer las causas de los Efectos Indeseables.

Árbol de Realidad Futura. – Es una herramienta basada en la lógica que sirve para construir y probar soluciones potenciales antes de implementarlas. Cumple dos objetivos: 1) Desarrollar, expandir y completar la solución, 2) identificar y resolver problemas o prevenir otros nuevos que se originen al implementar la solución.

Árbol de Transición. – Es una herramienta basada en la lógica que sirve para identificar y secuenciar las acciones que se requieren para cumplir un

objetivo. Las transiciones representan los estados o etapas involucradas entre la situación actual hacia el objetivo deseado.

Medidas de Desempeño de TOC. – El throughput, el inventario y los gastos de operación se consideran medidas de desempeño que ligan las decisiones operacionales con la ganancia de la organización.

1. Throughput. – Velocidad con la que el sistema genera dinero a través de las ventas.
2. Inventario. – Artículos que se compran para su reventa, incluyendo el producto terminado, el inventario en proceso y la materia prima. (Goldratt, 2000)

El inventario siempre se valúa al precio de compra e incluye los costos sin valor agregado. La práctica tradicional de contabilidad de costos, añade la mano de obra directa y asigna gastos durante el proceso de producción.

Programa Tambor. – Se refiere a la secuencia de trabajo basado en el único sistema de prioridades de la planta (en el código de colores), el cual, permite el enfoque de los recursos en la producción de los ítems que se deben reponer o entregar en el corto plazo, de tal manera que sea posible asegurar la disponibilidad o la entrega a tiempo.

Punto de Control. – Dentro de la estructura lógica del producto, son lugares estratégicos los cuales pueden convertirse en recursos críticos para el proceso, debido a que de vez en cuando, pueden sobrecargarse significativamente (>75%). Para poder asegurar el control sobre el flujo del proceso es necesario monitorear la carga en función del tiempo que registran estos recursos críticos. Los demás recursos que no son punto de control, deben operar de acuerdo a la ética del correccaminos: “Si hay trabajo se procesa tan rápido como sea posible, de lo contrario deben esperar”.

Tambor – Amortiguador – Cuerda (DBR*). – Es una metodología de planeamiento, control y ejecución en el piso de planta. Es una programación que permite mantener el control de la velocidad y flujo de producción, reposición o entregas en el mercado en un corto plazo.

***DBR (Drum – Buffer – Rope):**

- a) El Tambor (Drum) se refiere a los cuellos de botella (recursos con capacidad restringida) que marcan el paso de toda la fábrica.
- b) El Amortiguador (Buffer) es un amortiguador de impactos basado en el tiempo, que protege al throughput (ingreso de dinero a través de las ventas) de las interrupciones del día a día y asegura que el Drum (tambor) nunca se quede sin material.
- c) Cuerda (Rope) El tiempo de preparación y ejecución necesario para todas las operaciones anteriores al tambor más el tiempo del Buffer.

Esto sincroniza todas las operaciones al ritmo del tambor, lográndose un flujo de materiales rápido y uniforme a través de la compleja red de procesos de una fábrica. El método de programación DBR (Drum-Buffer-Rope) puede llevar a beneficios substanciales en la cadena de suministros asegurando que la planta esté funcionando a la máxima velocidad con el mínimo de inventarios y alcanzando a satisfacer demandas inesperadamente altas. ()

CAPÍTULO II

SITUACIÓN ACTUAL

2.1 Recursos productivos

Los recursos productivos de la empresa TECNOVA S.A se detallan en los siguientes sub numerales.

2.1.1 Maquinarias

En este numeral se detallan las maquinarias que son utilizadas en la producción de las baterías.

Las maquinas descritas en el cuadro son las que se utilizan en el proceso de elaboración de las baterías.

Por cada batería se utilizan 42 rejillas y 42 placas, por tanto, la capacidad de cada línea debe ser por lo menos, 42 veces mayor a la capacidad de las restantes maquinarias que trabajan con cajas y baterías.

CUADRO No. 1

MÁQUINARIAS UTILIZADAS EN LA PRODUCCIÓN

Descripción	Capacidad
Tren rejillador (6)	7.500 rejillas/hora
Máquina empastadora (1)	12.000 placas/hora
Imprenta	300 cajas/hora
Ensambladora línea 1	90 bat./hora
Ensambladora línea 2	40 bat./hora
Etiquetadora – Selladora	416 bat/hora
Empacadora	375 bat/hora

Fuente: Tecnova S.A

Elaborado por: Vélez Bajaña Andrea Carolina.

2.1.2 Recursos Humanos

La empresa TECNOVA S.A está representada y dirigida por el Gerente de planta y el Jefe de materiales es la persona que se encarga de realizar las compras de materia prima y materiales. (Ver **Anexo No. 2**).

CUADRO No. 2

MÁQUINARIAS UTILIZADAS EN LA PRODUCCIÓN

Máquina en la que labora	Cargo	Cantidad de personas
Rejilladoras	Operadores	3
Empastadora	Operadores	3
Cortadoras	Operadores	3
Máquinas de sobres	Operadores	8
Máquina Línea 1	Operadores	7
Máquina Línea 2	Operadores	7
Carga y despacho	Operadores	21
Total		52

Fuente: Departamento de Producción.
Elaborado por: Vélez Bajaña Andrea Carolina.

Como se puede observar en el cuadro anterior, en la planta laboran 52 personas por turno en las diferentes áreas, para la elaboración de las baterías.

2.1.3 Infraestructura

La empresa TECNOVA S.A. dispone de un área donde se ubica la planta de producción y a su vez en ella están distribuidas las principales maquinarias divididas en secciones que indican las diferentes fases del proceso productivo de manufactura de baterías, como se puede apreciar en el **anexo No. 3**, o diagrama de planta.

2.2 Procesos de producción

En este numeral se detallaran los principales procesos de producción de baterías en la empresa. (S.A., 2011)

1. Proceso de Fundición de plomo y fabricación de rejillas. – Es el proceso primordial para la elaboración de baterías ya que de la fabricación de rejillas dependen otros procesos de producción (Ver **Anexo No. 7**). Materiales utilizados:

- Plomo antimonial.
- Plomo calcio.

Procedimiento. – El rango de trabajo del crisol debe estar entre el borde superior del crisol y 10 cm por debajo.

- a) Transporte de materiales a sección de fundición.
- b) Al iniciar una producción se debe revolver bien la aleación con el agitador de disco con perforaciones.
- c) Mezclar regularmente las rebabas y rejillas defectuosas que reingresan al crisol para evitar que se acumulen.
- d) Revolver el contenido del crisol (incluyendo la nata) con el agitador de disco con perforaciones.
- e) Retirar la escoria de los crisoles una a dos veces por turno de ocho horas. Tener cuidado de no retirar la nata del crisol de calcio. La nata es el aluminio que se necesita para proteger el calcio de la aleación.
- f) Alimentar constantemente los crisoles con lingotes de plomo, máximo 3 lingotes a la vez, previamente calentadas en las rieles del crisol cada quince minutos.
- g) Si se vacía el crisol debe raspase las paredes del mismo para evitar escoria. Bajo ningún concepto introducir lingotes y/o rejillas que no sean de Plomo Calcio (Pb Ca) al crisol de Plomo calcio.
- h) La escoria resultante de los crisoles es depositada en los carros de productos no conformes. Identificado por tipo de aleación.
- i) En la canoa debe mantenerse la llama baja, la función principal de la llama es quemar el oxígeno.
- j) Sacar la escoria de la canoa las veces que sea necesario. No retirar la tapa que cubre la llama de la canoa.

Salida de rejillas

- a) Las rejillas deben caer sin tocar las partes móviles del molde, si toca se debe corregir la sincronización. Es recomendado que las rejillas sean retiradas frecuentemente para evitar que el receptor este a su máxima capacidad.
- b) Verificar si las rejillas poseen inconformidades, tales como:
 - Rejillas con huecos.
 - Rejillas con rebaba.
 - Rejillas quebradizas.

Fabricación de óxido de plomo. – Oxido tipo Barton:

- En este proceso de fabricación, se hace pasar aire sobre el plomo fundido para producir una fina corriente de gotitas de plomo. Estas reaccionan con el oxígeno del aire y forman el óxido, que consta de un núcleo de plomo metálico revestido de óxido de plomo (PbO); actualmente el proceso se utiliza para fabricar placas negativas.
- Los lingotes de plomo puro son transportados para su adición al crisol en forma controlada, los lingotes se agregan uno por uno para evitar cambios bruscos en la temperatura del crisol y así mantener una homogeneidad en el producto final de esta sección, este producto ingresa al reactor a través de un conducto de vertido.
- En el reactor se lleva a cabo la reacción química exotérmica de la transformación del plomo puro en óxido de plomo con contenido metálico.

La conversión del plomo puro en óxido de plomo se efectúa de la siguiente manera:

- Dentro del reactor hay unas paletas que giran a una velocidad determinada que al ingresar el plomo puro fundido lo golpean para pulverizarlo.

- Las partículas de plomo puro al entrar en contacto con el oxígeno del aire en presencia de una humedad relativa cercana al 70 por ciento o más se oxida en un gran porcentaje, en un rango del 70 al 75 por ciento.
- Las partículas de óxido de plomo con su núcleo de plomo puro no oxidado son arrastrados por una corriente de aire y pasan por un clasificador de tamaño de partículas, las que están por fuera del tamaño máximo permitido retornan al reactor para ser pulverizadas.
- El resto de partículas, las que están dentro de lo permitido, siguen su trayectoria para su almacenamiento en el silo pasando primero por la casa de mangas donde el aire es filtrado para eliminar cualquier contaminación al medio ambiente.
- Las mangas retienen la partícula de plomo, óxido o metálico dejando pasar únicamente el aire.
- Posteriormente se transportan las rejillas manufacturadas a la sección de empaste.

2. Proceso de Empastado y Mezclado de pasta. – En la empastadora se fabrican los lotes de pasta para el proceso de empastado de rejillas. En dicho proceso el óxido de plomo se mezcla con electrolitos (mezcla de ácido sulfúrico con agua desmineralizada) junto con otros ingredientes en menor cantidad según el tipo de placa (positiva o negativa) dando como resultado el material activo de la batería. (Ver **Anexo No. 8**)

En este proceso se fabrica las placas de las baterías, se tiene un especial cuidado en el control del peso de las mismas ya que de esto depende el resultado final de las baterías. A continuación se detalla el procedimiento de empastado:

- a) Calibra la máquina según el tipo de la rejilla.
- b) Verificación de distancias entre rodillos y zapatillas.
- c) Verificación de la rigidez de la rejilla que haya una adecuada precisión en el empastado.
- d) Desechar rejillas que tengan los siguientes defectos:

- Huecos en bandera.
 - Hilos y roturas en las manos adyacentes.
 - Cristalización.
-
- e) Prendido del horno secador.
 - f) Graduación de temperatura del horno secador.
 - g) Vaciado de la masa activa (pasta en la tolva de la empastadora).
 - h) Verificar el peso del material activo.
 - i) Verificar al porcentaje de humedad en las placas.
 - j) Colocar las placas en burro.
 - k) Llenar las tarjetas de identificación de producto semielaborado especificando el tipo de aleación de la rejilla.
 - l) Transportar los burros al cuarto de curado y mantenerlos ahí hasta que se complete el ciclo de curado.
 - m) Luego de este tiempo, los burros son transportados a las torres de almacenamiento.
 - n) Antes de liberar las placas para el siguiente paso de fabricación, se procede a determinar el porcentaje de humedad.

Corte de Placas. – Procedimiento:

- a) El operador realiza la inspección y llena los registros.
- b) Se cortan las placas de manera manual y por medio de la máquina cortadora.
- c) Los registros completados durante la inspección son entregados al Jefe de Calidad para que sean archivados y revisados.
- d) Los operadores deben retirar las placas con defectos (mal corte, quebradizas, manchadas o húmedas, mal curadas y deformadas).

Armado de Sobres. – Este proceso se lleva a cabo en las máquinas de sobre, en donde se agrupan las placas positivas y negativas entre sí. Las placas negativas son introducidas automáticamente al sobre de separador de polietileno

aislante. Los materiales que se utilizan son placas cortadas y rollos. A continuación se detalla el proceso:

- a) Utilizar el rollo separador adecuado para cada tipo de batería de acuerdo a las especificaciones técnicas.
- b) Armar los grupos según el tipo de baterías a fabricar.
- c) Almacenamiento de grupos en líneas transportadoras o pallets.

3. Proceso de Serigrafía.- En este proceso se pintan las cajas con el objetivo de identificarlas según el tipo de batería (Ver **Anexo No. 9**). El proceso se detalla a continuación:

- a) Solicitar al área de materiales la cantidad y tipo de cajas a pintar.
- b) Encender las estaciones de serigrafía según la cantidad de colores a utilizar.
- c) Colocar las mallas o el patrón a utilizar según el tipo de caja.
- d) Colocar la tinta sobre la malla según el color correspondiente
- e) Cuadrar la caja en la mesa de la estación debajo de la malla y pintar la caja.
- f) Colocar caja pintada con el primer color (fondo blanco) en la banda transportadora para que pase a la siguiente estación donde se pintará el color gris.
- g) Pintar la caja con el color correspondiente a la estación.
- h) Colocar caja pintada en la banda transportadora para que pase a la siguiente estación donde se pintará el color rojo.
- i) Pintar la caja con el color correspondiente a la estación.
- j) Colocar caja pintada en la banda transportadora para que pase a la siguiente estación donde se pintará el color negro/azul, pintar caja y dejar secar.

4. Proceso de Montaje o Ensamble de baterías (Ver Anexo No. 10)

Soldado de grupos (línea 1). – Se utiliza cajas, grupos armados y lingotes de plomo. El procedimiento se detalla a continuación:

- a) Encender el crisol y fundir el plomo antimonial.
- b) Mantener el crisol a temperatura mínima de operación.
- c) Mantener alto el nivel de plomo en el crisol.
- d) Revisar el nivel del crisol cada 10 minutos.
- e) Encender la máquina y colocar el molde según el tipo de grupos de soldar y encajonar.
- f) Verificar el programa de temperaturas.
- g) Identificar las cajas por código de colores según las instrucciones de trabajo “Código de colores según grupo o tipos de baterías”.
- h) Verificar que las cajas estén marcadas con el MADE IN ECUADOR según aplique el caso.
- i) Colocar elementos en serie en estación N° 1 de la máquina.
- j) Soldado de elementos.
- k) Sacar elementos de la máquina.
- l) Encajonar los elementos.
- m) Si las perforaciones de las celdas poseen rebaba están son removidas con un soplete.

CUADRO No. 3

DESCRIPCIÓN DE TEMPERATURAS

Descripción	Rango de Temperatura (°C)
Crisol	430 – 470
Molde de entrada	440 – 490
Molde de enfriar	100 – 135
Tubería de plomo	440 – 510
Bornes centrales y terminales	420 - 470

Fuente: Departamento de Producción.
Elaborado por: Vélez Bajaña Andrea Carolina.

Soldado Eléctrico. – Se utiliza baterías con elementos encajonados y su procedimiento se detalla a continuación:

- a) Cambio de electrodos según las especificaciones técnicas “calibración de máquina soldadora eléctrica (BrasiMatic).
- b) Colocar las guías según el tipo de baterías a soldar.
- c) Graduar la presión de las tenazas, el amperaje y los tiempos respectivos.
- d) Realizar el soldado eléctrico.

Pegado Térmico. – Se utiliza batería soldada eléctricamente, tapas y plomo antimonial, su procedimiento se detalla a continuación:

- a) Cambiar el herramental del térmico (moldes y plato de termo sellado) y ajustar los topes según el tipo de caja.
- b) Regular temperaturas de los moldes, tiempo de quemado y pegado, presión de aire en las máquinas de pegado térmico según las especificaciones técnicas de calibración de las máquinas de pegado térmico.
- c) Realizar el pegado térmico.
- d) Limpiar el plato de termo sellado después de haber pegado entre 5 a 10 tapas, terminado el turno se debe hacer una limpieza del plato de termo sellado para evitar que quede adherido el plástico.

CUADRO No. 4

CALIBRACIÓN DE LAS MÁQUINAS DE PEGADO TÉRMICO

Grupo de cajas	Temperatura de moldes °C	Tiempo de quemado Seg.	Presión Psi.
42/55 – 24 -34 – 66FE	350 – 380	2 - 4	70 -90

Fuente: Departamento de Producción.
Elaborado por: Vélez Bajaña Andrea Carolina.

Soldado de Bornes y Comprobador de Fuga. – Los materiales que se utilizan son Baterías pegadas y Plomo antimonial y su procedimiento se detalla a continuación:

- a) Verificar el tipo de batería.
- b) Verificar que las válvulas de agua para enfriamiento estén abiertas.
- c) Calibrar boquillas y altura del cabezal en función del tipo de baterías.
- d) Comprobar que las válvulas de oxígeno y gas estén abiertas con una presión mínimas de 15 psi.
- e) Encender los quemadores y calibrar la intensidad de la llama, regular una presión para el GLP de 40 psi y para el Oxígeno de 90 psi, la llama debe tener color azul.
- f) Hacer el acabado del borne de manera automática y de manera manual para las baterías N150FE, N150HD, N200HD, N120HD, 4DLT y G4. La máquina no funcionara hasta que el molde alcance una temperatura de 50 °C.
- g) Calibrar las válvulas de comprobación de fuga y altura del cabezal.
- h) Verificar que la presión de aire este en entre 2,0 y 2,05 psi.
- i) Marcar la tapa con el código de fecha de producción con la excepción de baterías en que los clientes soliciten omitir este código.
- j) Colocar baterías en el pallet.
- k) Llenar y pegar en el pallet la tarjeta de identificación para baterías secas.
- l) Transportar los pallets a las perchas de almacenamiento.

CUADRO No. 5

DESCRIPCIÓN DE TEMPERATURAS (LÍNEA 1)

Descripción	Set point	Unidades
Temperatura de molde	0.90	°C
Temperatura de Fundición	1.0	Seg.
Temperatura de llama	1.7	Seg.
Tiempo de enfriamiento	6.0	Seg.
Tiempo de vigilancia de cabezal	1.3	Seg.
Tiempo de vigilancia de boquilla	1.9	Seg.

Fuente: Departamento de Producción.
Elaborado por: Vélez Bajaña Andrea Carolina.

5. Proceso de Carga de Baterías (Ver Anexo No. 11)

Carga. – Es uno de los procesos más importantes de la fabricación de baterías. En este se transforma la energía química. La cual es almacenada para luego transformarse nuevamente en energía eléctrica cuando la batería es usada. El área de carga cuenta con 180 líneas de carga computarizadas. Existen tinas 26 de enfriamiento en las cuales se pueden cargar las baterías rápidamente debido a que estas son enfriadas con agua por medio de recirculación. El tiempo de carga depende de la capacidad de la batería y oscila entre 26 y 60 horas.

Los materiales que se utilizan son baterías secas, electrolito, ojo mágico y tapones de plomo, su procedimiento se detalla a continuación:

- a) Colocar las baterías en las rieles.
- b) Marcar las tapas de las baterías en la parte superior izquierda el código consiste en la fecha de carga, exceptuando los clientes que deseen omitir este código.
- c) Colocar el ojo mágico si son baterías S4 como ayuda visual para medir el nivel de electrolito.
- d) Para baterías pequeñas se ajusta el manubrio dosificador de la bomba llenadora dependiendo de las distancias entre celdas. Las baterías grandes se llenan manualmente.
- e) Llenar uniformemente cada celda de las baterías con el electrolito de formación.
- f) Evitar el derrame de electrolito en las superficies de las baterías y asegurar que todas las celdas estén llenas.
- g) Colocar las baterías en la banda transportadora.
- h) Colocar las baterías en las tinas de carga dejando espacio entre ellas para que circule el agua. Colocar los tapones respectivos de plomo.
- i) En las tinas de enfriamiento regular la altura del nivel de agua de acuerdo al tipo de baterías.
- j) El nivel de agua no debe sobrepasar el nivel máximo a 2 cm. Bajo la tapa de la batería.

6. Proceso de Despacho de Baterías (Ver Anexo No. 12)

Despacho. – En el área de despacho a las baterías se les da el acabado.

Los materiales que se utilizan son baterías cargadas, garantías, etiquetas, secadora, protector de bornes, tapones, termoencogible y pallets su procedimiento se detalla a continuación:

- a) Al salir las baterías del área de carga, se las seca.
- b) Se pulen los bornes
- c) Se les coloca la garantía y las etiquetas de la marca.
- d) Se colocan en pallets
- e) Al completar el pallet se las cubre con termoencogible y se procede a ser despachadas al Centro de Distribución Guayaquil.

2.3 Capacidad de producción

La capacidad de producción de la planta de TECNOVA S. A. se calcula por cada proceso realizado en las 2 líneas de montaje que tiene la empresa. (S.A., 2011)

2.3.1 Capacidad en el área de fundición

La capacidad del área de fundición se la calculó para poder abastecer a cada línea de montaje. Para el efecto, se opera de la siguiente manera:

CUADRO No. 6
LÍNEAS DE MONTAJE

Línea de montaje	Capacidad instalada	%	Requerimiento en 8 horas
No. 1 Baterías pequeñas	90 baterías / hora	69%	5,54 horas
No. 2 Baterías grandes	40 baterías / hora	31%	2,46 horas
Total	130 baterías / hora	100%	8,00 horas

Fuente: Departamento de Producción.
Elaborado por: Vélez Bajaña Andrea Carolina.

Para la primera línea de montaje, se opera de la siguiente manera:

- Capacidad instalada de producción diaria de la sección de fundición para abastecer a la línea de montaje No. 1 = Capacidad instalada por máquina por hora X No. de máquinas X No. de horas requeridas en la línea No. 1 por turno X No. de turnos diarios.
- Capacidad instalada de producción diaria de la sección de fundición para abastecer a la línea de montaje No. 1 = 1.250 rejillas por hora por máquina X 6 máquinas X 5,54 horas X 3 turnos.
- Capacidad instalada de producción diaria de la sección de fundición para abastecer a la línea de montaje No. 1 = 124.650 rejillas diarias.

La capacidad instalada de producción diaria en la sección de fundición para abastecer a la línea de montaje No. 1, asciende a la cantidad de 124.650 rejillas. Debido a que una batería pequeña fabricada en la línea de montaje No. 1 requiere 32 rejillas, se obtiene el volumen máximo de artículos que se pueden fabricar en los 3 turnos diarios de labores, operando de la siguiente manera:

$$\text{Capacidad instalada diaria fundición} = \frac{\text{No. de rejillas en 3 turnos diarios}}{\text{No. de rejillas por cada batería}}$$

$$\text{Capacidad instalada diaria fundición} = \frac{124.650 \text{ rejillas diarias}}{32 \text{ rejillas / batería}}$$

$$\text{Capacidad instalada diaria fundición} = 3.894,23 \text{ baterías diarias}$$

La capacidad instalada en la sección de fundición para abastecer los requerimientos de la línea de montaje No. 1, ascienden a la cantidad de 3.894,23 baterías diarias. Para la segunda línea de montaje, se opera de la siguiente manera:

- Capacidad instalada de producción diaria de la sección de fundición para abastecer a la línea de montaje No. 2 = Capacidad instalada por máquina

por hora X No. de máquinas X No. de horas requeridas en la línea No. 2 por turno X No. de turnos diarios.

- Capacidad instalada de producción diaria de la sección de fundición para abastecer a la línea de montaje No. 2 = 1.250 rejillas por hora por máquina X 6 máquinas X 2,46 horas X 3 turnos.
- Capacidad instalada de producción diaria de la sección de fundición para abastecer a la línea de montaje No. 2 = 55.350 rejillas diarias.

La capacidad instalada de producción diaria en la sección de fundición para abastecer a la línea de montaje No. 2, asciende a la cantidad de 55.350 rejillas. Debido a que una batería grande fabricada en la línea de montaje No. 2 requiere 52 rejillas, se obtiene el volumen máximo de artículos que se pueden fabricar en los 3 turnos diarios de labores, operando de la siguiente manera:

$$\text{Capacidad instalada diaria fundición} = \frac{\text{No. de rejillas en 3 turnos diarios}}{\text{No. de rejillas por cada batería}}$$

$$\text{Capacidad instalada diaria fundición} = \frac{55.350 \text{ rejillas diarias}}{52 \text{ rejillas / batería}}$$

$$\text{Capacidad instalada diaria fundición} = 1.065,09 \text{ baterías diarias}$$

La capacidad instalada en la sección de fundición para abastecer los requerimientos de la línea de montaje No. 2, ascienden a la cantidad de 1.065,09 baterías diarias.

La capacidad total del área de fundición se obtiene bajo la aplicación de la siguiente operación:

- Capacidad instalada del área de fundición = Capacidad de abastecimiento para la línea de montaje No. 1 + Capacidad de abastecimiento para la línea de montaje No. 2.

- Capacidad instalada del área de fundición = 124.650 rejillas diarias línea No. 1 + 55.350 rejillas diarias línea No. 2.
- Capacidad instalada del área de fundición = 180.000 rejillas por día.
- La capacidad instalada del área de fundición es igual a 180.000 rejillas por día.

2.3.2 Capacidad en el área de empastado

De igual manera que se operó para calcular la capacidad del área de fundición, se calcula la capacidad instalada diaria en la sección de empastado, iniciando con la capacidad instalada para el abastecimiento de la línea de montaje No. 1.

- Capacidad instalada de producción diaria de la sección de empastado para abastecer a la línea de montaje No. 1 = Capacidad instalada por hora X No. de horas requeridas en la línea No. 1 por turno X No. de turnos diarios.
- Capacidad instalada de producción diaria de la sección de empastado para abastecer a la línea de montaje No. 1 = 12.000 placas por hora por máquina X 5,54 horas X 3 turnos.
- Capacidad instalada de producción diaria de la sección de empastado para abastecer a la línea de montaje No. 1 = 199.440 placas diarias.

La capacidad instalada de producción diaria en la sección de empastado para abastecer a la línea de montaje No. 1, asciende a la cantidad de 199.440 placas. Debido a que una batería pequeña fabricada en la línea de montaje No. 1 requiere 32 rejillas, se obtiene el volumen máximo de artículos que se pueden fabricar en los 3 turnos diarios de labores, operando de la siguiente manera:

$$\text{Capacidad instalada diaria empastado} = \frac{\text{No. de placas en 3 turnos diarios}}{\text{No. de placas por cada batería}}$$

$$\text{Capacidad instalada diaria empastado} = \frac{199.440 \text{ placas diarias}}{32 \text{ placas / batería}}$$

$$\text{Capacidad instalada diaria empastado} = 6.230,77 \text{ baterías diarias.}$$

La capacidad instalada en la sección de empastado para abastecer los requerimientos de la línea de montaje No. 1, ascienden a la cantidad de 6.230,77 baterías diarias.

Para la segunda línea de montaje, se opera de la siguiente manera:

- Capacidad instalada de producción diaria de la sección de empastado para abastecer a la línea de montaje No. 2 = Capacidad instalada por hora X No. de horas requeridas en la línea No. 2 por turno X No. de turnos diarios.
- Capacidad instalada de producción diaria de la sección de empastado para abastecer a la línea de montaje No. 2 = 12.000 placas por hora X 2,46 horas X 3 turnos.
- Capacidad instalada de producción diaria de la sección de empastado para abastecer a la línea de montaje No. 2 = 88.560 placas diarias.

La capacidad instalada de producción diaria en la sección de empastado para abastecer a la línea de montaje No. 2, asciende a la cantidad de 88.560 placas. Debido a que una batería grande fabricada en la línea de montaje No. 2 requiere 52 rejillas, se obtiene el volumen máximo de artículos que se pueden fabricar en los 3 turnos diarios de labores, operando de la siguiente manera:

$$\text{Capacidad instalada diaria empastado} = \frac{\text{No. de placas en 3 turnos diarios}}{\text{No. de placas por cada batería}}$$

$$\text{Capacidad instalada diaria empastado} = \frac{88.560 \text{ placas diarias}}{52 \text{ placas / batería}}$$

Capacidad instalada diaria empastado = 1.704,14 baterías diarias.

La capacidad instalada en la sección de empastado para abastecer los requerimientos de la línea de montaje No. 2, ascienden a la cantidad de 1.704,14 baterías diarias.

La capacidad total del área de empastado se obtiene bajo la aplicación de la siguiente operación:

- Capacidad instalada del área de empastado = Capacidad de abastecimiento para la línea de montaje No. 1 + Capacidad de abastecimiento para la línea de montaje No. 2.
- Capacidad instalada del área de empastado = 199.440 placas diarias línea No.1 + 88.560 placas diarias línea No. 2.
- Capacidad instalada del área de empastado = 288.000 placas por día.
- La capacidad instalada del área de empastado es igual a 288.000 placas por día.

2.3.3 Capacidad en el área de serigrafía

Posteriormente se calcula la capacidad instalada diaria del área de serigrafía, operando de la siguiente manera:

- Capacidad instalada de producción diaria de la sección de serigrafía = Capacidad instalada por hora X No. de horas por turno X No. de turnos diarios.
- Capacidad instalada de producción diaria de la sección de serigrafía = 300 cajas por hora X 8 horas X 3 turnos.
- Capacidad instalada de producción diaria de la sección de serigrafía = 7.200 cajas diarias.
- La capacidad instalada de producción diaria en la sección de serigrafía asciende a la cantidad de 7.200 cajas, debido a que cada batería requiere una caja, entonces, la capacidad de esta área es igual a 7.200 baterías.

2.3.4 Capacidad en las 2 líneas de montaje

El área de montaje cuenta con 2 líneas, en la línea No. 1 se fabrican baterías grandes cuya capacidad es de 40 unidades por hora, mientras que en la línea No. 2

se procesan 90 unidades por hora, sumando nos da un total de 130 unidades por hora, operándose de la siguiente manera para obtener la producción diaria:

- Capacidad instalada de producción diaria de las líneas de montaje = (Capacidad instalada línea 1 + capacidad instalada línea 2) X No. de horas por turno X No. de turnos diarios.
- Capacidad instalada de producción diaria de las líneas de montaje = (90 baterías por hora + 40 baterías por hora) X 8 horas X 3 turnos.
- Capacidad instalada de producción diaria de las líneas de montaje = 3.120 baterías diarias.
- La capacidad instalada de producción diaria en las 2 líneas de montaje, es de 3.120 baterías diarias.

2.3.5 Capacidad en el área de carga

Luego, se calcula la capacidad instalada diaria del área de carga, operando de la siguiente manera:

- Capacidad instalada de producción diaria de la sección de carga = Capacidad instalada por hora X No. de horas por turno X No. de turnos diarios.
- Capacidad instalada de producción diaria de la sección de carga = 416 baterías por hora X 8 horas X 2 turnos.
- Capacidad instalada de producción diaria de la sección de carga = 6.656 baterías diarias.
- La capacidad instalada de producción diaria en la sección de carga asciende a la cantidad de 6.656 baterías.

2.3.6 Capacidad en el área de despacho

Finalmente, se calcula la capacidad instalada diaria del área de despacho, operando de la siguiente manera:

- Capacidad instalada de producción diaria del área de despacho = Capacidad instalada por hora X No. de horas por turno X No. de turnos diarios.
- Capacidad instalada de producción diaria del área de despacho = 375 baterías por hora X 8 horas X 2 turnos.
- Capacidad instalada de producción diaria del área de despacho = 6.000 baterías diarias.
- La capacidad instalada de producción diaria en el área de despacho asciende a la cantidad de 6.000 baterías.

2.3.7 Resumen de capacidades

El resumen de las capacidades de producción se presenta en el siguiente cuadro:

CUADRO No. 7

CAPACIDAD INSTALADA DE PRODUCCIÓN

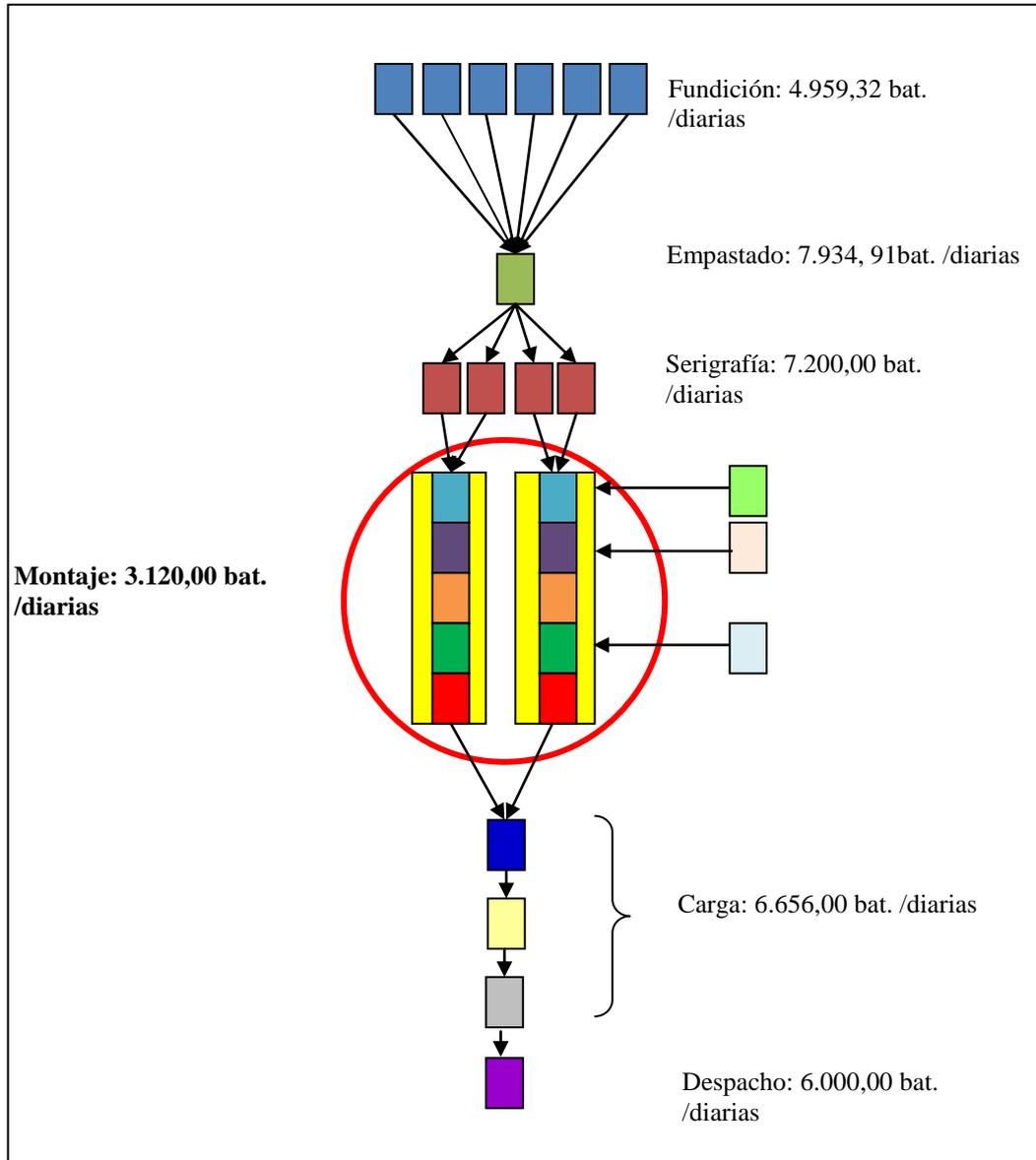
Área	Capacidad instalada diaria	Capacidad instalada diaria en baterías
Fundición (180.000 rejillas)	188.000 rejillas	(3.894,23 + 1.065,09) 4.959,32 baterías diarias
Empastado (288.000 placas)	288.000 placas	(6.230,77 + 1.704,14) 7.934,91 baterías diarias
Serigrafía (7.200,00 cajas)	7.200 cajas	7.200,00 baterías diarias
Montaje	3.120 baterías	3.120,00 baterías diarias
Carga	6.656 baterías	6.656,00 baterías diarias
Despacho	6.000 baterías	6.000,00 baterías diarias

Fuente: Departamento de Producción.
Elaborado por: Vélez Bajaña Andrea Carolina.

Puede observarse en el resumen de capacidades descritas en el **CUADRO No. 7** que la línea de montaje genera la restricción del sistema productivo, como se puede apreciar en el siguiente esquema (ver **GRÁFICO No.1**):

GRÁFICO No. 1

CAPACIDAD INSTALADA DE PRODUCCIÓN



Fuente: Departamento de Producción
 Elaborado por: Vélez Bajaña Andrea Carolina.

	Rejilladoras		Soldado de bornes		Cajas Serigrafiadas
	Empastado		Comprobador de fuga		Tapas
	Cortadoras de placas y armado de grupos		Codificador		Agarraderas
	Soldado de grupos		Tinas de carga (26)		Viradora de baterías
	Pegado Térmico		Despacho		Lavadora y secadora

Puede observarse claramente que la línea de montaje es la que genera el cuello de botella, porque solo tienen una capacidad de 3.120 baterías por hora trabajando en 3 turnos de trabajo, inferior a las restantes líneas, incluso a aquellas que solo trabajan 2 turnos diarios.

2.3.8 Análisis de la capacidad en las líneas de montaje

Las líneas de montaje de baterías cuentan con las mismas maquinarias, cuyas capacidades se obtienen bajo los mismos parámetros con los que se determinó la capacidad de las líneas No. 1 y No. 2.

Las maquinarias de ambas líneas de montaje son las siguientes:

- Soldado de grupos (efectúa el puente en la parte superior media de la batería).
- Pegado térmico (unión de la caja con las placas, por medio del calor).
- Soldado de bornes (pegado de bornes en la parte superior de la batería).
- Comprobador de fugas (se realiza para determinar si el pegado térmico fue óptimo).
- Codificador (sella la fecha en la caja de la batería, señalando cuando fue elaborada).

Línea de Montaje No. 1

En primer lugar se determinarán las capacidades de las maquinarias de la línea de montaje No. 1, de la siguiente manera:

- Capacidad instalada de producción diaria del proceso de soldado de grupos = (Capacidad instalada por hora) X No. de horas por turno X No. de turnos diarios.
- Capacidad instalada de producción diaria del soldado de grupos = 90 unidades / hora x 8 horas X 3 turnos.

- Capacidad instalada de producción diaria del soldado de grupos = 2.160 unidades.
- La capacidad instalada de producción diaria del soldado de grupos, es de 2.160 baterías diarias.

En segundo lugar se determinarán la capacidad de la maquinaria del pegado térmico, de la siguiente manera:

- Capacidad instalada de producción diaria del pegado térmico = (Capacidad instalada por hora) X No. de horas por turno X No. de turnos diarios.
- Capacidad instalada de producción diaria del pegado térmico = 90 unidades / hora x 8 horas X 3 turnos.
- Capacidad instalada de producción diaria del pegado térmico = 2.160 unidades.
- La capacidad instalada de producción diaria de la maquinaria para pegado térmico, es de 2.160 baterías diarias.

Luego, se determinarán la capacidad de la maquinaria soldadora de bornes, de la siguiente manera:

- Capacidad instalada de producción diaria del soldado de bornes = (Capacidad instalada por hora) X No. de horas por turno X No. de turnos diarios.
- Capacidad instalada de producción diaria del soldado de bornes = 144 unidades / hora x 8 horas X 3 turnos.
- Capacidad instalada de producción diaria del soldado de bornes = 3.456 unidades.
- La capacidad instalada de producción diaria de la maquinaria soldadora de bornes, es de 3.456 baterías diarias.

Posteriormente, se determinarán la capacidad de la maquinaria para comprobación de fugas, de la siguiente manera:

- Capacidad instalada de producción diaria de la maquinaria para comprobación de fugas = (Capacidad instalada por hora) X No. de horas por turno X No. de turnos diarios.
- Capacidad instalada de producción diaria de la maquinaria para comprobación de fugas = 144 unidades / hora x 8 horas X 3 turnos.
- Capacidad instalada de producción diaria de la maquinaria para comprobación de fugas = 3.456 unidades.
- La capacidad instalada de producción diaria de la maquinaria para comprobación de fugas, es de 3.456 baterías diarias.

Finalmente, se determinarán la capacidad de la maquinaria codificadora, de la siguiente manera:

- Capacidad instalada de producción diaria de la maquinaria codificadora = (Capacidad instalada por hora) X No. de horas por turno X No. de turnos diarios.
- Capacidad instalada de producción diaria de la maquinaria codificadora = 144 unidades / hora x 8 horas X 3 turnos.
- Capacidad instalada de producción diaria de la maquinaria codificadora = 3.456 unidades.
- La capacidad instalada de producción diaria de la maquinaria codificadora, es de 3.456 baterías diarias.

Línea de Montaje No. 2

En primer lugar se determinarán las capacidades de las maquinarias de la línea de montaje No. 2, de la siguiente manera:

- Capacidad instalada de producción diaria del soldado de grupos = (Capacidad instalada por hora) X No. de horas por turno X No. de turnos diarios.

- Capacidad instalada de producción diaria del soldado de grupos = 40 unidades / hora x 8 horas X 3 turnos.
- Capacidad instalada de producción diaria del soldado de grupos = 960 unidades.
- La capacidad instalada de producción diaria del soldado de grupos, es de 960 baterías diarias.

En segundo lugar se determinarán la capacidad de la maquinaria del pegado térmico, de la siguiente manera:

- Capacidad instalada de producción diaria del pegado térmico = (Capacidad instalada por hora) X No. de horas por turno X No. de turnos diarios.
- Capacidad instalada de producción diaria del pegado térmico = 40 unidades / hora x 8 horas X 3 turnos.
- Capacidad instalada de producción diaria del pegado térmico = 960 unidades.
- La capacidad instalada de producción diaria de la maquinaria para pegado térmico, es de 960 baterías diarias.

Luego, se determinarán la capacidad de la maquinaria soldadora de bornes, de la siguiente manera:

- Capacidad instalada de producción diaria del soldado de bornes = (Capacidad instalada por hora) X No. de horas por turno X No. de turnos diarios.
- Capacidad instalada de producción diaria del soldado de bornes = 65 unidades / hora x 8 horas X 3 turnos.
- Capacidad instalada de producción diaria del soldado de bornes = 1.571 unidades.
- La capacidad instalada de producción diaria de la maquinaria soldadora de bornes, es de 1.571 baterías diarias.

Posteriormente, se determinarán la capacidad de la maquinaria para comprobación de fugas, de la siguiente manera:

- Capacidad instalada de producción diaria de la maquinaria para comprobación de fugas = (Capacidad instalada por hora) X No. de horas por turno X No. de turnos diarios.
- Capacidad instalada de producción diaria de la maquinaria para comprobación de fugas = 65 unidades / hora x 8 horas X 3 turnos
Capacidad instalada de producción diaria de la maquinaria para comprobación de fugas = 1.571 unidades.
- La capacidad instalada de producción diaria de la maquinaria para comprobación de fugas, es de 1.571 baterías diarias.

Finalmente, se determinarán la capacidad de la maquinaria codificadora, de la siguiente manera:

- Capacidad instalada de producción diaria de la maquinaria codificadora = (Capacidad instalada por hora) X No. de horas por turno X No. de turnos diarios
- Capacidad instalada de producción diaria de la maquinaria codificadora = 65 unidades / hora x 8 horas X 3 turnos
- Capacidad instalada de producción diaria de la maquinaria codificadora = 1.571 unidades
- La capacidad instalada de producción diaria de la maquinaria codificadora, es de 1.571 baterías diarias.

2.4 Resumen de cálculo de capacidades

Al calcular las capacidades de producción de cada una de las maquinarias de las líneas de montaje No. 1 y No. 2, se ha obtenido el siguiente cuadro:

CUADRO No. 8
CAPACIDAD INSTALADA DE MAQUINARIAS DE LÍNEAS DE
MONTAJE No. 1

Área	Capacidad instalada diaria
Soldado de grupos	2.160 baterías diarias
Pegado térmico	2.160 baterías diarias
Soldado de bornes	3.456 baterías diarias
Comprobador de fugas	3.456 baterías diarias
Codificador	3.456 baterías diarias

Fuente: Departamento de Producción.
 Elaborado por: Vélez Bajaña Andrea Carolina.

Se observa que la capacidad instalada de las secciones de soldado de grupos y pegado térmico de la línea de montaje No. 1, son las de menor capacidad con 2.160 baterías diarias, por tanto, son la restricción de la línea No. 1.

En el siguiente cuadro, se presenta la capacidad instalada de las maquinarias de la línea de montaje No. 2:

CUADRO No. 9
CAPACIDAD INSTALADA DE MAQUINARIAS DE LÍNEAS DE
MONTAJE No. 2

Área	Capacidad instalada diaria
Soldado de grupos	960 baterías diarias
Pegado térmico	960 baterías diarias
Soldado de bornes	1.571 baterías diarias
Comprobador de fugas	1.571 baterías diarias
Codificador	1.571 baterías diarias

Fuente: Departamento de Producción.
 Elaborado por: Vélez Bajaña Andrea Carolina.

Se observa que la capacidad instalada de las secciones de soldado de grupos y pegado térmico de la línea de montaje No. 2, son las de menor capacidad con 960 baterías diarias, por tanto, son la restricción de la línea No. 2.

En el siguiente cuadro, se presenta la capacidad instalada de las maquinarias de las líneas de montaje No. 1 y No. 2:

CUADRO No. 10
CAPACIDAD INSTALADA DE MAQUINARIAS DE LÍNEAS DE
MONTAJE No. 1 y No. 2

Área	Capacidad instalada diaria
Soldado de grupos	3.120 baterías diarias
Pegado térmico	3.120 baterías diarias
Soldado de bornes	5.027 baterías diarias
Comprobador de fugas	5.027 baterías diarias
Codificador	5.027 baterías diarias

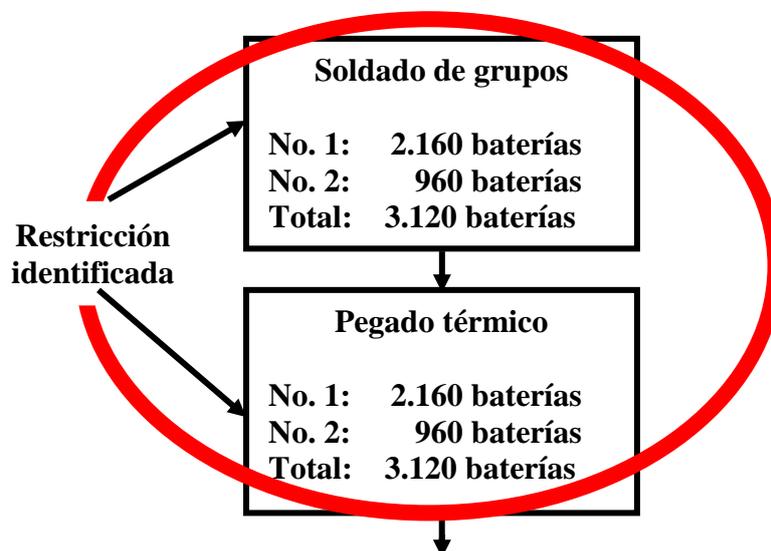
Fuente: Departamento de Producción.
Elaborado por: Vélez Bajaña Andrea Carolina.

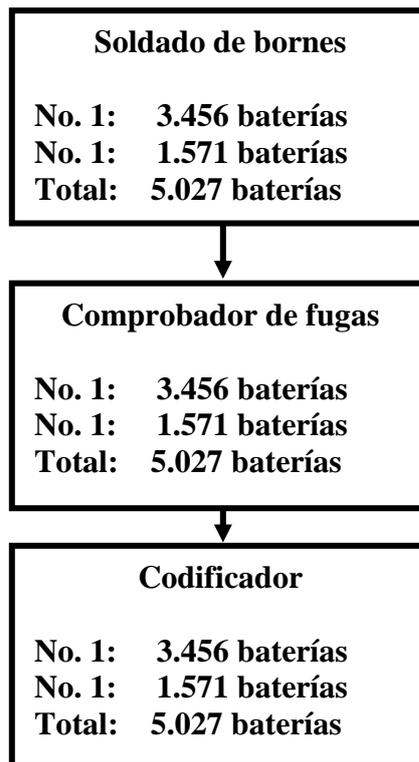
Se observa que la capacidad instalada de las secciones de soldado de grupos y pegado térmico sumadas las líneas de montaje No. 1 y No. 2, son las de menor capacidad con 3.120 baterías diarias, por tanto, son la restricción de las líneas No. 1 y No. 2.

2.4.1 Paso 1 del TOC: Identificar las restricciones del sistema

GRÁFICO No. 2

ESQUEMA DE CAPACIDAD INSTALADA DIARIA: MAQUINARIAS DE
LÍNEAS DE MONTAJE No. 1 Y No. 2





Fuente: Departamento de Producción.
Elaborado por: Vélez Bajaña Andrea Carolina.

2.5 Registro de problemas

Los principales problemas de la planta de producción de la empresa, son los siguientes:

- Desperdicio
- Reproceso
- Tiempo improductivo

2.5.1 Desperdicio

Las secciones que generan desperdicio, son la fundición y el empastado, debido a plomo defectuoso o mal corte, problemas que traen como consecuencia que las rejillas o placas no se puedan reprocesar.

Durante un día de trabajo pueden desperdiciarse un promedio de alrededor de 1.600 rejillas por concepto de plomo defectuoso, cantidad que al ser dividida por 42 rejillas por baterías, da como resultado 38 baterías de desperdicio.

De la misma manera, en la sección de empastado se pueden haber un promedio de alrededor de 500 placas de desperdicio por concepto de mal corte, cantidad al ser dividida por 42 placas por baterías, da como resultado 12 baterías de desperdicio.

CUADRO No. 11

DESPERDICIO EN EL PROCESO DE FABRICACIÓN DE BATERÍAS

Sección	Cantidad promedio por día	Causas del desperdicio
Fundición	1.600 rejillas / 42 rejillas por unidad = 38 baterías	Plomo defectuoso
Empastado	500 rejillas / 42 rejillas por unidad = 12 baterías	Mal corte
Total	50 baterías	

Fuente: Departamento de Producción.
Elaborado por: Vélez Bajaña Andrea Carolina.

Esto significa que en un día de trabajo se calcula un promedio de 50 baterías de desperdicio, considerando la sumatoria del desperdicio en las secciones de fundición y empastado.

Este desperdicio se comercializa al proveedor de plomo, que es Fundamex, quien paga por el material de desecho, el 20% del costo inicial de la materia prima.

2.5.2 Reproceso

El reproceso se puede generar en diversas secciones de la planta de producción, debido a que se realizó de manera incorrecta un paso del proceso de

fabricación de baterías, el cual puede regresar al punto inicial o a repetir la última actividad del mismo, como se presenta en el siguiente cuadro:

CUADRO No. 12

REPROCESO EN EL PROCESO DE FABRICACIÓN DE BATERÍAS

Sección	Cantidad promedio por día	Causas del reproceso
Fundición	400 rejillas / 42 rejillas por unidad = 10 baterías	Por Peso incorrecto
Empastado	0	
Serigrafía	15 baterías	Fallas en la leyenda, palabras chuecas, etc.
Montaje	20 baterías	Mal pegado, fugas
Carga	14 baterías	Poca o mucha carga
Despacho	6 baterías	Errores de otras secciones
Total	65 baterías	

Fuente: Departamento de Producción.

Elaborado por: Vélez Bajaña Andrea Carolina.

Esto significa que en un día de trabajo se calcula un promedio de 65 baterías de reproceso, considerando la sumatoria del desperdicio en las diferentes secciones del proceso de fabricación de baterías.

2.5.3 Tiempo improductivo

El tiempo improductivo es causado por daños de maquinarias, sin embargo, en la línea de montaje se observó una paralización de 1 hora promedio por cambio de molde al inicio del proceso productivo. En el siguiente cuadro se presenta el resumen del tiempo improductivo:

CUADRO No. 13**TIEMPO IMPRODUCTIVO EN EL PROCESO DE FABRICACIÓN DE BATERÍAS**

Sección	Tiempo improductivo promedio por día	Unidades producidas por hora	Cantidad de baterías que se dejan de producir	Causas del tiempo improductivo
Fundición 7.500 rejillas / hora	2,50 horas promedio por día	179 baterías / hora	446 baterías	Fallas de maquinarias
Empastado 12.000 placas / hora	0,10 horas promedio por día	286 baterías / hora	29 baterías	Fallas de maquinarias
Serigrafía	0,08 horas promedio por día	300 baterías / hora	24 baterías	Fallas de maquinarias
Montaje	3,50 horas promedio por día	130,00 baterías / hora	455 baterías	Cambio de molde, fallas de maquinarias
Carga	0,04 horas promedio por día	416 baterías / hora	6 baterías	Fallas de maquinarias
Despacho	0,05 horas promedio por día	375 baterías / hora	8 baterías	Fallas de maquinarias
Total	6,27 horas improductivas		968 baterías	

Fuente: Departamento de Producción.
Elaborado por: Vélez Bajaña Andrea Carolina.

Como se puede apreciar el tiempo improductivo promedio por día es de 6,27 horas improductivas, es decir, se dejan de producir 968 baterías por día, en promedio.

2.5.4 Resumen de factores que afectan a la productividad

Al calcular las capacidades de producción considerando los factores que afectan a la productividad, como el reproceso, desperdicio y tiempos improductivos, se ha obtenido el siguiente cuadro:

CUADRO No. 14

**CAPACIDAD INSTALADA MERMADA POR DESPERDICIO,
REPROCESO Y TIEMPOS IMPRODUCTIVOS**

Área	Capacidad instalada diaria	Desperdicio	Reproceso	Tiempo improductivo	Capacidad instalada con merma
Fundición (180.000 rejillas)	4.959,32 baterías diarias	(1.600 rejillas / 42) = 38,10 baterías	(400 rejillas / 42) = 9,52 baterías	2,50 horas (446,43 baterías no producidas)	4.465,27 baterías
Empastado (288.000 placas)	7.934,91 baterías diarias	(500 rejillas / 42) = 11,90 baterías		0,10 horas (28,57 baterías no producidas)	7.894,44 baterías
Serigrafía (7.200,00 cajas)	7.200 cajas		15 cajas (baterías)	0,08 horas (24 unid. no producidas)	7.161,00 baterías
Montaje	3.120 baterías		20 baterías	3,50 horas (455 unid. no producidas)	2.645,00 baterías
Carga	6.656 baterías		14 baterías	0,04 horas (6 unid. no producidas)	6.636,00 baterías
Despacho	6.000 baterías		6 baterías	0,05 horas (8 unid. no producidas)	5.986,00 baterías

Fuente: Departamento de Producción.
Elaborado por: Vélez Bajaña Andrea Carolina.

De esta manera, se calcula la eficiencia considerando la restricción del sistema dada por las líneas de montaje, para lo cual se realiza la siguiente operación:

La eficiencia de la producción de baterías se calcula con base en la siguiente ecuación:

$$\text{Eficiencia} = \frac{\text{Producción efectuada}}{\text{Capacidad instalada}}$$

Para determinar la eficiencia de la producción de baterías, se ha elaborado el siguiente cuadro:

CUADRO No. 15

EFICIENCIA DE LA PRODUCCIÓN POR ÁREAS

Área	Capacidad instalada diaria	Capacidad instalada con merma	Eficiencia	Producción actual	Eficiencia
Fundición (180.000 rejillas)	4.959,32 baterías diarias	4.465,27 baterías	90,04%	2.645,00 baterías	53,33%
Empastado (288.000 placas)	7.934,91 baterías diarias	7.894,44 baterías	99,49%	2.645,00 baterías	33,33%
Serigrafía (7.200,00 cajas)	7.200 cajas	7.161,00 baterías	99,46%	2.645,00 baterías	36,74%
Montaje	3.120 baterías	2.645,00 baterías	84,78%	2.645,00 baterías	84,78%
Carga	6.656 baterías	6.636,00 baterías	99,70%	2.645,00 baterías	39,74%
Despacho	6.000 baterías	5.986,00 baterías	99,77%	2.645,00 baterías	44,08%

Fuente: Departamento de Producción.
Elaborado por: Vélez Bajaña Andrea Carolina.

Como se puede apreciar la eficiencia de la línea de montaje es de 84,78%, sin embargo, al considerar las otras áreas de la producción, se reduce hasta 33,33%, debido a que las capacidades instaladas de las otras secciones de la planta, superan a la capacidad de la línea de montaje.

CAPÍTULO III

ANÁLISIS Y DIAGNÓSTICO

3.1 Análisis de datos e identificación de problemas

Considerando la información descrita en el capítulo II, se realiza el análisis de la problemática principal, analizando las causas y consecuencias de la misma, así como determinado su incidencia en la planta de producción de baterías, utilizando las técnicas del diagrama de Ishikawa y diagrama de Pareto.

En primer lugar, se analiza las causas y efectos de los problemas, describiéndolas en cada una de los factores de la producción.

1) Problemas: “Restricciones de capacidad de la producción en la línea de montaje de baterías”

a) Causas asignables a las Maquinarias

Como causas asignables a las maquinarias tenemos las siguientes:

- Capacidad de la línea de montaje limita la producción de las demás áreas de manufactura de baterías.
- Cambio de molde en la línea de montaje.
- Fallas en el cortado de las placas, por defectos en las cuchillas que no están afiladas o se averían.
- Paros no programados o fallas de maquinarias, debido a que se obvió el mantenimiento del equipo por incremento de la producción. (S.A., 2011)

Por las causas anteriormente descritas tenemos los efectos siguientes:

- Tiempos improductivos y bajos niveles de producción que no permite abastecer la demanda de los clientes.

b) Causas asignables a la Mano de Obra

Como causas asignables a la mano de obra tenemos las siguientes:

- Regulación incorrecta de la calibración en la dosificación del plomo.
- Distracciones en el área de serigrafía.
- Regulación incorrecta de la calibración en la dosificación de la carga en el interior de la batería.

Por las causas anteriormente descritas tenemos el efecto siguiente:

- Tiempos improductivos y reproceso.

c) Causas asignables a la Materia Prima

Como causas asignables a la materia prima tenemos las siguientes:

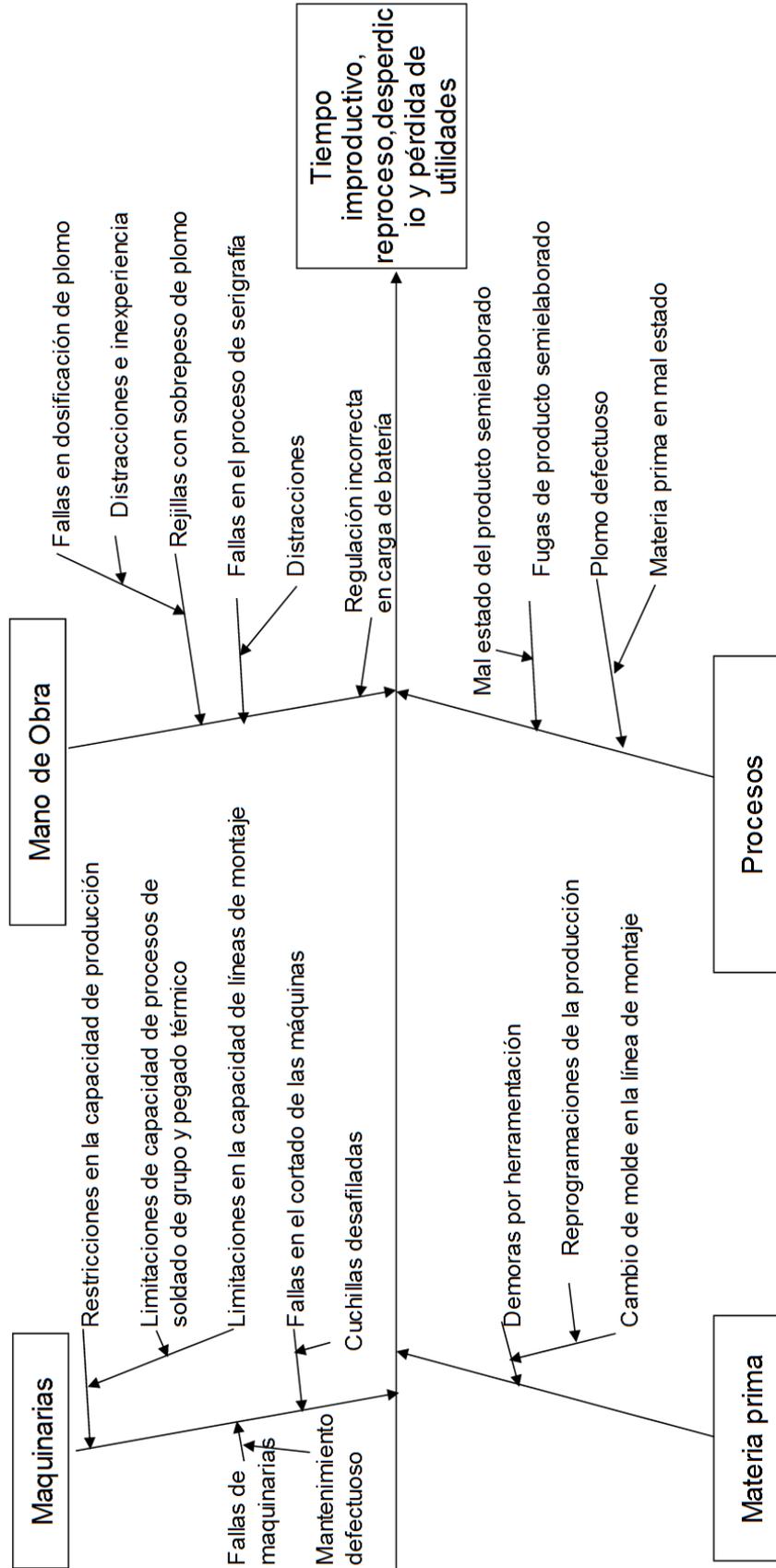
- Plomo defectuoso, debido a defectos de la materia prima plomo que no ha sido evaluada previo al proceso de fundición.
- Mal estado del producto semielaborado, genera fugas en la batería.

Por las causas anteriormente descritas tenemos el efecto siguiente:

- Tiempos improductivos, desperdicio y reproceso. (S.A., 2011)

Una vez que se han descrito las principales causas asignables a los problemas que se han registrado en el capítulo II, se procederá a esquematizar las mismas en el diagrama de Ishikawa, como se presenta en el siguiente gráfico.

DIAGRAMA No. 1
DIAGRAMA DE ISHIKAWA DE LOS PROBLEMAS.



Fuente: Análisis de los problemas que afectan al proceso productivo.
 Elaborado por: Vélez Bajajña Andrea Carolina.

Posterior a la aplicación de la técnica del diagrama de Ishikawa, realizado el análisis de las causas y efectos de los problemas identificados en el proceso productivo de manufactura de baterías, se procede a realizar el Diagrama de Pareto para determinar la incidencia de las mismas.

Previo al análisis de frecuencia se debe considerar la información concerniente al nivel de afectación de los factores que afectan a la productividad de la planta de producción, los cuales se presenta a continuación:

- Desperdicio: 50 baterías por día
- Reproceso: 65 baterías por día
- Tiempo improductivo: 968 baterías diarias, que se dejaron de producir en 6,27 horas improductivas (en un día de labores)
- Capacidad limitada de la línea de montaje (tomada con relación al área de fundición): Capacidad instalada del área de fundición – capacidad instalada área de montaje = 4.959,32 unidades – 3.120 unidades = 1.839,32 baterías por día

Con esta información que tiene como fuente el registro de los problemas del numeral 2.4 del capítulo II, se ha elaborado en el siguiente cuadro el análisis de la frecuencia de los problemas y el posterior diagrama de Pareto.

CUADRO No. 16
ANÁLISIS DE FRECUENCIA DE LOS PROBLEMAS

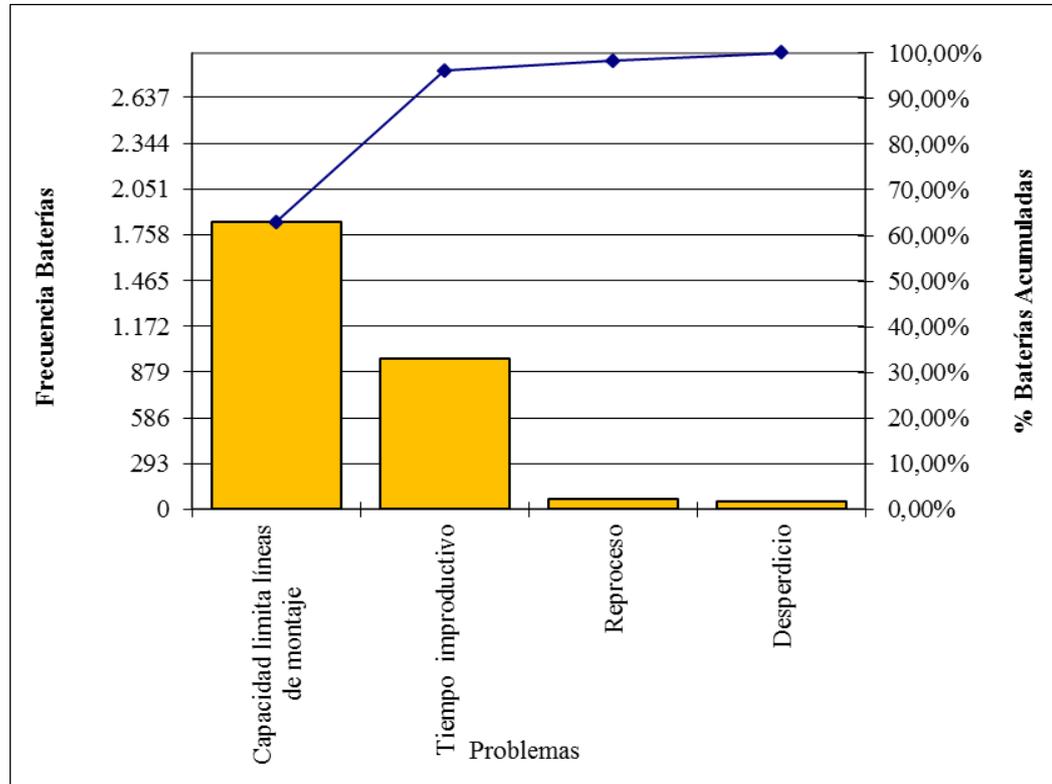
Defectos	Frecuencia Observada en baterías diarias	Frecuencia acumulada en baterías diarias	Frecuencia relativa	Frecuencia relativa acumulada
Capacidad limitada líneas de montaje	1.839	1.839	62,94%	62,94%
Tiempo improductivo	968	2.807	33,12%	96,06%
Reproceso	65	2.872	2,22%	98,29%
Desperdicio	50	2.922	1,71%	100,00%
Total	2.922		100,00%	

Fuente: Análisis de los problemas.

Elaborado por: Vélez Bajaña Andrea Carolina.

GRÁFICO No. 4

DIAGRAMA DE PARETO DE FRECUENCIAS



Fuente: Cuadro de análisis de frecuencia de los problemas.
Elaborado por: Vélez Bajaña Andrea Carolina.

El principal problema detectado en el análisis de Pareto, corresponde a las limitaciones de la capacidad de producción en las líneas de montaje, que inciden con el 62,94% de las pérdidas de la producción de baterías que ocasionan los problemas identificados en la presente investigación. El cuello de botella que se genera en las líneas de montaje, que es donde se ensambla la batería previa a su carga, impide que las maquinarias restantes que se encuentran en las secciones previas de fundición, empastado, serigrafía, y, posteriores de carga y despacho, puedan desarrollar su máxima capacidad, la cual es aprovechada solamente en porcentajes inferiores al 54%, lo que afecta la productividad y la competitividad de la planta, porque no permite satisfacer la creciente demanda de baterías en el mercado, situación que ha sido aprovechada por la competencia para mejorar su posición actual en el mercado y acercarse al actual líder del mercado que es TECNOVA. (S.A., 2011)

3.2 Impacto económico de problemas

La cuantificación de los factores que afectan a la productividad de los procesos productivos, se realiza por cada aspecto considerado como problema en el diagrama de Pareto.

No obstante, la cuantificación obedecerá a la relación que se presenta en el siguiente cuadro:

CUADRO No. 17

**RELACIÓN DE COSTOS DE FACTORES QUE AFECTAN
PRODUCTIVIDAD**

Costos	Desperdicio	Reproceso	Tiempo improductivo	Capacidad limitada
Materia prima	X			
Mano de obra	X	X		
Costos indirectos	50% de CI	10% de CI		
Gastos administrativos y de ventas				
Costo de producto				
Utilidad	X	X	X	X
PVP distribuidor				

Fuente: Jefe de Materiales.

Elaborado por: Vélez Bajaña Andrea Carolina.

El desperdicio se cuantifica considerando los costos de la materia prima, mano de obra y el 85% de costos indirectos, entre los que se encuentran mano de obra indirecta, suministro eléctrico, depreciaciones, mantenimiento, pero no se considera los materiales indirectos, porque estos se los coloca en el área de ensamble. A estos costos se suma la utilidad que deja de percibir la empresa por no comercializar los productos no conformes.

El reproceso se cuantifica mediante los costos de la mano de obra y suministro eléctrico, razón por la cual se ha considerado el 10% de los costos indirectos. A estos costos se suma la utilidad que deja de percibir la empresa por no comercializar los productos no conformes.

Los tiempos improductivos y la capacidad limitada de las líneas de montaje, se cuantifican mediante la utilidad que se deja de percibir por no comercializar los productos que no son abastecidos a los consumidores de baterías.

De esta manera, en el siguiente cuadro se procederá a describir los porcentajes de costos por cada cuenta del costo del producto, información proporcionada por el Jefe de Materiales.

CUADRO No. 18

COSTOS DE BATERÍAS CLASIFICADOS POR CUENTA

Cuenta	% de costos	Baterías	
		Pequeña	Grande
Materia prima	32,8%	\$12,62	\$50,46
Mano de obra	7,9%	\$3,04	\$12,15
Costos indirectos	22,1%	\$8,51	\$34,03
Gastos administrativos y de ventas	14,9%	\$5,73	\$22,92
Costo de producto	77,7%	\$29,89	\$119,57
Utilidad	22,3%	\$8,57	\$34,28
PVP distribuidor	100,0%	\$38,46	\$153,85
PVP consumidor final		\$50,00	\$200,00

Fuente: Jefe de Materiales.

Elaborado por: Vélez Bajaña Andrea Carolina.

Se procederá en los siguientes literales a cuantificar cada problemática por separado.

a) **Desperdicio**

El monto de la pérdida por concepto del desperdicio se calcula considerando los costos de materias primas, mano de obra y el 85% de costos indirectos, a lo que se debe añadir las utilidades que no percibirá la empresa porque no podrá comercializar las baterías.

CUADRO No. 19

CUANTIFICACIÓN DEL DESPERDICIO

Cuenta	% de costos	Baterías pequeñas			Baterías grandes		
		Costo unitario	Cant.	Pérdida	Costo unitario	Cant.	Pérdida
Materia prima	32,8%	\$12,62	35	\$441,54	\$50,46	15	\$756,92
Mano de obra	7,9%	\$3,04	35	\$106,35	\$12,15	15	\$182,31
Costos indirectos*	22,1%*	\$8,51*	35	\$253,10	\$34,03	15	\$433,89
Utilidad	22,3%	\$8,57	35	\$299,92	\$34,28	15	\$514,15
Pérdida / día				\$1.100,91			\$1.887,28

Fuente: Jefe de Materiales.

Elaborado por: Vélez Bajaña Andrea Carolina.

Nota*: Se ha considerado el 85% de los costos indirectos, porque en el desperdicio no se debe sumar los costos de materiales indirectos de empaque ni los costos de control final del producto terminado.

La cuantificación del desperdicio ascendió a la suma de **\$2.988,19**, que es la sumatoria del desperdicio de baterías pequeñas y grandes.

b) Reproceso

El monto de la pérdida por concepto del reproceso se calcula considerando los costos de mano de obra y el 10% de costos indirectos, correspondientes al costo del suministro eléctrico, a lo que se debe añadir las utilidades que no percibirá la empresa porque no podrá comercializar las baterías.

En el siguiente cuadro se presentas el costo del reproceso de baterías grandes y pequeñas.

CUADRO No. 20

CUANTIFICACIÓN DEL REPROCESO

Cuenta	% de costos	Baterías pequeñas			Baterías grandes		
		Costo unitario	Cant.	Pérdida	Costo unitario	Cant.	Pérdida
Mano de obra	7,9%	\$3,04	45	\$136,73	\$12,15	20	\$243,08
Costos indirectos*	22,1%*	\$8,51*	45	\$38,28	\$34,03	20	\$68,06
Utilidad	22,3%	\$8,57	45	\$385,62	\$34,28	20	\$685,54
Pérdida / día				\$560,63			\$996,68

Fuente: Jefe de Materiales.

Elaborado por: Vélez Bajaña Andrea Carolina.

Nota*: Se ha considerado el 10% de los costos indirectos, porque en el reproceso solo se considera el uso del suministro eléctrico.

La cuantificación del reproceso ascendió a la suma de **\$1.557,31**, que es la sumatoria del reproceso de baterías pequeñas y grandes.

c) Tiempo improductivo

El monto de la pérdida por concepto del tiempo improductivo se calcula considerando las utilidades que deja de percibir la empresa porque no podrá comercializar las baterías que no se pueden fabricar durante el tiempo improductivo. En el siguiente cuadro se presentas el costo del tiempo improductivo de baterías grandes y pequeñas.

CUADRO No. 21

CUANTIFICACIÓN DEL TIEMPO IMPRODUCTIVO

Cuenta	% de costos	Baterías pequeñas			Baterías grandes		
		Costo unitario	Cant	Pérdida	Costo unit.	Cant	Pérdida
Utilidad	22,3	\$8,57	670	\$5.741,38	\$34,28	298	\$10.214,52
Pérdida / día				\$5.741,38			\$10.214,52

Fuente: Jefe de Materiales.

Elaborado por: Vélez Bajaña Andrea Carolina.

La cuantificación del tiempo improductivo ascendió a la suma de **\$15.955,91**, que es la sumatoria de los paros programados en las líneas de fabricación de baterías pequeñas y grandes.

d) Limitada capacidad de producción en las líneas de montaje

El monto de la pérdida por concepto de las restricciones de la capacidad de producción en las líneas de montaje se calcula considerando las utilidades que deja de percibir la empresa porque no podrá comercializar las baterías que no se pueden fabricar por los cuellos de botella.

En el siguiente cuadro se presentas el costo de los cuellos de botella que ocurren en las líneas de montaje que manufacturan baterías grandes y pequeñas.

CUADRO No. 22**CUANTIFICACIÓN DEL CUELLO DE BOTELLA**

Cuenta	% de costos	Baterías pequeñas			Baterías grandes		
		Costo unit.	Cant.	Pérdida	Costo unit.	Cant.	Pérdida
Utilidad	22,3%	\$8,57	1.273	\$10.908,63	\$34,28	566	\$19.400,74
Pérd/día				\$10.908,63			\$19.400,74

Fuente: Jefe de Materiales.

Elaborado por: Vélez Bajaña Andrea Carolina.

La cuantificación del cuello de botella ascendió a la suma de **\$30.309,37**, que es la sumatoria de las pérdidas por las restricciones en las líneas de montaje No. 1 y No. 2 que ensamblan las baterías pequeñas y grandes.

e) Cuantificación general de los problemas

Determinados los costos por cada problemática analizada en el numeral 2.4 y en el 3.2 de la presente investigación, se procederá a elaborar un cuadro de resumen de costos de las pérdidas que han ocasionado los problemas identificados en la planta de manufactura de baterías, en las líneas No. 1 y No. 2.

CUADRO No. 23**CUANTIFICACIÓN GENERAL DE LOS PROBLEMAS**

Problemas	Pérdidas diarias	Pérdidas anuales (6 días laborables a la semana)
Cuello de botella	\$30.309,37	\$9.456.523,20
Tiempo improductivo	\$15.955,91	\$4.978.243,20
Desperdicio	\$2.988,19	\$932.314,80
Reproceso	\$1.557,31	\$485.880,00
Total	\$50.810,77	\$15.852.961,20

Fuente: Costos de los factores que afectan a la productividad.

Elaborado por: Vélez Bajaña Andrea Carolina.

Se puede apreciar que las pérdidas anuales por los factores que afectan a la productividad de los procesos productivos, ascienden a un monto anual de \$15.852.961,20, que representa el 15,85% del monto general de ventas de la empresa, que en el año 2011, fue de \$100.000.000,00.

3.3 Diagnóstico

La empresa TECNOVA ha sido afectada por las restricciones de la capacidad de la producción con el 62,94% de incidencia de los problemas que afectan a las diferentes secciones de la planta, que genera pérdidas diarias por la suma de \$50.810,77.

Se estima que la empresa deja de percibir utilidades por \$9.456.523,20, debido a las restricciones de la capacidad de las líneas de montaje No. 1 y No.2, pero al considerar el desperdicio, tiempo improductivo y reproceso, esta cantidad aumenta a \$15.852.961,20, que representa el 15,85% del monto general de ventas de la empresa, que en el año 2011, fue de \$100.000.000,00.

Por esta razón, se pone de manifiesto que el principal problema que atraviesa la empresa se refiere a las restricciones de la capacidad de las líneas de montaje No. 1 y No. 2, que limitan la productividad del proceso de manufactura de baterías pequeñas y grandes, a la vez que afectan la competitividad de la compañía TECNOVA, lo que puede ser aprovechado por la competencia, para acercársele al actual líder del mercado de baterías, que es el fabricante de la marca Bosch.

3.4 Aplicación del paso No. 2 del TOC: Explotar la restricción

Debido a que se ha identificado un cuello de botella en la línea de montaje de la planta de la empresa, se ha recomendado subordinar las capacidades de todas las máquinas de las líneas que fabrican el producto a la misma capacidad de las

líneas de montaje, de modo que se pueda decidir cómo explotar la restricción observada.

Para explotar la restricción se ha propuesto la planificación de la producción en serie de baterías grandes y pequeñas, de manera que no se cambie los moldes en cada turno, sino dos veces por periodos de una semana, con lo que la empresa, ganará 1 hora y media diarias por cada 2 días, es decir, 3 horas semanales, que representa 37,50% del turno adicional, lo que le permitirá mejorar su nivel de producción en 390 baterías semanales, es decir, 78 baterías diarias. Luego la producción esperada de la línea de montaje, será la siguiente:

- Producción esperada = Producción actual + Incremento propuesto
- Producción esperada = 2.645 baterías diarias + 78 baterías diarias
- Producción esperada = 2.723 baterías diarias

Para explotar la restricción en las líneas de montaje se ha previsto la producción de 2.723 baterías, al reducir los cambios de los moldes en las maquinarias de esta línea.

A esta estrategia de reducción de los cambios de molde, se suma la implementación de un programa de mantenimiento, en el cual se considere el reemplazo de rodamientos y termocuplas del sistema actual, para evitar paralizaciones y disponer de una mayor capacidad de producción, para lo cual se ha considerado los mecanismos de las máquinas de soldado de grupos y pegado térmico.

En el siguiente cuadro se presenta el cronograma de mantenimiento preventivo de las máquinas de soldado de grupos y pegado térmico, en el cual se reemplazarán termocuplas y rodamientos.

El reemplazo de rodamientos y termocuplas para reducir las paralizaciones de las máquinas de soldado de grupos y pegado térmico, demorará 8 semanas,

desde el 2 de junio al 21 de julio, con lo que se espera una reducción del tiempo improductivo en 6,27 horas por día, que representa un incremento de la capacidad de producción por 355 baterías diarias a lo que se debe restar 78 baterías por cambio de molde, causa asignable al tiempo improductivo, es decir, que el aumento propuesto de la capacidad de producción por la implementación del programa de mantenimiento será igual a 277 baterías.

CUADRO No. 24

CRONOGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO

Tareas	Duración horas	2 Jun	9 Jun	16 Jun	23 Jun	30 Jun	7 Jul	14 Jul	21 Jul
1er grupo 24 rodamientos:									
Desmontaje de rodamientos	4	■							
Chequeo de área	2	■							
Lubricación del área	4	■							
Montaje de rodamientos	9	■							
2do grupo 24 rodamientos:									
Desmontaje de rodamientos	1		■						
Chequeo de área	2		■						
Lubricación del área	4		■						
Montaje de rodamientos	1		■						
3er grupo 24 rodamientos:									
Desmontaje de rodamientos	1			■					
Chequeo de área	2			■					
Lubricación del área	4			■					
Montaje de rodamientos	1			■					
4to grupo 24 rodamientos:									
Desmontaje de rodamientos	1				■				
Chequeo de área	2				■				
Lubricación del área	4				■				
Montaje de rodamientos	1				■				
5to grupo 24 rodamientos:									
Desmontaje de rodamientos	1					■			

Chequeo de área	2								
Lubricación del área	4								
Montaje de rodamientos	1								
6to grupo 24 rodamientos:									
Desmontaje de rodamientos	1								
Chequeo de área	2								
Lubricación del área	4								
Montaje de rodamientos	1								
1er grupo 12 termocuplas									
Desmontaje de termocuplas	1								
Chequeo de área	2								
Lubricación del área	2								
Montaje de termocuplas	3								
2do grupo 12 termocuplas									
Desmontaje de termocuplas	1								
Chequeo de área	2								
Lubricación del área	2								
Montaje de termocuplas	3								

Fuente: Departamento de Mantenimiento.
Elaborado por: Vélez Bajaña Andrea Carolina.

Luego la producción esperada de la línea de montaje, con la implementación del programa de mantenimiento, que contempla el reemplazo de rodamientos y termocuplas será la siguiente:

- Producción esperada = Producción actual + incremento propuesto por reducción de cambio de molde + aumento propuesto por programa de mantenimiento.
- Producción esperada = 2.645 baterías diarias + 78 baterías diarias + 277 baterías diarias
- Producción esperada = 3.000 baterías diarias

De esta manera, se ha aumentado la capacidad utilizada de la planta a 3.000 baterías diarias, al explotar la restricción del sistema.

Previo a la aplicación del paso No. 3 para subordinar todo a la decisión anterior, se ha propuesto que las maquinarias que tienen mayor capacidad de producción trabajen menos turnos, con la finalidad de equilibrar los procesos productivos para la manufactura de baterías, debido a que las otras maquinarias que son utilizadas en otras áreas de la planta, tienen mayor capacidad que la línea de montaje.

De esta manera, se plantea la reducción de 1 turno de trabajo en las áreas de empastado, serigrafía, carga y despacho.

La capacidad instalada con las mejoras propuestas como parte del paso No. 2 del TOC, se determinan de la siguiente manera:

a) Capacidad en el área de fundición

Para la primera línea de montaje:

- Capacidad instalada de producción diaria de la sección de fundición para abastecer a la línea de montaje No. 1 = Capacidad instalada por máquina por hora X No. de máquinas X No. de horas requeridas en la línea No. 1 por turno X No. de turnos diarios.
- Capacidad instalada de producción diaria de la sección de fundición para abastecer a la línea de montaje No. 1 = 1.250 rejillas por hora por máquina X 6 máquinas X 5,54 horas X 3 turnos.
- Capacidad instalada de producción diaria de la sección de fundición para abastecer a la línea de montaje No. 1 = 124.650 rejillas diarias.

$$\text{Capacidad instalada diaria fundición} = \frac{\text{No. de rejillas en 3 turnos diarios}}{\text{No. de rejillas por cada batería}}$$

$$\text{Capacidad instalada diaria fundición} = \frac{124.650 \text{ rejillas diarias}}{32 \text{ rejillas / batería}}$$

Capacidad instalada diaria fundición = 3.894,23 baterías diarias.

Para la segunda línea de montaje:

- Capacidad instalada de producción diaria de la sección de fundición para abastecer a la línea de montaje No. 2 = Capacidad instalada por máquina por hora X No. de máquinas X No. de horas requeridas en la línea No. 2 por turno X No. de turnos diarios
- Capacidad instalada de producción diaria de la sección de fundición para abastecer a la línea de montaje No. 2 = 1.250 rejillas por hora por máquina X 6 máquinas X 2,46 horas X 3 turnos
- Capacidad instalada de producción diaria de la sección de fundición para abastecer a la línea de montaje No. 2 = 55.350 rejillas diarias

$$\text{Capacidad instalada diaria fundición} = \frac{\text{No. de rejillas en 3 turnos diarios}}{\text{No. de rejillas por cada batería}}$$

$$\text{Capacidad instalada diaria fundición} = \frac{55.350 \text{ rejillas diarias}}{52 \text{ rejillas / batería}}$$

Capacidad instalada diaria fundición = 1.065,09 baterías diarias

Capacidad del área de fundición.

- Capacidad instalada del área de fundición = Capacidad de abastecimiento para la línea de montaje No. 1 + Capacidad de abastecimiento para la línea de montaje No. 2.
- Capacidad instalada del área de fundición = 124.650 rejillas diarias + 55.350 rejillas diarias.
- Capacidad instalada del área de fundición = 180.000 rejillas por día

La capacidad instalada del área de fundición es igual a 180.000 rejillas por día.

Capacidad en el área de empastado

Para la primera línea de montaje:

- Capacidad instalada de producción diaria de la sección de empastado para abastecer a la línea de montaje No. 1 = Capacidad instalada por hora X No. de horas requeridas en la línea No. 1 por turno X No. de turnos diarios
- Capacidad instalada de producción diaria de la sección de empastado para abastecer a la línea de montaje No. 1 = 12.000 placas por hora por máquina X 5,54 horas X 2 turnos.
- Capacidad instalada de producción diaria de la sección de empastado para abastecer a la línea de montaje No. 1 = 132.960 placas diarias

$$\text{Capacidad instalada diaria empastado} = \frac{\text{No. de placas en 3 turnos diarios}}{\text{No. de placas por cada batería}}$$

$$\text{Capacidad instalada diaria empastado} = \frac{132.960 \text{ placas diarias}}{32 \text{ placas / batería}}$$

$$\text{Capacidad instalada diaria empastado} = 4.155 \text{ baterías diarias}$$

La capacidad instalada en la sección de empastado para abastecer los requerimientos de la línea de montaje No. 1, ascienden a la cantidad de 4.155 baterías diarias. (S.A., 2011)

Para la segunda línea de montaje:

- Capacidad instalada de producción diaria de la sección de empastado para abastecer a la línea de montaje No. 2 = Capacidad instalada por hora X No. de horas requeridas en la línea No. 2 por turno X No. de turnos diarios.
- Capacidad instalada de producción diaria de la sección de empastado para abastecer a la línea de montaje No. 2 = 12.000 placas por hora X 2,46 horas X 2 turnos

- Capacidad instalada de producción diaria de la sección de empastado para abastecer a la línea de montaje No. 2 = 59.040 placas diarias

$$\text{Capacidad instalada diaria empastado} = \frac{\text{No. de placas en 3 turnos diarios}}{\text{No. de placas por cada batería}}$$

$$\text{Capacidad instalada diaria empastado} = \frac{59.040 \text{ placas diarias}}{52 \text{ rejillas / batería}}$$

$$\text{Capacidad instalada diaria empastado} = 1.135,38 \text{ baterías diarias}$$

Capacidad del área de montaje:

- Capacidad instalada del área de empastado = Capacidad de abastecimiento para la línea de montaje No. 1 + Capacidad de abastecimiento para la línea de montaje No. 2
- Capacidad instalada del área de empastado = 132.960 placas diarias + 59.040 placas diarias
- Capacidad instalada del área de empastado = 192.000 placas por día

La capacidad instalada del área de empastado es igual a 192.000 placas por día.

Capacidad en el área de serigrafía

- Capacidad instalada de producción diaria de la sección de serigrafía = Capacidad instalada por hora X No. de horas por turno X No. de turnos diarios
- Capacidad instalada de producción diaria de la sección de serigrafía = 300 cajas por hora X 8 horas X 2 turnos.

- Capacidad instalada de producción diaria de la sección de serigrafía = 4.800 cajas diarias

La capacidad instalada de producción diaria con dos turnos de trabajo, en la sección serigrafía asciende a la cantidad de 4.800 cajas, debido a que cada batería requiere una caja, entonces, la capacidad de esta área es igual a 4.800 baterías.

Capacidad en las 2 líneas de montaje

El área de montaje cuenta con 2 líneas, en la primera se fabrican baterías grandes cuya capacidad es de 40 unidades por hora, mientras que en la segunda línea se procesan 90 unidades por hora, sumando ambas 130 unidades por hora, operándose de la siguiente manera para obtener la producción diaria:

- Capacidad instalada de producción diaria de las líneas de montaje = (Capacidad instalada línea 1 + capacidad instalada línea 2) X No. de horas por turno X No. de turnos diarios.
- Capacidad instalada de producción diaria de las líneas de montaje = (90 baterías por hora + 40 baterías por hora) X 8 horas X 3 turnos.
- Capacidad instalada de producción diaria de las líneas de montaje = 3.120 baterías diarias.

La capacidad instalada de producción diaria en las 2 líneas de montaje, es de 3.120 baterías diarias.

Capacidad en el área de carga

Luego, se calcula la capacidad instalada diaria del área de carga, operando de la siguiente manera:

- Capacidad instalada de producción diaria de la sección de carga = Capac. instalada por hora X No. de horas por turno X No. de turnos diarios.
- Capacidad instalada de producción diaria de la sección de carga = 416 baterías por hora X 8 horas X 1 turnos.
- Capacidad instalada de producción diaria de la sección de carga = 3.328 baterías diarias.

La capacidad instalada de producción diaria en la sección de carga desciende a la cantidad de 3.328 baterías.

Capacidad en el área de despacho

Finalmente, se calcula la capacidad instalada diaria del área de despacho, operando de la siguiente manera:

- Capacidad instalada de producción diaria del área de despacho = Capacidad instalada por hora X No. de horas por turno X No. de turnos diarios
- Capacidad instalada de producción diaria del área de despacho = 375 baterías por hora X 8 horas X 1 turnos
- Capacidad instalada de producción diaria del área de despacho = 3.000 baterías diarias

La capacidad instalada de producción diaria en el área de despacho asciende a la cantidad de 3.000 baterías.

b) Resumen de capacidades

El resumen de las capacidades de producción se presenta en el siguiente cuadro:

CUADRO No. 25**CAPACIDAD INSTALADA DE PRODUCCIÓN**

Área	Capacidad instalada diaria	Capacidad instalada diaria en baterías
Fundición (180.000 rejillas)	180.000 rejillas	(3.894,23 + 1.065,09) 4.959,32 baterías diarias
Empastado (192.000 placas)	192.000 placas	(4.155 + 1.135,38) 5.290,38 baterías diarias
Serigrafía (4.800,00 cajas)	4.800 cajas	4.800 baterías diarias
Montaje	3.120 baterías	3.000 baterías diarias
Carga	3.328 baterías	3.328 baterías diarias
Despacho	3.000 baterías	3.000 baterías diarias

Fuente: Departamento de Producción.
Elaborado por: Vélez Bajaña Andrea Carolina.

Al subordinar todo a la decisión anterior de reducir un turno de trabajo en las áreas de empastado, serigrafía, carga y despacho de baterías, la empresa logrará ahorrar costos de mano de obra y suministro eléctrico, sin embargo, esta estrategia no logrará el incremento de la producción, por tanto, tampoco podrá la organización abastecer los requerimientos de la demanda, lo que significa que esta estrategia no surtirá el efecto deseado. (Barry, 2002)

3.5 Aplicación del paso No. 3 del TOC: Subordinar todo a la decisión anterior

Después que se ha decidido explotar la restricción reduciendo 1 turno de trabajo en las áreas de empaste, serigrafía, carga y despacho, se ha elaborado el siguiente programa de producción, por cada área de la planta de producción, para poder subordinar todo a la decisión anterior.

CUADRO No. 26

PLAN DE PRODUCCIÓN. LÍNEAS DE MONTAJES. AÑO 2013

Descripción	Enero					Total	Febrero					Total
	L	M	M	J	V		L	M	M	J	V	
Programa	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000				3.000	3.000	3.000	
Plan	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	15.000			3.000	3.000	3.000	9.000
Eficiencia												
	L	M	M	J	V		L	M	M	J	V	
Programa	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000		3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	
Plan	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	15.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	15.000
Eficiencia												
	L	M	M	J	V		L	M	M	J	V	
Programa	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000		3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	
Plan	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	15.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	15.000
Eficiencia												
	L	M	M	J	V		L	M	M	J	V	
Programa	3.000	3.000										
Plan	3.000	3.000				6.000						
Eficiencia												
	Total					66.000	Total					54.000
Descripción	Marzo					Total	Abril					Total
	L	M	M	J	V		L	M	M	J	V	
Programa			3.000	3.000	3.000		3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	
Plan			3.000	3.000	3.000	9.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	15.000
Eficiencia												
	L	M	M	J	V		L	M	M	J	V	
Programa	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000		3.000	3.000	3.000	3.000		
Plan	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	15.000	3.000	3.000	3.000	3.000		12.000
Eficiencia												
	L	M	M	J	V		L	M	M	J	V	
Programa	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000		3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	
Plan	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	15.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	15.000
Eficiencia												
	L	M	M	J	V		L	M	M	J	V	
Programa	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000							
Plan	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	15.000						
Eficiencia												
	Total					69.000	Total					57.000

Fuente: Análisis realizado por la autora.

Elaborado por: Vélez Bajaña Andrea Carolina.

CUADRO No. 26

PLAN DE PRODUCCIÓN. LÍNEAS DE MONTAJES. AÑO 2013

Descripción	Mayo					Total	Junio					Total
	L	M	M	J	V		L	M	M	J	V	
Programa		3.000	3.000	3.000	3.000					3.000	3.000	
Plan		3.000	3.000	3.000	3.000	12.000				3.000	3.000	6.000
Eficiencia												
Programa	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000		3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	
Plan	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	15.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	15.000
Eficiencia												
Programa	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000		3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	
Plan	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	15.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	15.000
Eficiencia												
Programa	3.000	3.000		3.000	3.000		3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	
Plan	3.000	3.000		3.000	3.000	12.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	15.000
Eficiencia												
Programa	3.000	3.000	3.000				3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	
Plan	3.000	3.000	3.000			9.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	15.000
Eficiencia												
Total	Total					63.000	Total					66.000
Descripción	Julio					Total	Agosto					Total
	L	M	M	J	V		L	M	M	J	V	
Programa	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000			3.000	3.000	3.000	3.000	
Plan	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	15.000		3.000	3.000	3.000	3.000	12.000
Eficiencia												
Programa	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000		3.000	3.000	3.000		3.000	
Plan	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	15.000	3.000	3.000	3.000		3.000	12.000
Eficiencia												
Programa	3.000		3.000	3.000	3.000		3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	
Plan	3.000		3.000	3.000	3.000	12.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	15.000
Eficiencia												
Programa	3.000						3.000	3.000	3.000	3.000		
Plan	3.000					6.000	3.000	3.000	3.000	3.000		12.000
Eficiencia												
Total	Total					63.000	Total					66.000

Fuente: Análisis realizado por la autora.

Elaborado por: Vélez Bajaña Andrea Carolina.

CUADRO No. 26

PLAN DE PRODUCCIÓN. LÍNEAS DE MONTAJES. AÑO 2013

Descripción	Septiembre					Total	Octubre					Total
	L	M	M	J	V		L	M	M	J	V	
Programa					3.000		3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	
Plan					3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	15.000
Eficiencia												
	L	M	M	J	V		L	M	M	J	V	
Programa	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000		3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	
Plan	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	15.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	12.000
Eficiencia												
	L	M	M	J	V		L	M	M	J	V	
Programa	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000		3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	
Plan	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	15.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	15.000
Eficiencia												
	L	M	M	J	V		L	M	M	J	V	
Programa	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000		3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	
Plan	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	15.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	15.000
Eficiencia												
	L	M	M	J	V		L	M	M	J	V	
Programa	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000		3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	
Plan	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	15.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	6.000
Eficiencia												
	Total					63.000	Total					63.000
Descripción	Noviembre					Total	Diciembre					Total
	L	M	M	J	V		L	M	M	J	V	
Programa			3.000								3.000	
Plan			3.000			3.000					3.000	3.000
Eficiencia												
	L	M	M	J	V		L	M	M	J	V	
Programa	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000		3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	
Plan	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	15.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	12.000
Eficiencia												
	L	M	M	J	V		L	M	M	J	V	
Programa	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000		3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	
Plan	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	15.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	15.000
Eficiencia												
	L	M	M	J	V		L	M	M	J	V	
Programa	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000			3.000	3.000	3.000	3.000	
Plan	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	12.000		3.000	3.000	3.000	3.000	12.000
Eficiencia												
	Total					60.000	Total					57.000

Fuente: Análisis realizado por la autora.
Elaborado por: Vélez Bajaña Andrea Carolina.

Una vez que se ha elaborado el plan de producción se presenta el detalle de la producción por turno en cada área de trabajo y el volumen de baterías que se fabricarán por turno.

CUADRO No. 27

DETALLE DE LA PRODUCCIÓN POR TURNO, CON LA SUBORDINACIÓN A LA REDUCCIÓN DE TURNOS

Área	1er Turno	2do Turno	3er Turno	Total
Fundición	1.653,11	1.653,11	1.653,11	4.959,32
Empaste	2.645,19	2.645,19		5.290,38
Serigrafía	2.400,00	2.400,00		4.800,00
Montaje	1.000,00	1.000,00	1.000,00	3.000,00
Carga	3.328,00			3.328,00
Despacho	3.000,00			3.000,00

Fuente: Análisis realizado por la autora.
Elaborado por: Vélez Bajaña Andrea Carolina.

Se observa que se subordina toda la decisión de superar la restricción mediante la reducción de turnos, a la capacidad de las líneas de montaje, obteniéndose las siguientes capacidades de producción mensuales.

CUADRO No. 28

CAPACIDAD DE PRODUCCIÓN MENSUAL

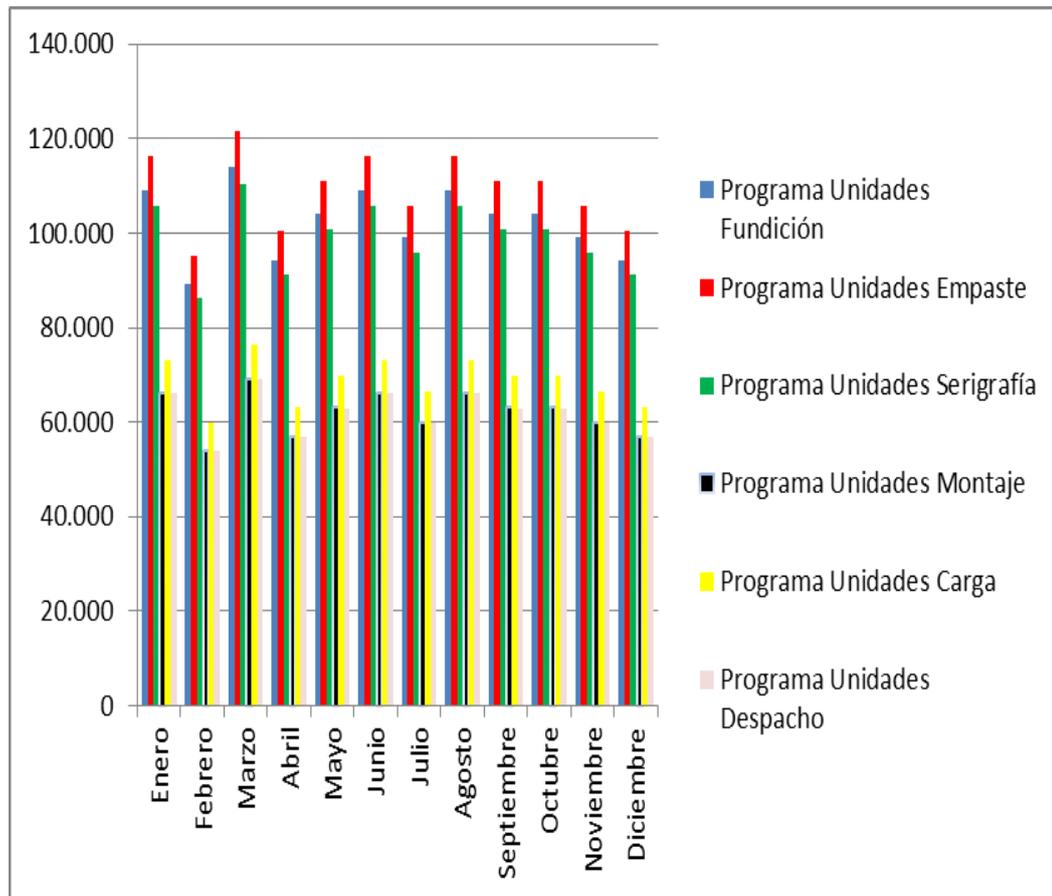
Meses	Programa Unidades					
	Fundición	Empaste	Serigrafía	Montaje	Carga	Despacho
Enero	109.105	116.388	105.600	66.000	73.216	66.000
Febrero	89.268	95.227	86.400	54.000	59.904	54.000
Marzo	114.064	121.679	110.400	69.000	76.544	69.000
Abril	94.227	100.517	91.200	57.000	63.232	57.000
Mayo	104.146	111.098	100.800	63.000	69.888	63.000
Junio	109.105	116.388	105.600	66.000	73.216	66.000

Julio	99.186	105.808	96.000	60.000	66.560	60.000
Agosto	109.105	116.388	105.600	66.000	73.216	66.000
Septiembre	104.146	111.098	100.800	63.000	69.888	63.000
Octubre	104.146	111.098	100.800	63.000	69.888	63.000
Noviembre	99.186	105.808	96.000	60.000	66.560	60.000
Diciembre	94.227	100.517	91.200	57.000	63.232	57.000
Total	1.229.911	1.312.014	1.190.400	744.000	825.344	744.000

Fuente: Análisis realizado por la autora.
 Elaborado por: Vélez Bajaña Andrea Carolina.

GRÁFICO No. 5

CAPACIDAD DE PRODUCCIÓN MENSUAL



Fuente: Análisis realizado por la autora.
 Elaborado por: Vélez Bajaña Andrea Carolina.

Una vez que se ha elaborado el plan de producción se observa que la reducción de turnos, disminuye la capacidad nominal de las áreas de empaste, serigrafía y carga, que son las que tendrán menor volumen de producción de elementos. (Niebel, 1998)

De esta manera, se ha podido balancear de mejor manera líneas, reduciendo costos por personal y suministro eléctrico, sin embargo, se mantiene el problema de las limitaciones de la capacidad en las líneas de montaje, por tanto no se ha podido superar la restricción, lo que obliga a proponer otras alternativas para elevar la producción y superar la restricción (paso No. 4 del TOC).

CAPÍTULO IV

PROPUESTA

4.1 Planteamiento de alternativas de solución a problemas

El principal problema que atraviesa la empresa se refiere a las restricciones de la capacidad de las líneas de montaje No. 1 y No. 2, que limitan la productividad del proceso de manufactura de baterías pequeñas y grandes, a la vez que afectan la competitividad de la compañía TECNOVA, lo que puede ser aprovechado por la competencia, para acercársele al actual líder del mercado de baterías, que es el fabricante de la marca Bosch.

Debido a que se está aplicando la Teoría de Restricciones (TOC), es necesario indicar y describir los pasos que se seguirán para el planteamiento de alternativas de solución para erradicar o minimizar el impacto que generan los cuellos de botella.

El detalle de las alternativas de solución consideradas en la presente investigación, se presenta en los siguientes numerales de este capítulo.

4.2 Alternativas de solución al problema de la falta de capacidad de las líneas de montaje No. 1 y No. 2

4.2.1 Aplicación del paso 4 del TOC: Elevar la capacidad del sistema

El planteamiento de las alternativas de solución, obedece a la aplicación del **paso No. 4** de la Teoría de Restricciones (TOC), el cual señala que una vez identificado el tambor, se debe superar la restricción, elevando la capacidad del sistema, para lo cual se plantean las siguientes alternativas de solución, que son las siguientes:

- “Adquisición de una línea de montaje No. 3 para la manufactura de baterías grandes y pequeñas”.
- “Aumento de la capacidad de los procesos de soldado de grupos y de pegado térmico”

En los siguientes numerales se describirán las alternativas de solución al problema de las restricciones de las líneas de montaje No. 1 y No, 2.

4.2.2 Alternativa de solución “A”

“Adquisición de una línea de montaje No. 3 para la manufactura de baterías grandes y pequeñas”.

La alternativa “A” para la solución del problema de las restricciones de las líneas de montaje No. 1 y No, 2, corresponde a la adquisición de una línea de montaje No. 3 para la manufactura de baterías grandes y pequeñas, para optimizar la eficiencia de la producción y aumentar la capacidad de la empresa.

El ahorro de las pérdidas vendrá garantizado porque el aumento de la capacidad de producción permitirá incrementar el volumen de baterías fabricadas, teniendo mayores ítems disponibles para la venta, lo que impactará en un crecimiento de la compañía en el mercado, siendo más competitiva.

Las características de la línea de montaje propuesta, se presentan en el siguiente cuadro:

CUADRO No. 29

CARACTERÍSTICA DE EQUIPOS PROPUESTOS. ALTERNATIVA “A”

Descripción	Características
Máquina soldadora de grupos	Soldar los grupos para que circule la carga eléctrica por todas las celdas de la batería
Máquina pegado térmico	Pega la tapa a la caja

Máquina soldadora de bornes	Da el acabado a los bornes de la batería
Máquina comprobadora de fuga	Comprueba si existe fuga en la batería
Máquina codificadora	Da un código de montaje a la batería
Potencia	50 HP
Voltaje	440 Volt.
Año de fabricación	2011
Capacidad	3.120 baterías por día
Vida útil	10 años
Garantía	3 años

Fuente: Alternativa "A".

Elaborado por: Vélez Bajaña Andrea Carolina.

Las ventajas que presenta esta alternativa de solución propuesta, son las siguientes:

- Aumentará la capacidad de producción a 6.240 baterías por día.
- Incrementará el volumen de producción anual en la empresa.
- Mejorará la competitividad de la empresa en el mercado.
- Cumplirá los requerimientos de los clientes, abasteciendo las necesidades de la demanda en el mercado.
- Reducirá los niveles de capacidad ociosa de las áreas de fundición, empastado, serigrafía, carga y despacho.

Las desventajas que presenta esta alternativa de solución, son las siguientes:

- Costos de inversión de la tecnología.
- Tendrá que realizarse campaña publicitaria en medios para poder incrementar la cobertura de mercado de baterías.

4.2.3 Alternativa de solución "B"

“Aumento de la capacidad de los procesos de soldado de grupos y de pegado térmico”.

La alternativa de solución "B" para la solución del problema de las restricciones de las líneas de montaje No. 1 y No, 2, se refiere al aumento de la

capacidad de los procesos de soldado de grupos y de pegado térmico, que limitan la producción en el proceso de ensamble de placas y tapas de baterías.

Se busca con esta alternativa de solución, aumentar la capacidad de los procesos de soldado de grupos y pegado térmico, para evitar la inversión en una línea de montaje No. 3, que significará un egreso considerable para la organización.

Las características de los equipos propuestos en la alternativa “B”, se presentan en el siguiente cuadro:

CUADRO No. 30

CARACTERÍSTICA DE EQUIPOS PROPUESTOS. ALTERNATIVA “B”

Descripción	Características
Aumento de capacidades de máquinas soldadora de grupos	Soldar los grupos para que circule la carga eléctrica por todas las celdas de la batería
Aumento de capacidades de máquinas pegado térmico	Pega la tapa a la caja
Potencia	30 HP y 15 HP
Voltaje	440 Volt.
Año de fabricación	2011
Vida útil	3 años
Garantía	6 meses

Fuente: Alternativa “B”.

Elaborado por: Vélez Bajaña Andrea Carolina.

Las ventajas que presenta esta alternativa de solución, son las siguientes:

- Aumentará la capacidad de producción a niveles esperados por la empresa.
- Evitará inversiones cuantiosas en maquinarias y equipos.
- Permitirá ocupar en mayor grado la capacidad ociosa de las actuales máquinas de la producción.

Las desventajas que presenta esta alternativa de solución “B”, son las siguientes:

- Menor vida útil, porque se trata de equipos en funcionamiento.
- Se mantendrá la tecnología existente actualmente en las líneas de montajes No. 1 y No. 2.
- Se requerirán mayores costos de mantenimiento en los equipos actuales, debido a que no se contará con tecnología nueva.

4.3 Costos de alternativas de solución

4.3.1 Costos de Alternativa “A”

La **alternativa de solución “A”**, que corresponde a la adquisición de una línea de montaje No. 3 para la manufactura de baterías grandes y pequeñas, presenta el siguiente costo:

CUADRO No. 31

COSTOS DE EQUIPOS PROPUESTOS EN ALTERNATIVA “A”

Descripción	Cantidad	Costo unitario	Costos totales
Máquina soldadora de grupos	1	\$ 215.000,00	\$ 215.000,00
Máquina pegado térmico	1	\$ 205.000,00	\$ 205.000,00
Máquina soldadora de bornes	1	\$ 130.000,00	\$ 130.000,00
Máquina comprobadora de fuga	1	\$ 140.000,00	\$ 140.000,00
Máquina codificadora	1	\$ 12.000,00	\$ 12.000,00
		Subtotal₁	\$ 702.000,00
Costos de instalación y montaje	5%		\$35.100,00
		Total	\$737.100,00

Fuente: Proveedores.

Elaborado por: Vélez Bajaña Andrea Carolina.

La inversión de la alternativa de solución “A” incluyendo los costos de instalación y montaje, ascienden a la cantidad de **\$737.100,00**.

Al costo obtenido para la alternativa “A”, de \$702.000,00 se debe añadir un 5% adicional por concepto de mantenimiento anual, que es igual a \$35.100,00 anuales.

4.3.2 Costos de Alternativa “B”

La **alternativa de solución “B”**, que corresponde al aumento de la capacidad de los procesos de soldado de grupos y de pegado térmico, asciende al siguiente costo:

CUADRO No. 32

COSTOS DE EQUIPOS PROPUESTOS EN ALTERNATIVA “B”

Descripción	Cantidad	Costo unitario	Costos totales
Aumento de capacidad de máquina soldadora de grupos	1	\$ 87.000,00	\$ 87.000,00
Aumento de capacidad de máquina pegado térmico	1	\$ 82.000,00	\$ 82.000,00
		Subtotal₁	\$ 169.000,00
Costos de instalación y montaje	50%		\$84.500,00
		Total	\$253.500,00

Fuente: Proveedores.

Elaborado por: Vélez Bajaña Andrea Carolina.

La inversión de la alternativa de solución “B” incluyendo los costos de instalación y montaje, ascienden a la cantidad de **\$253.500,00**.

Al costo obtenido para la alternativa “B”, de \$ **169.000,00** se debe añadir un 15% adicional por concepto de mantenimiento anual, que es igual a **\$25.350,00** anuales.

4.3.3 Evaluación y selección de alternativa de solución

Una vez que se ha analizado las alternativas de solución “A” y “B” para la solución del problema referido a las restricciones de las líneas de montaje No. 1 y No. 2, se procede a seleccionar la alternativa más conveniente, que permita superar la restricción del sistema o el cuello de botella.

Por este motivo, se procederá a la selección de la alternativa de solución más conveniente, para determinar cuál de ellas es la de mayor factibilidad técnica y económica.

Para el efecto se realizará el siguiente análisis evaluativo de las alternativas de solución “A” y “B”, por separado.

En el siguiente cuadro se determinan los costos anuales de la alternativa de solución “A”:

CUADRO No. 33

ANÁLISIS DE COSTOS DE ALTERNATIVA DE SOLUCIÓN “A”

Descripción	Años					
	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Costos del equipo	\$ 702.000	\$ 70.200	\$ 70.200	\$ 70.200	\$ 70.200	\$ 70.200
Gastos de instalación y montaje	\$ 35.100	\$ 3.510	\$ 3.510	\$ 3.510	\$ 3.510	\$ 3.510
Subtotal	\$ 737.100	\$ 73.710	\$ 73.710	\$ 73.710	\$ 73.710	\$ 73.710
Acumulado		\$ 73.710	\$ 147.420	\$ 221.130	\$ 294.840	\$ 368.550
Costos de mantenimiento		\$ 35.100	\$ 70.200	\$ 105.300	\$ 140.400	\$ 175.500
Total Acumulado		\$108.810	\$ 217.620	\$ 326.430	\$ 435.240	\$ 544.050

Fuente: Costos de alternativas “A” y “B”.
Elaborado por: Vélez Bajaña Andrea Carolina.

Durante el primer año la empresa tendrá un costo de \$108.810,00 por concepto de la implementación de la alternativa de solución “A”.

En el siguiente cuadro se determinan los costos anuales de la alternativa de solución “B”:

CUADRO No. 34

ANÁLISIS DE COSTOS DE ALTERNATIVA DE SOLUCIÓN “B”

Descripción	Años			
	2012	2013	2014	2015
Costos del equipo	\$ 169.000,00	\$ 56.333,33	\$ 56.333,33	\$ 56.333,33
Gastos de instalación y montaje	\$ 84.500,00	\$ 28.166,67	\$ 28.166,67	\$ 28.166,67
Subtotal	\$ 253.500,00	\$ 84.500,00	\$ 84.500,00	\$ 84.500,00
Acumulado		\$ 84.500,00	\$ 169.000,00	\$ 253.500,00
Costos de mantenimiento		\$ 25.350,00	\$ 50.700,00	\$ 76.050,00
Total Acumulado		\$ 109.850,00	\$ 219.700,00	\$ 329.550,00

Fuente: Costos de alternativas “A” y “B”.
Elaborado por: Vélez Bajaña Andrea Carolina.

Durante el primer año la empresa tendrá un costo de \$109.850,00 por concepto de la implementación de la alternativa de solución “B”.

En el siguiente cuadro se realiza un análisis comparativo de las alternativas de solución:

CUADRO No. 35

CUADRO COMPARATIVO DE ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN

Parámetros	Alternativa de Solución “A”: “Adquisición de una línea de montaje No. 3”	Alternativa de Solución “B”: “Aumento de la capacidad de los procesos de soldado de grupos y de pegado térmico”
Inversión en equipos (incluido gastos de instalación y montaje)	\$ 737.100,00	\$253.500,00
Costos anuales	\$108.810,00	\$109.850,00
Costos de mantenimiento	5% activo (anual) \$ 35.100,00	10% activo (anual) \$ 25.350,00
Costos al 3er año	\$ 326.430,00	\$ 329.550,00
Diferencia entre alternativas “A” y “B”	\$ 3.120,00	
Vida útil	10 años	3 años
Garantía	3 años	6 meses

Fuente: Análisis de la alternativa A y de la alternativa B.
Elaborado por: Vélez Bajaña Andrea Carolina.

El análisis de las alternativa “A” y “B” y su posterior evaluación, indicó que la opción más conveniente para los intereses de la empresa, es la alternativa “A”, que además genera un mayor incremento de producción y menores costos anuales, aunque su inversión inicial es más alta, razón por la cual se sugiere a la alta dirección de la organización, que se escoja como alternativa de solución de mayor factibilidad y viabilidad, la alternativas “A”.

En definitiva, se sugiere escoger la alternativa de solución “A” que consiste en la adquisición de una línea de montaje No. 3 para la manufactura de baterías grandes y pequeñas.

4.4 Selección de alternativas

Siguiendo el **paso No. 4** de la Teoría de Restricciones (TOC) se debe elevar su capacidad del sistema mediante la alternativa escogida.

En conclusión, se sugiere a la empresa **escoger la siguiente alternativa de solución** para superar las restricciones de capacidad de las líneas de montaje No. 1 y No. 2.

a) Alternativa “A”: Adquisición de una línea de montaje No. 3 para la manufactura de baterías grandes y pequeñas.

4.5 Actividad complementaria a la propuesta

La implementación de una línea de montaje No. 3 para la manufactura de baterías grandes y pequeñas, que han sido escogidos como alternativa de solución a los problemas de las restricciones de capacidad de las líneas de montaje No. 1 y No. 2, se debe fortalecer con un plan de capacitación técnica para el talento humano que operará las maquinarias propuestas, de manera que se pueda alcanzar los estándares de desempeño esperados por la alta dirección y poder abastecer adecuadamente los requerimientos de los clientes, a la vez que se mejoran los indicadores de productividad y competitividad.

La capacitación técnica en lo correspondiente al manejo de los equipos propuestos como alternativa de solución factible y viable, requieren que la alta dirección suscriba acuerdos con los proveedores para que sean ellos quienes faciliten este proceso de reforzamiento de conocimientos al personal operativo de la planta, en especial, de la línea de Montaje, para que se solucionen los problemas que puede acarrear la operación y mantenimiento del equipo propuesto.

Los costos de la alternativa de solución considerada como solución al problema de las restricciones de capacidad de las líneas de montaje No. 1 y No. 2, se presentan en el siguiente cuadro:

CUADRO No. 36

COSTOS DE LA CAPACITACIÓN

Detalle	Cantidad	Unidad	Costo/hora	Costo total
Operadores	40	25 horas	\$20,00	\$20.000,00
Refrigerios	40	40 unidades	\$4,00	\$6.400,00
			Total	\$ 26.400,00

Fuente: Cuadro No. 8.

Elaborado por: Vélez Bajaña Andrea Carolina.

Los costos del programa de capacitación técnica, ascienden a la cantidad de **\$2.800,00**.

4.6 Aporte de la propuesta

El **paso No. 4** de la Teoría de Restricciones (TOC) dice que se debe superar la restricción del sistema (elevar su capacidad), con la alternativa escogida, como se observa en el siguiente cuadro de capacidades propuestas.

CUADRO No. 37

CAPACIDAD INSTALADA PROPUESTA CON 4TO PASO DEL TOC

Área	Capacidad instalada diaria	Capacidad instalada diaria en baterías
Fundición (180.000 rejillas)	188.000 rejillas	(3.894,23 + 1.065,09) 4.959,32 baterías diarias
Empastado (288.000 placas)	288.000 placas	(6.230,77 + 1.704,14) 7.934,91 baterías diarias

Serigrafía (7.200,00 cajas)	7.200 cajas	7.200,00 baterías diarias
Montaje	6.140 baterías	6.140,00 baterías diarias
Carga	6.656 baterías	6.656,00 baterías diarias
Despacho	6.000 baterías	6.000,00 baterías diarias

Fuente: Departamento de Producción.
Elaborado por: Vélez Bajaña Andrea Carolina.

Se observa que la línea de montaje eleva su capacidad actual desde 3.120 baterías, hasta 6.140 baterías propuestas.

4.6.1 Aplicación del paso 5to del TOC

Como se puede observar, la alternativa de solución “A” incrementará la capacidad de la producción de 3.120 baterías diarias a 6.140 baterías diarias, es decir, duplicará la capacidad de la planta, sin embargo, la línea de fundición solo podrá fabricar 4.959,32 baterías diarias.

Por este motivo, se opera con el paso 5to del TOC, que señala que si en los pasos anteriores se ha roto una restricción, regresar al paso (1) pero no permitir la inercia. Por esta razón, se plantea como solución complementaria, la implementación de un crisol y de una máquina rejilladora en el área de fundición para aumentar la capacidad de esta sección de la planta, de manera que todas las etapas del proceso productivo de manufactura de baterías, se encuentre al mismo nivel.

En el siguiente cuadro se presentan los costos de la alternativa de solución propuesta en el paso 5to del TOC.

CUADRO No. 38**COSTOS DE EQUIPOS PROPUESTOS COMO PASO 5TO DEL TOC**

Descripción	Cantidad	Costo unitario	Costos totales
Crisol	1	\$ 188.000,00	\$ 188.000,00
Máquina rejilladora	1	\$ 345.000,00	\$ 345.000,00
Total		Subtotal₁	\$ 533.000,00
Costos de instalación y montaje	5%		\$26.650,00
		Total	\$559.650,00

Fuente: Proveedores.

Elaborado por: Vélez Bajaña Andrea Carolina.

La inversión de los equipos que permitirán mantener la inercia del sistema, una vez que se rompe la restricción al aplicar la alternativa de solución “A”, ascienden a la cantidad de **\$559.650,00**.

De esta manera la capacidad instalada propuesta de la planta será la siguiente:

CUADRO No. 39**CAPACIDAD INSTALADA PROPUESTA CON 5TO PASO DEL TOC**

Área	Capacidad instalada diaria	Capacidad instalada diaria en baterías
Fundición (180.000 rejillas)	188.000 rejillas	(3.894,23 + 1.065,09 + 1.065,09) 6.024,41 baterías diarias
Empastado (288.000 placas)	288.000 placas	(6.230,77 + 1.704,14) 7.934,91 baterías diarias
Serigrafía (7.200,00 cajas)	7.200 cajas	7.200,00 baterías diarias
Montaje	6.140 baterías	6.140,00 baterías diarias
Carga	6.656 baterías	6.656,00 baterías diarias

Despacho	6.000 baterías	6.000,00 baterías diarias
----------	----------------	----------------------------------

Fuente: Departamento de Producción.

Elaborado por: Vélez Bajaña Andrea Carolina.

El cuadro indica que con la implementación de la alternativa de solución “A” y el aumento de la capacidad del área de fundición, se incrementará la capacidad de la producción a 6.000 baterías diarias, alcanzándose el objetivo de la investigación.

Por tanto, la propuesta aportará varias ventajas y beneficios a la planta de producción de baterías, entre las que se citan las siguientes:

- a) **Reducción de pérdidas por limitaciones de las líneas de montaje No. 1 No. 2.** Las cuales ascienden a la cantidad de **\$9.456.523,20**.
- b) **Aumento de la capacidad instalada y reducción de los cuellos de botella.** Con ello se cumple el paso 4 y 5 de la Teoría de Restricciones (TOC). Aumentando la capacidad de la planta de 3.120 baterías diarias a 6.000 baterías diarias. (ver **Anexo No. 10**)
- c) **Incremento de la productividad y competitividad.** En el instante de que se implemente la alternativa de solución considerada, la empresa no solo incrementará la capacidad de la planta, sino que elevará la producción y maximizará el nivel de satisfacción de los clientes, generando los siguientes porcentajes de eficiencia.

CUADRO No. 40

EFICIENCIA DE LA PRODUCCIÓN POR ÁREAS

Área	Capacidad inst. diaria	Eficiencia	Producción actual	Eficiencia
Fundición (180.000 rejillas)	6.024,41 bat. diarias	90,04%	4.761,00 bat.	79%

Empastado (288.000 placas)	7.934,91 bat. diarias	99,49%	4.761,00 bat.	60%
Serigrafía (7.200,00 cajas)	7.200 cajas	99,46%	4.761,00 bat.	66%
Montaje	6.140 bat.	84,78%	4.761,00 bat.	78%
Carga	6.656 bat.	99,70%	4.761,00 bat.	72%
Despacho	6.000 bat.	99,77%	4.761,00 bat	79%

Fuente: Departamento de Producción.

Elaborado por: Vélez Bajiña Andrea Carolina.

La eficiencia de la planta en las áreas de fundición, empastado, serigrafía, carga y despacho se incrementa a niveles del 60% hasta el 79%.

CAPÍTULO V

EVALUACIÓN ECONÓMICA Y ANÁLISIS FINANCIERO

5.1 Costos para la implementación de la alternativa propuesta

El análisis de costos para la implementación del TOC en la planta de producción de baterías de la empresa TECNOVA S. A., comprende la adquisición de una nueva línea de montaje, que tendrá que complementarse con el programa de mantenimiento, así como con la capacitación y motivación del personal operativo, además de los gastos de oficina propios de toda inversión.

Para el análisis de los costos que generará la implementación del TOC en la planta de producción de TECNOVA, con la propuesta de implementación de una línea de montaje, se clasificarán los mismos, en inversión fija inicial y costos de operación anuales.

5.1.1 Inversión fija

La inversión fija concierne a aquellos activos cuya vida útil es prolongada, como por ejemplo la adquisición de los equipos que conformarán la nueva línea de montaje y aquellas maquinarias que servirán para evitar la inercia (quinto paso del TOC) como son el crisol y las rejilladoras.

En el capítulo IV en el numeral 4.2., se puede apreciar los costos de cada uno de los equipos que conformarán la nueva línea de montaje de baterías y también los montos a invertir para la adquisición de las maquinarias rejilladora y el crisol, que tratarán de evitar la inercia en la planta.

En el siguiente cuadro se resumen los costos de la inversión inicial

requerida para la implementación de la propuesta:

CUADRO No. 41

INVERSIÓN INICIAL REQUERIDA

Detalle	Costo Total
Máquina soldadora de grupos	\$ 215.000,00
Máquina pegado térmico	\$ 205.000,00
Máquina soldadora de bornes	\$ 130.000,00
Máquina comprobadora de fuga	\$ 140.000,00
Máquina codificadora	\$ 12.000,00
Crisol	\$ 188.000,00
Máquina rejilladora	\$ 345.000,00
Hardware y Software detector de defectos	\$ 55.000,00
Repuestos y accesorios	\$ 103.200,00
Gastos de instalación y montaje (5% activos)	\$ 64.500,00
Total Inversión Fija	\$ 1.457.700,00

Fuente: Capítulo IV: Costos de alternativas.
Elaborado por: Vélez Bajaña Andrea Carolina.

El costo de los activos para la implementación de la propuesta ascenderá a la cantidad de **\$1.457.700,00**.

La vida útil estimada de estos equipos productivos es de 10 años, de acuerdo al proveedor correspondiente.

5.1.2 Costos de operación

Los costos de operación, se refieren a aquellas inversiones que se realizan en periodos menores a 1 año calendario. Entre estos rubros se mencionan los costos del programa de capacitación e incentivos para el personal operativo de la nueva línea de montaje, mantenimiento de activos, suministros de oficina, entre los más importantes.

En el siguiente cuadro se presenta el resumen de los costos de operación anuales:

CUADRO No. 42
COSTOS DE OPERACIÓN

Rubro	Costos
Capacitación del talento humano	\$26.400,00
Mantenimiento de activos (5% costo de activos)	\$64.500,00
Incentivos para el talento humano	\$79.264,81
Gastos de oficina	\$1.200,00
Total	\$171.364,81

Fuente: Capítulo IV: Análisis de alternativas.
Elaborado por: Vélez Bajaña Andrea Carolina.

De acuerdo a los resultados obtenidos, los costos de operación ascienden a la suma de **\$171.364,81**.

5.1.3 Inversión total

La suma de la inversión inicial requerida más los costos de operación, es la que da como resultado la inversión total, que ascenderá a la siguiente cantidad.

CUADRO No. 43
INVERSIÓN TOTAL

Rubro	Costos	%
Inversión Fija	\$ 1.457.700,00	89,48%
Capital de Operación	\$ 171.364,81	10,52%
Total	\$ 1.629.064,81	100,00%

Fuente: Capítulo IV: Análisis de alternativas.
Elaborado por: Vélez Bajaña Andrea Carolina.

El cuadro indica que la inversión total de la propuesta asciende al monto de **\$1.629.064,81**, de los cuales la inversión fija corresponde al 89,48%

(\$1.457.700,00) y los costos de operación el 10,52% (\$171.364,81), resultados con los que se calcularán los índices financieros. (Mora Zambrano, 2000)

5.2 Plan de inversión / financiamiento de la propuesta

La propuesta será financiada a través de un crédito por el 80% del monto de la inversión inicial, debido a que TECNOVA es una empresa que genera suficientes recursos para financiar esta propuesta, por ser una organización con fortaleza en el aspecto económico. La tasa de interés del préstamo será del 18% anual, pagadero a 3 años, con montos mensuales. (Universo, 2012)

CUADRO No. 44

DATOS DEL CRÉDITO FINANCIADO

Detalle	Costos
Monto de la Inversión fija inicial	\$ 1.457.700,00
Crédito Financiado (Cr): 80% Inversión inicial	\$ 1.166.160,00
Interés anual:	18%
Interés mensual (i):	1,50%
Número de pagos (n):	36

Fuente: Cuadro de inversión fija.

Elaborado por: Vélez Bajaña Andrea Carolina.

5.2.1 Amortización de la inversión / crédito financiado

Para amortizar el crédito financiado requerido para la implementación de la propuesta, se operará de la siguiente manera:

$$\text{Pago} = \frac{\text{Cr} \times I}{1 - (1 + I)^{-n}}$$

$$\text{Pago} = \frac{\$ 1.166.160,00 \times 1,50\%}{1 - (1 + 1,50\%)^{-36}}$$

$$\text{Pago} = \$42.159,48$$

Se utilizó ésta fórmula para calcular el pago mensual del crédito. (Mora Zambrano, 2000)

Cada pago mensual del crédito asciende a **\$42.159,48**. En el siguiente cuadro se puede apreciar la amortización del crédito financiado.

CUADRO No. 45
AMORTIZACIÓN DEL CRÉDITO FINANCIADO

Meses	n	Crédito	i	Pago	Deuda
dic-12	0	\$ 1.166.160,00	1,50%		Σ (C,i,Pago)
ene-13	1	\$ 1.166.160,00	\$ 17.492,40	(\$ 42.159,48)	\$ 1.141.492,92
feb-13	2	\$ 1.141.492,92	\$ 17.122,39	(\$ 42.159,48)	\$ 1.116.455,84
mar-13	3	\$ 1.116.455,84	\$ 16.746,84	(\$ 42.159,48)	\$ 1.091.043,20
abr-13	4	\$ 1.091.043,20	\$ 16.365,65	(\$ 42.159,48)	\$ 1.065.249,37
may-13	5	\$ 1.065.249,37	\$ 15.978,74	(\$ 42.159,48)	\$ 1.039.068,63
jun-13	6	\$ 1.039.068,63	\$ 15.586,03	(\$ 42.159,48)	\$ 1.012.495,18
jul-13	7	\$ 1.012.495,18	\$ 15.187,43	(\$ 42.159,48)	\$ 985.523,13
ago-13	8	\$ 985.523,13	\$ 14.782,85	(\$ 42.159,48)	\$ 958.146,50
sep-13	9	\$ 958.146,50	\$ 14.372,20	(\$ 42.159,48)	\$ 930.359,22
oct-13	10	\$ 930.359,22	\$ 13.955,39	(\$ 42.159,48)	\$ 902.155,13
nov-13	11	\$ 902.155,13	\$ 13.532,33	(\$ 42.159,48)	\$ 873.527,98
dic-13	12	\$ 873.527,98	\$ 13.102,92	(\$ 42.159,48)	\$ 844.471,43
ene-14	13	\$ 844.471,43	\$ 12.667,07	(\$ 42.159,48)	\$ 814.979,02
feb-14	14	\$ 814.979,02	\$ 12.224,69	(\$ 42.159,48)	\$ 785.044,23
mar-14	15	\$ 785.044,23	\$ 11.775,66	(\$ 42.159,48)	\$ 754.660,41
abr-14	16	\$ 754.660,41	\$ 11.319,91	(\$ 42.159,48)	\$ 723.820,84
may-14	17	\$ 723.820,84	\$ 10.857,31	(\$ 42.159,48)	\$ 692.518,68
jun-14	18	\$ 692.518,68	\$ 10.387,78	(\$ 42.159,48)	\$ 660.746,98
jul-14	19	\$ 660.746,98	\$ 9.911,20	(\$ 42.159,48)	\$ 628.498,71
ago-14	20	\$ 628.498,71	\$ 9.427,48	(\$ 42.159,48)	\$ 595.766,71
sep-14	21	\$ 595.766,71	\$ 8.936,50	(\$ 42.159,48)	\$ 562.543,73
oct-14	22	\$ 562.543,73	\$ 8.438,16	(\$ 42.159,48)	\$ 528.822,41
nov-14	23	\$ 528.822,41	\$ 7.932,34	(\$ 42.159,48)	\$ 494.595,27
dic-14	24	\$ 494.595,27	\$ 7.418,93	(\$ 42.159,48)	\$ 459.854,72
ene-15	25	\$ 459.854,72	\$ 6.897,82	(\$ 42.159,48)	\$ 424.593,06
feb-15	26	\$ 424.593,06	\$ 6.368,90	(\$ 42.159,48)	\$ 388.802,48
mar-15	27	\$ 388.802,48	\$ 5.832,04	(\$ 42.159,48)	\$ 352.475,04
abr-15	28	\$ 352.475,04	\$ 5.287,13	(\$ 42.159,48)	\$ 315.602,69
may-15	29	\$ 315.602,69	\$ 4.734,04	(\$ 42.159,48)	\$ 278.177,25
jun-15	30	\$ 278.177,25	\$ 4.172,66	(\$ 42.159,48)	\$ 240.190,43
jul-15	31	\$ 240.190,43	\$ 3.602,86	(\$ 42.159,48)	\$ 201.633,81
ago-15	32	\$ 201.633,81	\$ 3.024,51	(\$ 42.159,48)	\$ 162.498,84
sep-15	33	\$ 162.498,84	\$ 2.437,48	(\$ 42.159,48)	\$ 122.776,85
oct-15	34	\$ 122.776,85	\$ 1.841,65	(\$ 42.159,48)	\$ 82.459,02
nov-15	35	\$ 82.459,02	\$ 1.236,89	(\$ 42.159,48)	\$ 41.536,43
dic-15	36	\$ 41.536,43	\$ 623,05	(\$ 42.159,48)	(\$ 0,00)
	Total		\$ 351.581,19	(\$ 1.517.741,19)	

Fuente: Inversión fija y datos del préstamo.
Elaborado por: Vélez Bajaña Andrea Carolina.

En resumen los costos del crédito financiero en cada periodo anual ascienden al siguiente monto:

CUADRO No. 46

COSTOS FINANCIEROS

Descripción	2013	2014	20135	Total
Costos financieros	\$ 184.225,16	\$ 121.297,03	\$ 46.059,01	\$ 351.581,19

Fuente: Amortización del crédito financiado.
Elaborado por: Vélez Bajaña Andrea Carolina.

En el primer año de implementación de la propuesta, la empresa tendrá que pagar a la entidad financiera \$184.225,16 por intereses del crédito financiado.

5.2.2 Balance económico y flujo de caja

El balance económico de flujo de caja, es la relación entre los ingresos y los costos de la propuesta, que sirva para determinar los beneficios que generará.

CUADRO No. 47

BALANCE ECONÓMICO DE FLUJO DE CAJA

Descripción	Periodos					
	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Ahorro de pérdidas		\$ 1.585.296,12	\$ 1.648.707,96	\$ 1.714.656,28	\$ 1.783.242,53	\$ 1.854.572,24
Inversión Fija Inicial	(\$ 1.457.700,00)					
Costos de Operación						
Capacitación técnica		\$ 26.400,00	\$ 26.400,00	\$ 26.400,00	\$ 26.400,00	\$ 26.400,00
Mantenimiento		\$ 64.500,00	\$ 64.500,00	\$ 64.500,00	\$ 64.500,00	\$ 64.500,00
Incentivos		\$ 79.264,81	\$ 79.264,81	\$ 79.264,81	\$ 79.264,81	\$ 79.264,81
Suministros de oficina		\$ 1.200,00	\$ 1.200,00	\$ 1.200,00	\$ 1.200,00	\$ 1.200,00
Gastos por intereses		\$ 184.225,16	\$ 121.297,03	\$ 46.059,01		
Costo operación anual		\$ 355.589,96	\$ 292.661,83	\$ 217.423,82	\$ 171.364,81	\$ 171.364,81
Flujo de caja	(\$ 1.457.700,00)	\$ 1.229.706,16	\$ 1.356.046,13	\$ 1.497.232,47	\$ 1.611.877,73	\$ 1.683.207,43
TIR	88,39%					
VAN	\$ 4.494.411,06					

Fuente: Inversión fija y costos de operación.
Elaborado por: Vélez Bajaña Andrea Carolina.

De acuerdo al balance económico de la propuesta, en el primer año se obtendrá un flujo de caja igual a **\$1.229.706,16**, en el segundo año esta cifra ascenderá a la cantidad de **\$1.356.046,47**, mientras que en el tercer año sumará la cifra de **\$1.497.232,47**.

5.3 Índices financieros que sustentan la inversión

Los indicadores financieros que sustentan la inversión se refieren a:

- Tasa Interna de Retorno de la inversión TIR.
- Valor Actual Neto VAN.
- Tiempo de recuperación de la inversión.

En los siguientes sub – ítem se hará referencia a estos indicadores financieros – económicos.

5.3.1 Tasa Interna de Retorno

Para calcular la Inversión Inicial se debe utilizar la siguiente ecuación financiera.

$$P = \frac{F}{(1 + i)^n}$$

Donde:

- P = inversión inicial.
- F = Flujos de caja futuros.
- i = Tasa interna de retorno a calcular.
- n = Número de periodos anuales.

Se utilizó ésta fórmula para calcular la inversión fija para conocer la cantidad de dinero necesaria en la inversión. (López Dumrauf, 2006)

Donde P es el valor presente de la inversión fija, F es el valor futuro a obtener que son los flujos de caja, i es la Tasa Interna de Retorno (TIR) y n es el número de periodos anuales considerados en el cálculo, que para este caso es de 5 años.

En el siguiente cuadro se presentan los valores de la inversión inicial P y los flujos de caja F , para la obtención de la Tasa Interna de Retorno TIR, en los periodos de vida útil de la propuesta.

CUADRO No. 48

DETERMINACIÓN DE LA TASA INTERNA DE RETORNO TIR

Año	P	F	Ecuación	i_1	P_1	i_2	P_2
2012	\$ 1.457.700,00						
2013		\$ 1.229.706,16	$P=F/(1+i)^n$	88,00%	\$ 654.099,02	89,00%	\$ 650.638,18
2014		\$ 1.356.046,13	$P=F/(1+i)^n$	88,00%	\$ 383.670,82	89,00%	\$ 379.621,55
2015		\$ 1.497.232,47	$P=F/(1+i)^n$	88,00%	\$ 225.328,27	89,00%	\$ 221.770,52
2016		\$ 1.611.877,73	$P=F/(1+i)^n$	88,00%	\$ 129.032,97	89,00%	\$ 126.323,71
2017		\$ 1.683.207,43	$P=F/(1+i)^n$	88,00%	\$ 71.671,81	89,00%	\$ 69.795,69
Total				VAN_1	\$ 1.463.802,89	VAN_2	\$ 1.448.149,66

Fuente: Balance económico de flujo de caja.
Elaborado por: Vélez Bajaña Andrea Carolina.

En el cuadro se puede apreciar que con la Tasa Interna de Retorno del 88% se obtiene el VAN_1 igual a **\$1.463.802,89**, mientras que con la Tasa Interna de Retorno del 89% el VAN_2 es igual a **\$1.448.149,66** es decir, que ninguno de los dos iguala el valor de la inversión inicial P que es igual a **\$1.457.700,00**. Para determinar el valor de la Tasa Interna de Retorno (TIR) que haga que P sea igual a la inversión inicial **\$1.457.700,00**, se debe resolver la siguiente ecuación:

$$\text{T.I.R.} = i_1 + (i_2 - i_1) \left[\frac{\text{VAN}_1}{\text{VAN}_1 - \text{VAN}_2} \right]$$

- $\text{VAN}_1 = P_1 - P$
- $\text{VAN}_1 = \$1.463.802,00 - \$1.457.700,00 = \$6.102,89$
- $\text{VAN}_2 = P_2 - P$
- $\text{VAN}_2 = \$1.448.149,66 - \$1.463.802,00 = -\$9.550,34$

$$\text{T.I.R.} = 88\% + (89\% - 88\%) \left[\frac{\$6.102,89}{\$6.102,89,00 - (-\$9.550,34)} \right]$$

$$\text{T.I.R.} = 88\% + 1\% \frac{\$6.102,89}{\$15.653,24}$$

- $\text{TIR} = 88\% + (1\%) (0,39)$
- **$\text{TIR} = 88,39\%$**

Se utilizó ésta fórmula para conocer la Tasa Interna de Retorno para la toma de decisiones de inversión utilizada para conocer la factibilidad de diferentes opciones de inversión. (López Dumrauf, 2006)

Luego la Tasa Interna de Retorno conocida también con las siglas TIR es igual a **88,39%**, lo que refuerza la factibilidad del proyecto, debido a que es superior al costo del capital que tiene una tasa de descuento del 18,00%.

5.3.2 Valor Actual Neto

Se ha calculado el Valor Actual Neto, a una tasa de interés del 18% anual, utilizando el cuadro del Tiempo de Recuperación de la Inversión para la obtención del VAN.

Para determinar el Valor Actual Neto (VAN) se ha procedido a aplicar la siguiente ecuación:

$$P = \frac{F}{(1+i)^n}$$

Donde:

- P = VAN.
- F = Flujos de caja futuros.
- i = Tasa de descuento.
- n = Número de periodos anuales.

Se utilizó ésta fórmula para calcular el Valor Anual Neto para calcular el valor presente de un determinado número de flujos de caja futuros, originados por una inversión. (López Dumrauf, 2006)

Donde P es el Valor Actual Neto (VAN), F son los valores futuros a obtener que son los flujos de caja, i es la tasa de descuento y n es el número de periodos anuales considerados en el cálculo, que para este caso es de 5 años. El Valor Actual Neto se obtiene con el siguiente cuadro:

CUADRO No. 49

CÁLCULO DEL VALOR ACTUAL NETO

Años	n	P	F	i	Ecuación	P (VAN)
2012	0	\$ 1.457.700,00				
2013	1		\$ 1.229.706,16	18,00%	$P=F/(1+i)^n$	\$ 1.042.123,86
2014	2		\$ 1.356.046,13	18,00%	$P=F/(1+i)^n$	\$ 973.891,22
2015	3		\$ 1.497.232,47	18,00%	$P=F/(1+i)^n$	\$ 911.261,90
2016	4		\$ 1.611.877,73	18,00%	$P=F/(1+i)^n$	\$ 831.388,60
2017	5		\$ 1.683.207,43	18,00%	$P=F/(1+i)^n$	\$ 735.745,48
					VAN	\$ 4.494.411,06

Fuente: Balance económico de flujo de caja de la propuesta.
Elaborado por: Vélez Bajaña Andrea Carolina.

Luego el beneficio que genera la propuesta, después de recuperada la inversión asciende a **\$4.494.411,06**, que representa al Valor Actual Neto (VAN).

5.3.3 Tiempo de recuperación de la inversión

Para conocer el tiempo en que se recuperará la inversión se ha utilizado la misma fórmula empleada en el cálculo del TIR y del VAN, es decir:

$$P = \frac{F}{(1+i)^n}$$

Donde:

- P = VAN.
- F = Flujos de caja futuros.
- i = Tasa de descuento.
- n = Número de periodos anuales.

Se utilizó ésta fórmula para calcular el tiempo de recuperación de la inversión. (López Dumrauf, 2006)

Donde P es el Valor Actual Neto (VAN), F son los valores futuros a obtener que son los flujos de caja, i es la tasa de descuento y n es el número de periodos anuales considerados en el cálculo, que para este caso es de 5 años. El Valor Actual Neto se obtiene con la siguiente ecuación:

CUADRO No. 50

CÁLCULO DEL TIEMPO DE RECUPERACIÓN DE LA INVERSIÓN

Años	n	P	F	i	Ecuación	P (VAN)	P
2012	0	\$ 1.457.700,00					acumulados
2013	1		\$ 1.229.706,16	18,00%	$P=F/(1+i)^n$	\$ 1.042.123,86	\$ 1.042.123,86
2014	2		\$ 1.356.046,13	18,00%	$P=F/(1+i)^n$	\$ 973.891,22	\$ 2.016.015,08
2015	3		\$ 1.497.232,47	18,00%	$P=F/(1+i)^n$	\$ 911.261,90	\$ 2.927.276,98
2016	4		\$ 1.611.877,73	18,00%	$P=F/(1+i)^n$	\$ 831.388,60	\$ 3.758.665,58
2017	5		\$ 1.683.207,43	18,00%	$P=F/(1+i)^n$	\$ 735.745,48	\$ 4.494.411,06

Fuente: Balance económico de flujo de caja de la propuesta.
Elaborado por: Vélez Bajaña Andrea Carolina.

En el anterior cuadro se presenta el cálculo del tiempo de recuperación de la inversión.

En el segundo año el valor de P acumulado (**\$2.016.015,08**), que representa la recuperación de la inversión, ha superado el monto de la inversión inicial de **\$1.457.700,00**, por este motivo, se debe obtener el periodo de recuperación de la inversión en periodos mensuales para determinar en qué mes del segundo año serán recuperados los costos de los activos fijos a adquirir.

- Valor de P del segundo año = \$973.891,22

$$\text{Valor de P mensual del segundo año} = \frac{\$973.891,22}{12}$$

- Valor de P mensual del segundo año = \$81.157,60

La diferencia entre el valor de la inversión inicial y el flujo acumulado del primer año es el siguiente:

✓ Diferencia entre el valor de la inversión inicial y el valor P del primer año = \$ 1.457.700,00 - \$ 1.042.123,86

✓ Diferencia entre el valor de la inversión inicial y el valor P del primer año = \$415.576,14

$$\text{Periodo de Recuperación de la inversión} = \frac{\$415.576,14}{\$81.157,60}$$

Periodo de recuperación de la inversión = 5,12 = 5 meses del segundo año

Luego, la inversión será recuperada en el periodo de 1 año y 5 meses, es decir 17 meses.

Debido a que los activos fijos que se requieren para la implementación de la propuesta tienen una vida útil de 10 años, entonces la inversión tiene factibilidad, que ha sido demostrada con los indicadores TIR, VAN y recuperación de capital.

5.3.4 Resumen de criterios financieros

Los resultados de la evaluación económica son los siguientes:

- a) La inversión se recupera en el periodo de **1 año y cinco meses**, por tanto, la inversión es factible desde el punto de vista económico, puesto que la vida útil de la propuesta es de 10 años.
- b) La Tasa de Retorno de la Inversión TIR es igual a **88,39%** que es superior al 18% de la tasa de descuento con que se compara la inversión, es decir, que la propuesta es factible.
- c) El Valor Actual Neto VAN asciende al monto de **\$4.494.411,06** que es superior a la inversión inicial de la propuesta, demostrando su sustentabilidad.

5.4 Análisis beneficio / costo de la propuesta

La ecuación para determinar la relación Beneficio / Costo es la siguiente:

$$\text{Coeficiente Beneficio / Costo} = \frac{\text{Beneficio (VAN)}}{\text{Costo (inversión fija)}}$$

El beneficio de la propuesta se refiere al Valor Actual Neto (VAN) que se aspira a obtener cuyo monto acumula la cantidad de **\$4.494.411,06** durante los 10 años de vida útil de la propuesta, de acuerdo al balance de flujo de caja.

El costo de la propuesta está dado por el valor de la inversión fija que suma **\$1.457.700,00**. Posterior a ello se aplica la ecuación financiera correspondiente:

$$\text{Coeficiente Beneficio / Costo} = \frac{\$4.494.411,06}{\$1.457.700,00}$$

$$\text{Coeficiente Beneficio / Costo} = 3,08$$

El coeficiente Beneficio / Costo indica que por cada dólar que se va a invertir, la empresa ahorrará \$3,08 es decir, \$2,08 de beneficios, en el largo plazo de tiempo, lo que indica la factibilidad de la inversión.

CAPÍTULO VI

PROGRAMACIÓN PARA PUESTA EN MARCHA

6.1 Planificación y cronograma de implementación

Dentro de la presente propuesta se incluyen varias actividades, previas a la implementación de la línea de montaje y aplicación del TOC en la planta de producción de TECNOVA, las cuales son las siguientes:

- Solicitud dirigida a la institución financiera que permitirá adquirir un crédito financiado, pagadero a 3 años plazos, en periodos mensuales, el cual genera los correspondientes intereses, a una tasa de interés del 18% anual y 1,50% mensual. (Universo, 2012)
- Adquisición de activos fijos. En referencia a la línea de montaje No. 3, que será importada y pasará por un proceso de selección de alternativas, para escoger aquella que presente mayores beneficios en capacidad y en costos para la empresa.
- Programa de incentivos para el recurso humano. La motivación del recurso humano es la clave para el buen desempeño de las operaciones de ensamblaje de baterías en la línea de montaje, que es la que presenta la restricción en la planta de producción.
- Programa de capacitación. Debido a que la motivación debe ir acompañada de una capacitación eficaz en el aspecto motivacional y de recursos humanos, para propender a fomentar la calidad y competitividad.

Dichas actividades deben ser programadas convenientemente, con los

recursos adecuados para que la propuesta tenga un desempeño óptimo al momento de implementarse.

Para la elaboración del cronograma de implementación se ha utilizado el programa Microsoft Project, que contiene herramientas prácticas que son de gran utilidad en la estructuración de Diagramas de Gantt, este a su vez es una herramienta útil en la planificación y administración de proyectos.

En el **anexo No. 11**, se presenta el cronograma de implementación de la propuesta. Mientras que en los siguientes ítems se resumen las actividades de la programación y puesta en marcha:

- La propuesta tardará un tiempo de 49 días hasta que se lleve a cabo el inicio de la puesta en marcha, debido a que la adquisición de los equipos que conformarán la línea de montaje, tardarán 42 días hasta estar instalados, porque solo su transporte requiere como mínimo 30 días, si no se presentan problemas de desaduanización, dado que es un equipo importado.
- Los recursos para la implementación de la propuesta, incluyen los recursos humanos, los equipos y maquinarias, recursos materiales y gastos de oficina.
- La propuesta requerirá de un presupuesto global de **\$1.987.050,53** que incluyen los costos financieros que genera el préstamo que deberá ser cancelado en el plazo de 3 años, en 36 pagos mensuales.

CAPÍTULO VII

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1 Conclusiones

Se estima que la empresa obtiene pérdidas diarias por la suma de \$50.810,77, es decir, que deja de percibir utilidades por \$9.456.523,20, debido a las restricciones de la capacidad de las líneas de montaje No. 1 y No.2, que representa el 9,46% del monto general de ventas de la empresa, que en el año 2011, fue de \$100.000.000,00.

Con la aplicación de la metodología de las Teoría de las Restricciones, se ha podido identificar las limitaciones o restricciones del sistema productivo para lo cual se ha utilizado herramientas de ingeniería, como los diagramas de flujo procesos, distribución de planta, diagrama de recorrido de planta, diagrama de bloques, diagrama de Ishikawa y de Pareto.

El principal problema detectado en la empresa corresponde a las limitaciones de la capacidad de producción en las líneas de montaje de donde se genera un cuello de botella, se ha sugerido la adquisición de una línea de montaje No. 3 para la manufactura de baterías grandes y pequeñas, como alternativa de solución con el propósito de aumentar la capacidad de la planta y enfrentar el problema de las restricciones de la producción; de esta manera se incrementará el volumen desde 3120 a 6000 baterías, aumentando también la eficiencia de los procesos previos y posteriores al montaje, desde 54% hasta 78%, teniendo la compañía mayores ítems disponibles para la venta, lo que impactará en un crecimiento de la compañía en el mercado, con la expectativa de que pueda ser más competitiva.

La inversión total de la propuesta asciende al monto de \$ **1.629.064,81**, de los cuales la inversión fija corresponde al 89,48% (\$ 1.457.700,00) y los costos de operación el 10,52% (\$171.364,81).

La inversión fija inicial tiene una vida útil de 10 años, pero se recupera en el periodo de 1 año y 5 meses, con una Tasa Interna de Retorno (TIR) igual a 88,39% que es superior al 18% de la tasa de descuento con que se compara la inversión, resultando un Valor Actual Neto (VAN) de \$4.494.411,06 que es mayor a la inversión inicial de \$1.457.700,00, evidenciándose la factibilidad técnica y económica de la propuesta de implementación de la línea de montaje.

7.2 Recomendaciones

Se emiten las siguientes recomendaciones para la empresa:

- a) Aplicar este proyecto basado en TOC el cual permitirá mejorar la productividad y competitividad de la compañía aprovechando la evolución tecnológica para incluir ventajas competitivas en los sistemas productivos y enfrentar eficientemente los cuellos de botella para así no permitir la inercia del sistema productivo; por tanto, se debe sustentar los principios del mejoramiento continuo.
- b) Se recomienda tomar las normas de seguridad vigentes establecidas por los entes reguladores para que la salud, seguridad y ambiente en el puesto de trabajo sea el indicado para su desempeño laboral.
- c) Mejorar la cobertura del mercado con base en herramientas del Marketing y de e – commerce (comercio electrónico).
- d) Preparar adecuadamente al talento humano, manteniendo políticas de capacitación y motivación que le permitan ejecutar sus actividades en un marco de convivencia armónica y satisfacción laboral.

GLOSARIO

Activación. – En la administración de restricciones, se refiere al uso de recursos no restrictivos, para hacer partes o productos a un nivel superior al necesario en el sostenimiento de las restricciones del sistema. El resultado es un exceso de inventario de trabajo en proceso (WIP*), de inventarios, productos terminados o de ambos. En contraste, el término utilización se emplea para describir aquella situación en la que se sincroniza el uso de recursos no restrictivos para apoyar las necesidades de la restricción.

Administración de Amortiguadores. – En la teoría de las restricciones se refiere al proceso mediante el cual, todo lo que se expide dentro de la planta depende de lo que debe de estar en los amortiguadores. Al expedir este material hacia los amortiguadores, el sistema evita que se desperdicie tiempo en la restricción, esto evitaría que no se cumplan las fechas de entrega al cliente. Además, se pueden identificar las causas de los faltantes de artículos en el amortiguador, así como la frecuencia con la que ocurren, para darle prioridad a las actividades de mejora.

Amortiguador. – Es un amortiguador de impactos basado en el tiempo, que protege al *throughput* (ingreso de dinero a través de las ventas) de las interrupciones del día a día (generalmente atribuidas al famoso Sr. Murphi) y asegura que el tambor nunca se quede sin material.

Árbol de Prerrequisitos (PRT). – Herramienta basada en la lógica que sirve para determinar los obstáculos que bloquean la solución de un problema o la ejecución de una idea. Una vez identificados los obstáculos, se pueden determinar los objetivos para vencerlo.

Árbol de Realidad Actual. – Es una herramienta basada en la lógica, que utiliza relaciones de causa y efecto para identificar los “Problemas Raíz” que originan los efectos indeseables observados en el sistema. Los Efectos Indeseables (EFI), son la consecuencia de una causa, las causas a su vez de otras causas. Convergiendo hacia el real problema que llamaremos Problema Raíz. Al solucionar el problema raíz, deben desaparecer las causas de los Efectos Indeseables.

Árbol de Realidad Futura. – Es una herramienta basada en la lógica que sirve para construir y probar soluciones potenciales antes de implementarlas. Cumple dos objetivos: 1) Desarrollar, expandir y completar la solución, 2) identificar y resolver problemas o prevenir otros nuevos que se originen al implementar la solución.

Árbol de Transición. – Es una herramienta basada en la lógica que sirve para identificar y secuenciar las acciones que se requieren para cumplir un objetivo. Las transiciones representan los estados o las etapas involucradas entre la situación actual hacia el objetivo deseado.

E-commerce. – El **comercio electrónico**, también conocido como **e-commerce** (electronic commerce en inglés), consiste en la compra y venta de productos o de servicios a través de medios electrónicos, tales como [Internet](#) y otras [redes informáticas](#). Originalmente el término se aplicaba a la realización de transacciones mediante medios electrónicos tales como el [Intercambio electrónico de datos](#) y servicios a través de Internet, usando como forma de pago medios electrónicos, tales como las [tarjetas de crédito](#).

Inventario. – Un inventario es una provisión de materiales que tiene por objeto facilitar la producción o satisfacer la demanda de los clientes. Por lo general los inventarios incluyen materia prima, productos en proceso y productos terminados. Los inventarios de materia prima esperan para entrar en el proceso productivo, los inventarios de productos en proceso se encuentran en alguna fase

intermedia de transformación y los inventarios de productos terminados se encuentran ya completamente transformados por el sistema de producción.

Medidas de Desempeño de TOC. – El throughput, el inventario y los gastos de operación se consideran medidas de desempeño que ligan las decisiones operacionales con la ganancia de la organización.

Programa Tambor. – Se refiere a la secuencia de trabajo basado en el único sistema de prioridades de la planta (en el código de colores), el cual, permite el enfoque de los recursos en la producción de los ítems que se deben reponer o entregar en el corto plazo, de tal manera que sea posible asegurar la disponibilidad o la entrega a tiempo.

Punto de Control. – Dentro de la estructura lógica del producto (o familia de productos), son lugares estratégicos los cuales pueden convertirse en recursos críticos para el proceso, debido a que de vez en cuando, pueden sobrecargarse significativamente (>75%). Para poder asegurar el control sobre el flujo del proceso es necesario monitorear la carga en función del tiempo que registran estos recursos críticos. Los demás recursos que no son punto de control, deben operar de acuerdo a la ética del correccaminos: “Si hay trabajo se procesa tan rápido como sea posible, de lo contrario deben esperar”.

Tambor – Amortiguador – Cuerda (DBR). – Es una metodología de planeamiento, control y ejecución en el piso de planta. Es una programación que permite mantener el control de la velocidad y flujo de producción, reposición o entregas en el mercado en un corto plazo.

Tasa Interna de Retorno (TIR). – La tasa interna de retorno equivale a la tasa de interés de un proyecto de inversión con pagos (valores negativos) e ingresos (valores positivos) que ocurren en períodos regulares. Como su nombre lo indica es un porcentaje que representa el crecimiento del dinero en el futuro, medido a través del interés que podría generar.

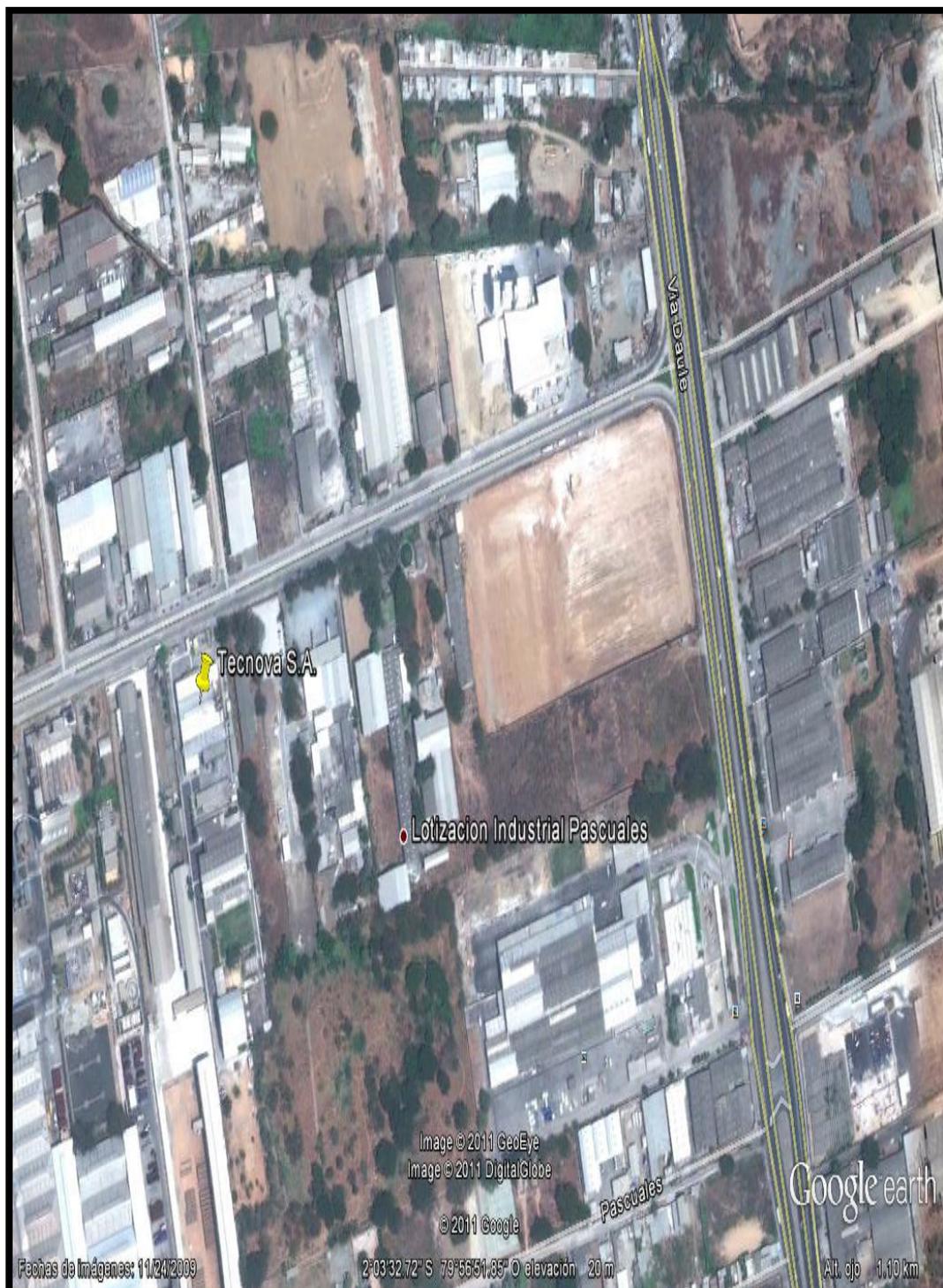
Teoría de las limitaciones o teoría de las restricciones. – Es un conjunto de procesos de pensamiento que utiliza la lógica de la causa y efecto para entender lo que sucede y así encontrar maneras de mejorar. Está basada en el simple hecho de que los procesos multitarea, de cualquier ámbito, solo se mueven a la velocidad del paso más lento. La manera de acelerar el proceso es utilizar un catalizador en el paso más lento y lograr que trabaje hasta el límite de su capacidad para acelerar el proceso completo.

Throughput. – Velocidad con la que el sistema genera dinero a través de las ventas.

Valor Actual Neto (VAN). – Es un método de análisis muy utilizado en economía para la valoración de las inversiones en activos fijos, y valorar como positivos o negativos, aquellos proyectos de inversión que tenga una empresa o un particular. El VAN nos permite calcular aquellos rendimientos futuros, esto es, los beneficios que nos proporcionará la inversión en un periodo de tiempo determinado, descontando a estos rendimientos la inversión inicial (I_0). Una vez calculado el VAN, contaríamos con la información necesaria para valorar si la inversión es viable o no.

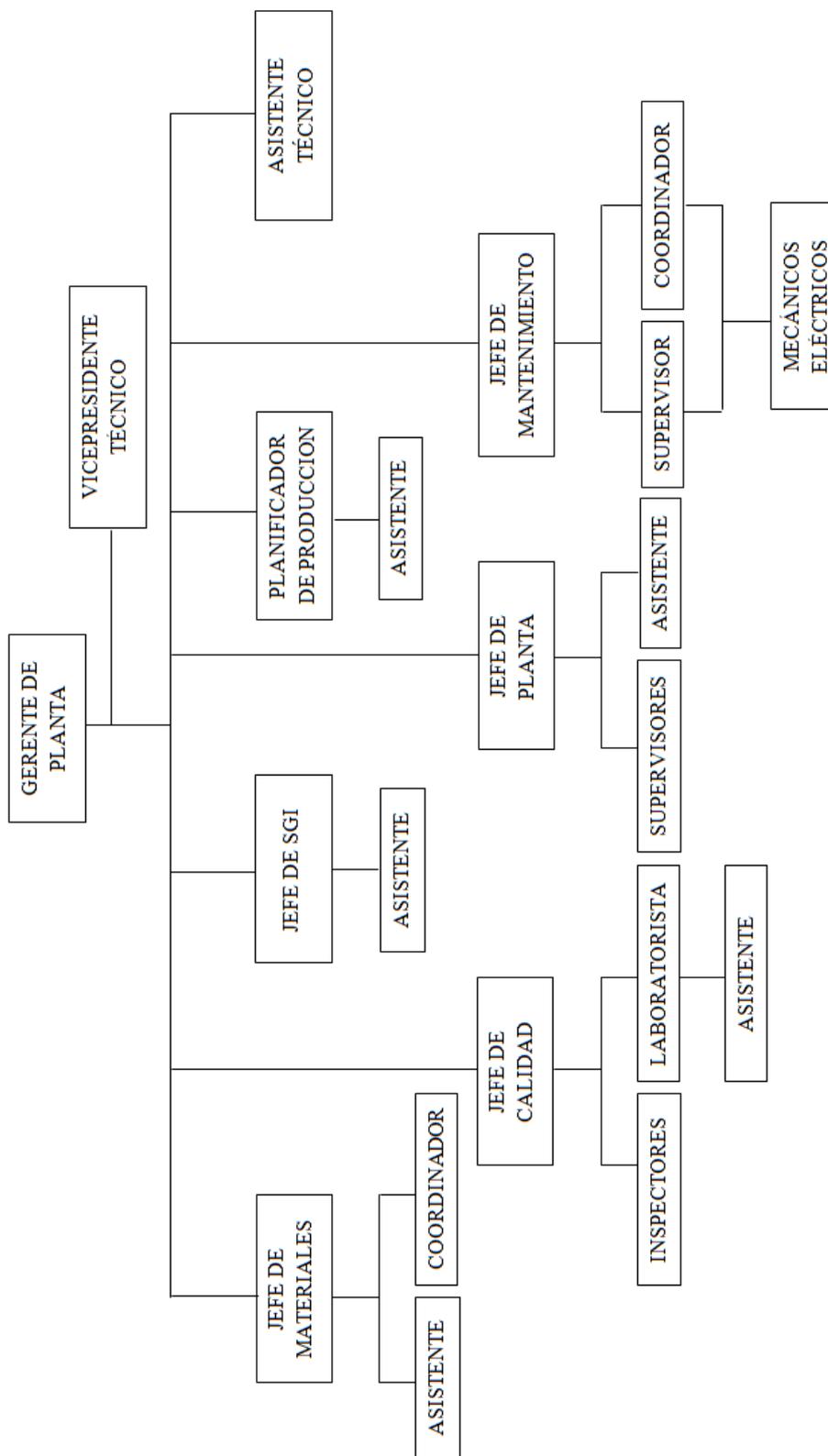
ANEXOS

ANEXO No. 1 LOCALIZACIÓN DE LA EMPRESA



Elaborado por: Andrea Vélez
Fuente: googlemaps

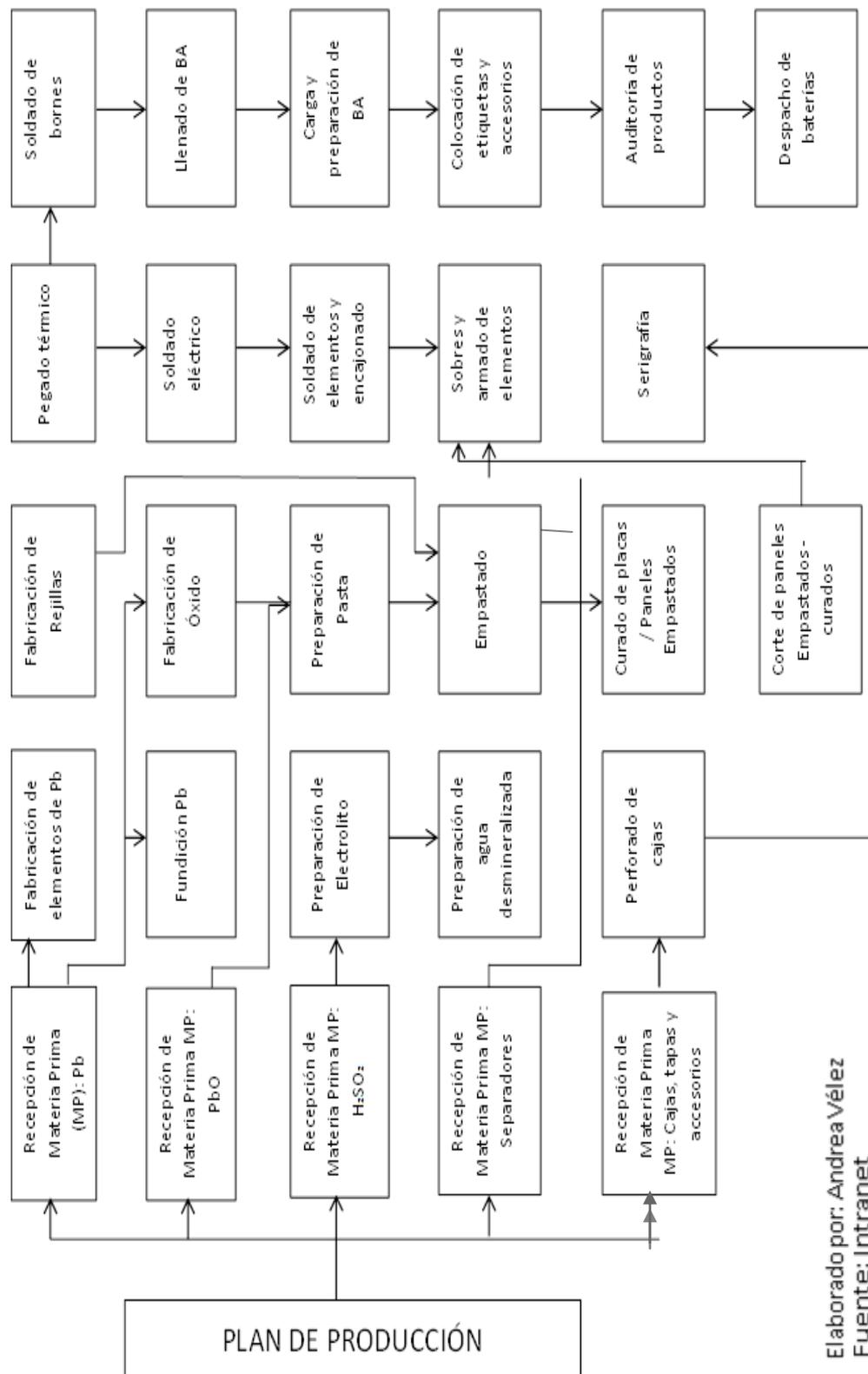
ANEXO No. 2 ORGANIGRAMA DE LA EMPRESA



Elaborado por: Andrea Vélez
Fuente: Intranet

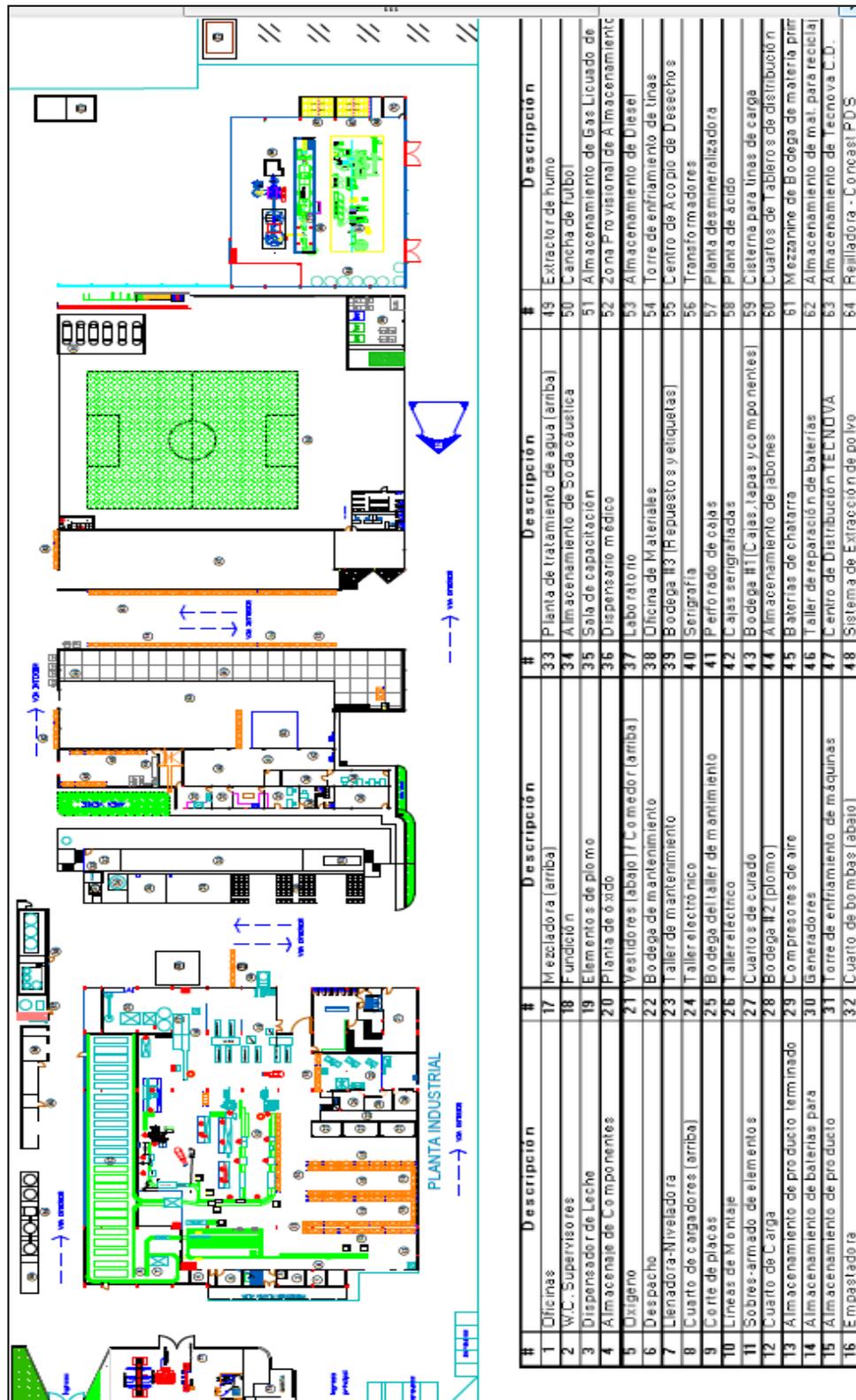
ANEXO No. 3

DIAGRAMA DE BLOQUES DE PROCESOS



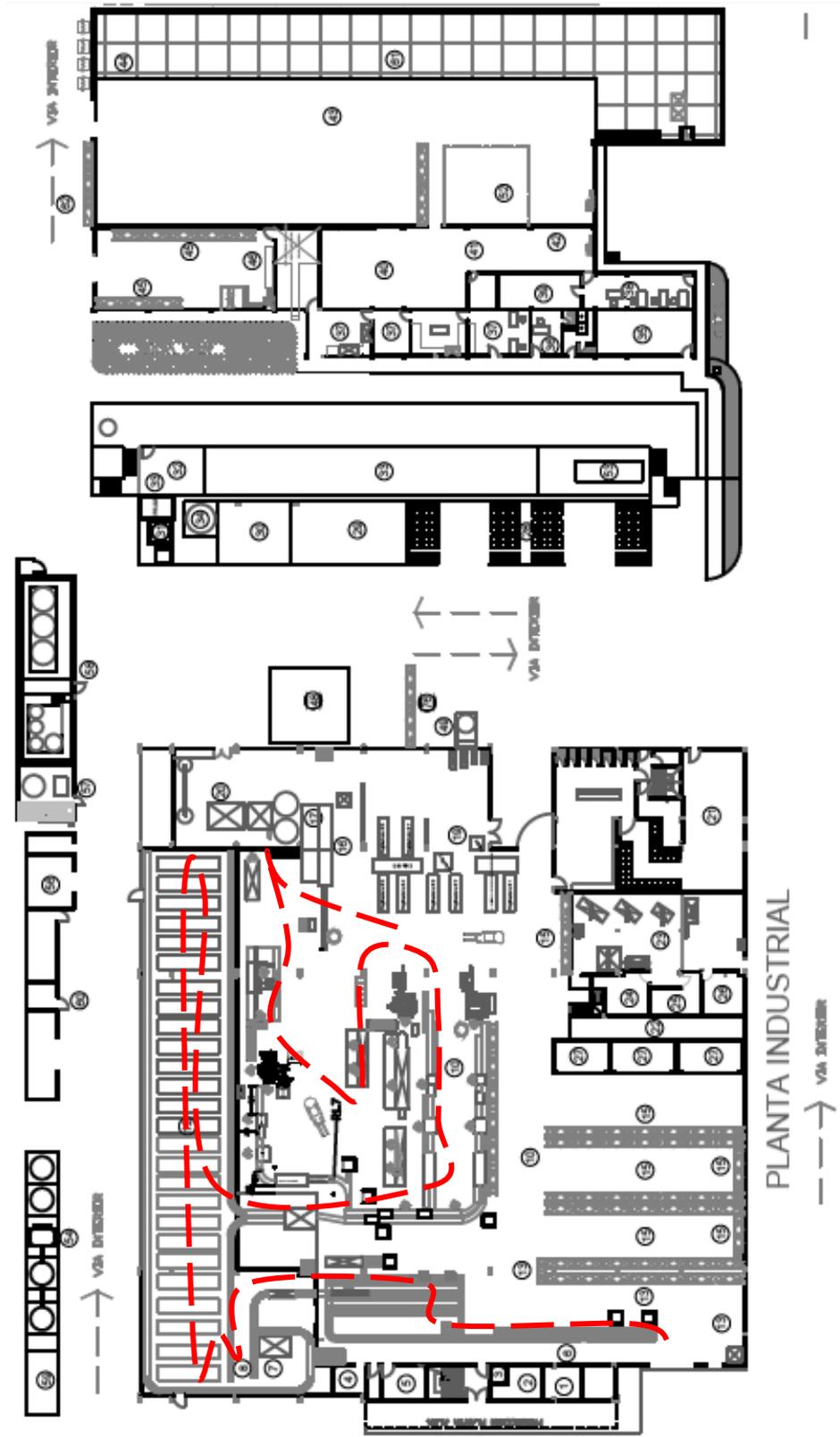
Elaborado por: Andrea Vélez
Fuente: Intranet

ANEXO No. 4 DISTRIBUCIÓN DE PLANTA



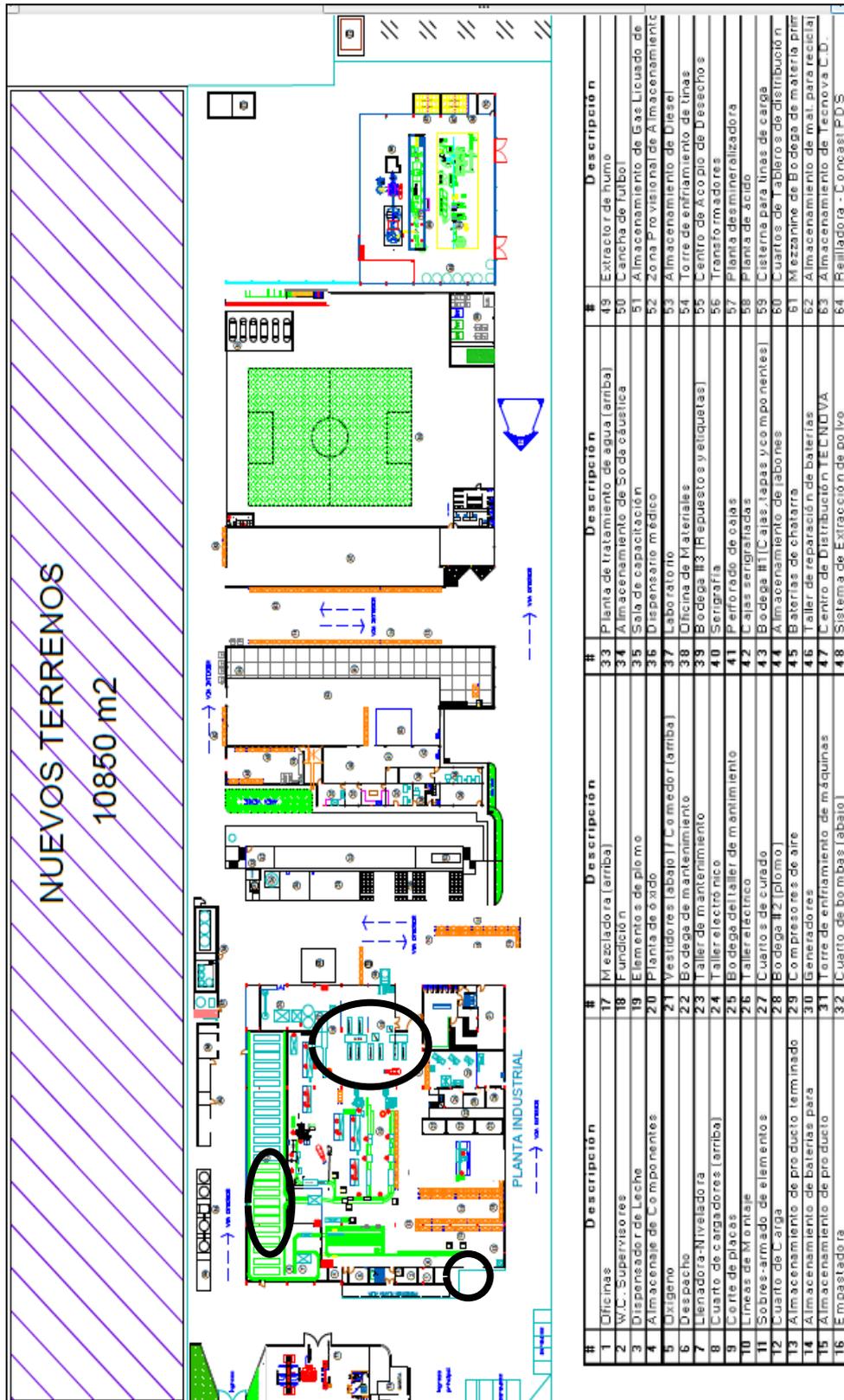
Elaborado por: Andrea Vélez
Fuente: Intranet

ANEXO No. 5 DIAGRAMA DE RECORRIDO DE PLANTA



Elaborado por: Andrea Vélez
Fuente: Intranet

ANEXO No. 6 DISTRIBUCIÓN PROPUESTA DE PLANTA



Elaborado por: Andrea Vélez
Fuente: Intranet

ANEXO No. 7

DIAGRAMA ACTUAL DE ANÁLISIS DE LAS OPERACIONES DEL PROCESO “SECCIÓN FUNDICIÓN”

DIAGRAMA DE ANÁLISIS DE LAS OPERACIONES		DOCUMENTO		ACTUAL - PROPUESTO																		
OBRO	PIEZA	HECHO POR:	RECURSO HUMANO:	RESUMEN POR	UNIDAD DE PRODUCCIÓN	INDICACIONES CUANTITATIVAS	DESCRIPCIÓN DE ELEMENTOS	QUE-DONDE-CUANDO-QUIEN-COMO	OPERACION	TRANSPORTE	CONTROL	DEMORA	ALMACENA	DISTANCIA EN m.	NUMERO DE OBREROS	CANTIDAD	FRECUENCIA	TIEMPO UNITARIO Seg.	TIEMPO EN MIN.	DIFERENCIA NUM.	FI. SEG.	
TRABAJO ESTUDIADO:	Producción diaria de rejillas	HECHO POR:	Andrea Vélez	APROBADO POR:	Operadores	Recurso Humano:	130 baterías															
<p>INDICACIONES CUANTITATIVAS</p> <p>DESCRIPCIÓN DE ELEMENTOS</p> <p>QUE-DONDE-CUANDO-QUIEN-COMO</p>																						
1	Transporte de materiales a sección de fundición								○	→	□	▷	▽					2.0				
2	Revolver bien la aleación con el agitador de disco con perforaciones								●	↑	□	▷	▽					6.0				
3	Mezclar regularmente las rebabas y rejillas defectuosas que reingresan al crisol para evitar que se acumulen								●	↑	□	▷	▽					6.0				
4	Revolver el contenido del crisol con el agitador de disco con perforaciones								●	↑	□	▷	▽					6.0				
5	Retirar la escoria de los crisoles								●	↑	□	▷	▽					6.0	2.0			
6	Alimentar constantemente los crisoles con lingotes de plomo								●	↑	□	▷	▽					6.0				
7	Si se vacía el crisol debe rasparse las paredes del mismo para evitar escoria								●	↑	□	▷	▽					2.0	1.0			
8	La escoria resultante de los crisoles es depositada en los carros de productos no conformes								●	↑	□	▷	▽					2.0				
9	En la canoa debe mantenerse la llama baja, la función principal de la llama es quemar el oxígeno								○	↑	□	▷	▽					2.0	1.0			
10	Sacar la escoria de la canoa las veces que sea necesario								●	↑	□	▷	▽					2.0				
11	Las rejillas deben caer sin tocar las partes móviles del molde, si toca se debe corregir la sincronización								●	↑	□	▷	▽					4.0				
12	Verificar si las rejillas tienen inconformidad (huecos, rebaba, quebradizas)								○	↑	□	▷	▽					1.0				
13	Transporte a sección de empaste								○	→	□	▷	▽					1.0				
TOTAL									7	2	3	1	0				32	3	3	2	0	

Elaborado: Andrea Vélez.

ANEXO No. 8

DIAGRAMA ACTUAL DE ANÁLISIS DE LAS OPERACIONES DEL PROCESO “SECCIÓN EMPASTADO”

DIAGRAMA DE ANÁLISIS DE LAS OPERACIONES		PIEZA		DOCUMENTO		RESUMEN POR		ACTUAL - PROPUUESTO				DIFERENCIA	
TRABAJO ESTUDIADO: Producción diaria de placas		HECHO POR: Andrea Vélez		APROBADO POR: Operadores		Cantidad: 130 baterías		NUM.	TIEM. SEG	NUM.	TIEM. SEG	NUM.	TI. SEG
INDICACIONES CUANTITATIVAS		UNIDAD DE PRODUCCIÓN		CANTIDAD		FRECUENCIA		TIEMPO UNITARIO		TIEMPO O EN MIN		OBSERVACIÓN	
DESCRIPCIÓN DE ELEMENTOS		OPERACION	TRANSPORTE	CONTROL	DEMORA	ALMACENA	DISTANCIA EN m.	DE OBREROS	A	B	C	D	E
QUE-DONDE-CUANDO-QUIEN-COMO		OP	TR	CO	DE	AL	DI	NO	TI	TI	TI	TI	TI
1	Transporte de rejillas a sección de empaste	○	→	□	D	▽			1,0				
2	Calibra la máquina según el tipo de la rejilla	●		□	D	▽			1,0				
3	Verificación de distancias entre rodillos y zap atillas	○		●	D	▽			0,5				
4	Verificación de la rigidez de la rejilla que haya una adecuada precisión en el empastado	○		●	D	▽			0,5				
5	Desechar rejillas que tengan defectos	●		□	D	▽			3,0				
6	Prendido del horno secador	●		□	D	▽			0,5				
7	Graduación de temperatura del horno secador	○		●	D	▽			2,0				
8	Vaciado de la masa activa (pasta en la tolva de la empastadora)	●		□	D	▽			0,5				
9	Verificar el peso del material activo	○		●	D	▽			0,5				
10	Verificar al porcentaje de humedad en las placas	○		●	D	▽			7,0				
11	Colocar las placas en burro	●		□	D	▽			4,5				
12	Llenar las tarjetas de identificación de producto semielaborado	○		□	D	▽			1,0				
13	Transportar los burros al cuarto de curado	○		●	D	▽			1,0				
14	Los burros son transportados a las torres de almacenamiento	○		□	D	▽			0,5				
15	Antes de liberar las placas, se procede hacer el porcentaje de humedad	○		●	D	▽			0,5				
TOTAL		6	3	6	0	0			18	3	3	0	0

Elaborado: Andrea Vélez.

ANEXO No. 10

DIAGRAMA ACTUAL DE ANÁLISIS DE LAS OPERACIONES DEL PROCESO “SECCIÓN ENSAMBLE”

DIAGRAMA DE ANÁLISIS DE LAS OPERACIONES		ACTUAL - PROPUESTO																	
OBRAERO	PIEZA	DOCUMENTO	RESUMEN POR		ACTUAL	PROPUESTO	DIFERENCIA		METODO										
			NUM.	TIEM. SEG.	NUM.	TIEM. SEG.	NUM.	TI. SEG.	NUM.	TI. SEG.									
TRABAJO ESTUDIADO: Ensamble de baterías, producción diaria HECHO POR: Andrea Vélez APROBADO POR: RECURSO HUMANO: Operadores Cantidad: 130 baterías																			
INDICACIONES CUANTITATIVAS			UNIDAD DE PRODUCCIÓN		DISTANCIA		TIEMPO		TIEMPO		mt.								
DESCRIPCIÓN DE ELEMENTOS			OPERACIÓN	TRANSPORTE	CONTROL	DEMORA	ALMACENA	JE	DISTANCIA EN m.	DE NUMERO OBREROS	CANTIDAD	FRECUENCIA	UNITARIO	TIEMPO	SE	MIN	O EN	MIN	OBSERVACIÓN
QUE-DONDE-CUANDO-QUIEN-COMO			OP	TR	CO	DE	AL	JE	DIS	NO	CA	FR	UN	TI	SE	MIN	O EN	MIN	OBSERVACIÓN
1	La caja y la placa son colocadas en la línea de montaje respectiva		●	↑	□	▷	▷	▷	1,0				1,0						
2	Soldado de grupos, hechura del puente en parte superior media de batería		●	↑	□	▷	▷	▷	12,5				12,5						
3	Se revisan defectos en este proceso, que de existir se separan las cajas para su posterior reproceso		●	↑	●	▷	▷	▷						1,0					
4	Se efectúa el pegado térmico que es la unión de la caja con las placas, por medio del calor		●	↑	□	▷	▷	▷	12,5				12,5						
5	Pasa al proceso de soldado de bornes		●	↑	□	▷	▷	▷					1,0						
6	Se efectúa el soldado de bornes que es el pegado de bornes en la parte superior de la batería		●	↑	□	▷	▷	▷	10,0				10,0						
7	Se revisan defectos para su posterior reproceso		●	↑	●	▷	▷	▷						1,0					
8	Se comprueban fugas en la batería		●	↑	□	▷	▷	▷	10,0				10,0						
9	Se revisan defectos en este proceso, que de existir se separan las baterías para su posterior reproceso		●	↑	●	▷	▷	▷						1,0					
10	Pasa al codificador		●	↑	□	▷	▷	▷					1,0						
11	Se utiliza el codificador para sellar la fecha en la caja de la batería		●	↑	□	▷	▷	▷	10,0				10,0						
12	Se verifica el montaje de la batería mediante muestreo de calidad		●	↑	●	▷	▷	▷						1,0					
TOTAL			6	2	4	0	0	0					56	2	4	0	0		

Elaborado: Andrea Vélez.

ANEXO No. 12

DIAGRAMA ACTUAL DE ANÁLISIS DE LAS OPERACIONES DEL PROCESO “SECCIÓN DESPACHO”

DIAGRAMA DE ANÁLISIS DE LAS OPERACIONES		ACTUAL - PROPUERTO												
OBRERO	PIEZA	DO CUMENTO	RESUMEN POR		METODO ACTUAL					METODO PROPUERTO			DIFERENCIA	
TRABAJO ESTUDIADO: Despacho de baterías, producción diaria	HECHO POR: Andrea Vélez	APROBADO POR:	NUM.	HEM. SEG	NUM.	HEM. SEG	NUM.	HEM. SEG	NUM.	HEM. SEG	NUM.	HEM. SEG	NUM.	HEM. SEG
RECURSO HUMANO: Operadores	Cantidad: 130 baterías													
INDICACIONES CUANTITATIVAS			UNIDAD DE PRODUCCIÓN					OBSERVACIÓN						
DESCRIPCIÓN DE ELEMENTOS	OPERACIÓN	TRANSPORTE	CONTROL	DEMORA	ALMACENA	DISTANCIA EN mt.	NUMERO DE OBREROS	CANTIDAD	FRECUENCIA	TIEMPO UNITARIO	TIEMPO EN MIN	TIEMPO EN MIN	OBSERVACIÓN	
QUE-DONDE-CUANDO-QUIEN-COMO														
1 Las baterías que se encuentran cargadas pasan al área de despacho	○	→	□	▷	▷					1,0				
2 Revisión de baterías previo al empacado, mediante muestreo de calidad	○	→	□	▷	▷					1,0				
3 Regulación de máquinas de etiquetado y empacado	○	→	□	▷	▷					1,0				
4 En esta sección la batería es etiquetada	○	→	□	▷	▷					8,0				
5 Posteriormente se empaca las baterías en cajas de cartón	○	→	□	▷	▷					8,0				
6 Paletizado de baterías	○	→	□	▷	▷					1,0				
7 Colocación en montacargas	○	→	□	▷	▷					1,0				
8 Transporte a bodega de materias primas	○	→	□	▷	▷					1,0				
9 Almacenamiento temporal	○	→	□	▷	▷									
TOTAL	5	2	1	0	1					19	2	1	0	0

Elaborado: Andrea Vélez.

BIBLIOGRAFÍA

BarryRender *Dirección de la Producción*. Ohio - E.E.U.U., Prentice Hall, 2002.

GoldrattEliyahuM. *La Meta* . , tercer, 2000.

López DumraufG. *Cálculo Financiero Aplicado*. Buenos Aires, La Ley, 2006.

Mora ZambranoArmando *Matemáticas Financieras*. 2000, Mc Graw Hill, 2000.

NiebelO.B. *Estado de Tiempo, Movimiento e Incentivo*. México D.C., Mc Graw Hill, 1998.

TECNOVA S.A. Registros de Control de Calidad.

. Registros de Mantenimiento de Máquinas. Guayaquil.

. Registros de Producción. Guayaquil.

El Universo Tabla de referencias de tasas de interés bancarias. *Economía*.