

Título: “ANÁLISIS DE CAPACIDAD Y MEJORAMIENTO DEL PROCESO DE MONTAJE EN UNA FÁBRICA DE BATERÍAS”

Autores: Carlos Ronquillo Noboa¹, Clara Camino Obregón²

¹Ingeniero Industrial 2004.

²Director de Tesis, Ingeniero Industrial, Escuela Superior Politécnica del Litoral 2000, Masterado EEUU, University of Illinois 2003, Profesor de la ESPOL desde 2003.

Resumen:

Dentro del proceso productivo de la fabricación de baterías tenemos el proceso Montaje, el mismo que tiene una particularidad que hay que considerar, no sólo porque en él convergen, se juntan o se ensamblan la mayor parte de los componentes que integran una batería, sino también porque es el proceso con mayor cantidad de pasos o tareas manuales que pueden ser sujetos de mejoras metodológicas para lograr un correcto aprovechamiento de sus recursos para satisfacer un incremento en la demanda de baterías.

El presente trabajo busca demostrar la capacidad real del proceso Montaje de una fábrica de baterías, empleando un análisis del método de trabajo, determinando y analizando la capacidad del mencionado proceso. Una vez valorada la capacidad real del proceso Montaje se establecerá, si así fuera el caso, las mejoras requeridas, para lograr satisfacer el incremento en su demanda mediante la selección de la más conveniente alternativa de mejora.

In the production process for making batteries there is the assembly process. This process is peculiar, because in it they converge, join or assembly the majority of parts of the batteries. Besides, this process has the largest quantity of manual steps. These can be improved to better use the resources to satisfy an increase in the demand of batteries.

This work will seek to demonstrate the real capacity of assembly in a batteries' factory; using an analysis of the work's method, to calculate and to analyze the capacity of this process. Then if it is necessary, we will recommend the improvements so to satisfy an increase in the demand. Finally, the best and the cheapest alternative will be chosen.

Introducción:

En la actualidad la Fábrica de Baterías busca cubrir un incremento en la demanda de sus baterías. Para ello, ha realizado mejoras en dos de sus procesos de fabricación conocidos como Fundición y Empastado, logrando un aumento de capacidad en dichos procesos; sin embargo, la siguiente etapa del proceso conocida como Montaje no ha sido considerada aún.

Por lo expuesto surge la siguiente inquietud: ¿está el proceso Montaje en capacidad de suplir el próximo incremento de su demanda, generada por la captación de nuevos clientes, en las condiciones y con el método que dispone?

El presente estudio busca resolver la situación en una empresa que fabrica baterías automotrices, ya que en los últimos meses ha venido observando que el proceso montaje esta en apuros para cubrir la demanda. Si a esta situación le agregamos el hecho de que busca incursionar en nuevos mercados en Colombia y Venezuela en el 2005, hay que considerar entonces el posible incremento en la demanda de baterías. Por esto se hace necesario evaluar la capacidad actual y determinar de ser necesarios sus requerimientos futuros para adaptarse a esos cambios.

Contenido:

Descripción del Proceso Productivo en la fabricación de baterías

El proceso productivo de la fábrica de baterías es semiautomático, con una distribución por procesos, es decir, que las máquinas y funciones similares están agrupadas por etapas o procesos que se muestran en la figura No. 1.

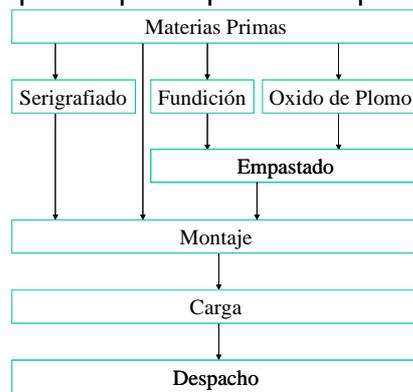


Figura No. 1. Diagrama del proceso productivo de baterías

Recursos del proceso Montaje

El proceso de montaje o armado de baterías empieza con la separación de las placas de cada panel doble, esto es un proceso manual. Luego que las placas son separadas, se apilan intercalando una placa positiva y una negativa. Las placas negativas son aisladas mediante sobres de polietileno. Las placas apiladas toman el nombre de grupos, se los coloca en palets y son transportados hasta la máquina de armado de grupos. Los grupos son colocados en ésta máquina (6 por operación) y automáticamente la máquina los alinea y suelda con plomo agregándole los bornes centrales y terminales.

Luego, los grupos armados son colocados en cada celda de la caja y se realiza una verificación de continuidad. Se procede con la unión de los grupos con soldadura eléctrica de punto a través de las perforaciones en la caja previamente realizadas. Al concluir esta operación la batería es sometida a dos pruebas una de resistencia y otra de continuidad.

A continuación la tapa es pegada con la caja mediante un pegado térmico, utilizando moldes con resistencias. El siguiente paso es utilizando una soldadura autógena manual se vierte plomo sobre un pequeño molde colocado en los bornes para realizar el acabado del mismo. Una vez hecho esto se realiza una prueba de fuga con aire a presión para comprobar calidad del sello.

Este proceso cuenta con una distribución por producto llamada líneas, en el cual las máquinas y las tareas se encuentran arreglados de acuerdo a la secuencia de pasos o tareas.

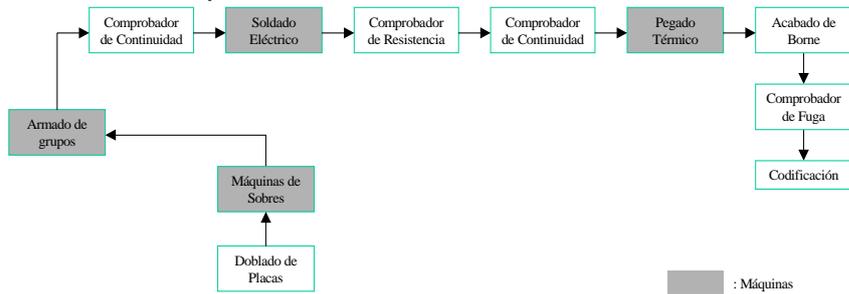


Figura No. 2. Esquema de línea de Montaje

Determinación de la Demanda Actual

La demanda de baterías en la Empresa se encuentra determinada por dos factores el uno por los programas de producción de las Ensambladoras Automotrices del País y el otro por la necesidad de los usuarios de vehículos de cambiar o reponer una batería generalmente gastada. A nivel nacional se genera una demanda promedio de alrededor 39.800 unidades mensuales. Del total de baterías demandadas en el mercado ecuatoriano, el 48% es cubierto por las baterías que fabrica la Empresa. Esta proporción se encuentra representada en la figura No. 3.

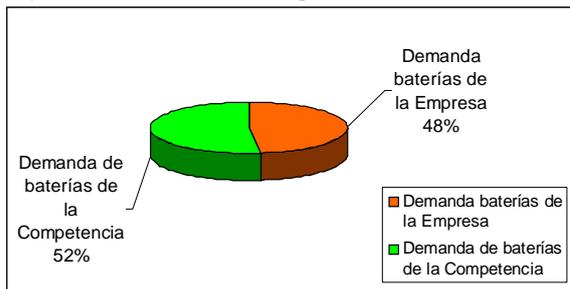


Figura No. 3. Captación del mercado de las baterías de la Empresa

El Mercado de baterías está integrado por varias marcas tanto de procedencia nacional como extranjera. En la tabla No. 1 se muestra como se encuentra distribuido las cantidades de las baterías importadas versus las nacionales y el porcentaje del mercado que abarca la Empresa.

Tabla No. 1 Mercado de baterías

Año	(1) Total baterías nacional	(2) Total baterías importada	(3)=(1)+(2) Mercado de baterías	(4) Demanda baterías de la Empresa	(5)=(4)/(3)x100 % del mercado que abarca la Empresa
2001	31.922	7.191	39.274	18.957	48%
2002	32.788	7.048	39.996	18.814	47%
2003	32.906	7.163	40.229	19.574	49%
Promedio	32.539	7.134	39.833	19.115	48%

Análisis del Método Actual del Proceso Montaje

Como se mencionó, para el análisis de este proceso se realizaron diagramas de flujo de proceso (ver la figura No. 5 que se muestra a continuación) describiéndose en el las actividades relevantes, sus tiempos y principales

distancias. Luego del análisis y la observación se determina con una equis las posibles actividades que pueden ser objetos de mejora.

Tarea: <u>Ensamblado de baterías</u>		Fecha: <u>22-mar-04</u>																					
Empieza en: <u>Traslado de grupos</u>		Diagrama No. <u>002</u>																					
Termina en: <u>Almacenamiento en percha</u>		Diagrama por: <u>Materiales</u>																					
Area: <u>Montaje - Producción (Línea 1)</u>		Realizado por: <u>C.Ronquillo</u>																					
		Hoja: <u>1 de 1</u>																					
#	Detalles del método (actual)	Operación	Transporte	Inspección	Demora	Almacenamiento	Distancia	Tiempo mínimo	Por que?				Notas	Acción									
									¿Qué?	¿Dónde?	¿Cuándo?	¿Quién?		¿Cómo?	Eliminar	Combinar	Sección	Lugar	Persona	Mejorar			
1	Traslado de grupos	<input type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	17	2,9															
2	Puesta de grupos en máquina soldadora	<input checked="" type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		17,5		X													X
3	Alineado de grupos en máquina	<input checked="" type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		6,4															
4	Cepillado de grupos en máquina	<input checked="" type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		2,9															
5	Soldado de grupos en máquina	<input checked="" type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		16,0						Fijo (capacidad de máquina)									
6	Verificación de existencia de rebabas	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		3,2															
7	Corte de rebabas de grupos y puesta en caja	<input checked="" type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		14,3															
8	Inspección de no continuidad	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		2,2															
9	Soldado eléctrico de grupos	<input checked="" type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	12	12,4				X											X
10	Comprobado de soldado	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		4,2															
11	Insepcción de no continuidad	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		2,2															
12	Colocación de tapa en caja	<input checked="" type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		7,5															
13	Pegado térmico de caja	<input checked="" type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	9	19,0															
14	Hechura de bornes	<input checked="" type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		21,3				X		Automatizar									
15	Prueba de fugas	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		17,9				X											X
16	Marcado de caja con código de producción	<input checked="" type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		3,0															
17	Puesta de tapones	<input checked="" type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		10,2															
18	Espera a traslado	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		18,8															
19	Traslado a percha	<input type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	50	5,6															
20	Almacenaje en percha	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		1,9															
Total		11	2	5	1	1	88	189,4															

Figura No. 5. Diagrama de Flujo de Proceso – Línea No.1

Determinación de la Capacidad Real de Proceso Montaje

Considerando que en el proceso Montaje se dispone de algunas máquinas aparentemente con distintas capacidades la capacidad de la línea de producción está dado por la menor de las capacidades de las máquinas. Adicionalmente por fabricar distintos tipos de baterías se escoge la batería típica en cada línea y se muestran en la tabla No. 3.

Capacidad real (CR) = cantidad de baterías por año en base a tiempo disponible anual de acuerdo a política de la empresa

Tabla No. 3. Capacidad real por línea

Capacidad real por línea			
Descripción	línea No.1	línea No.2	línea Manual
Días al año	365	365	365
Días al año no trabajados	9	9	9
Días no laborados	78	78	78
Días disponibles al año	278	278	278
Horas disponibles al año			
Línea No.1 (8 horas por día)	2.224	1.390	834
Línea No.2 (5 horas por día)			
Línea No. Manual (3 horas por día)			
Horas de paro programados*	372	564	240
Horas netas	1.852	826	594
Velocidad de línea (baterías/hora)	80	55	11
Cantidad de baterías por año	148.160	45.430	6.534

* Determinado en base al promedio de datos de los 2 últimos años.

Se establece que actualmente la fábrica de baterías tiene una capacidad de 148160 baterías por año en línea No.1, 45430 baterías por año en línea No.2 y 6534 baterías por año en línea Manual

$$\% \text{ tasa de utilización} = \frac{\text{cantidad demanda promedio por año proyectada}}{\text{capacidad real}} \times 100\%$$

$$\% \text{ de utilización} = \frac{229.379}{200.124} \times 100\% = 114,62\%$$

Se obtiene una tasa de utilización del 114,62% lo cual nos indica que en las actuales condiciones de trabajo: 1 turnos por día de 8 horas para dos líneas de producción durante 20 días al mes. Como se menciona a inicios de este artículo la fábrica espera contar con nuevos clientes a partir del 2005 lo que generará un aumento de 5.000 baterías mensuales adicionales aproximadamente.

Demanda Proyectada

Utilizando datos históricos de los tres últimos años y con las expectativas de ventas podemos proyectar la demanda siguiente:

Año	Demanda Proyectada (baterías)
2004	261.262
2005 (+nuevos clientes)	336.607

En el año 2004 se espera se demande de acuerdo a la tendencia 261.262 unidades. Para el 2005 se incluirán mensualmente 5000 baterías a la proyección por la captación de nuevos clientes lo que nos produce un incremento de la demanda a 336.606 baterías por año.

Análisis de Capacidad con los recursos actuales y la demanda proyectada.

De forma similar al análisis de capacidad realizado para las condiciones actuales ahora veamos si está la Empresa en capacidad de cubrir el incremento de la demanda para el 2004 y 2005, con la ayuda de la fórmula:

$$\% \text{ de utilización} = \frac{261.262}{200.124} \times 100\% = 130,25\%$$

$$\% \text{ de utilización} = \frac{336.607}{200.124} \times 100\% = 168,20\%$$

De los datos obtenidos se ve define una tasa de utilización para el 2004 de 130,3% y para el 2004 una de 168,2%. De acuerdo a esto la fábrica de baterías no podrá satisfacer la demanda proyectada con el método o capacidad productiva que tiene actualmente.

Requerimientos Metodológicos de las propuestas de mejoras para el Proceso Montaje

Para suplir dicha falta de capacidad se proponen las siguientes opciones:

- Aumentar únicamente las horas de trabajo, durante el presente estudio será la alternativa A
- Mejorar la metodología del proceso de trabajo, será alternativa B
- Aumentar otra línea de producción, será alternativa C

Al hacer una comparación entre las horas utilizadas y las unidades producidas totales de la tabla No.3, observamos obtenemos lo siguiente:

4.448 horas máquinas \Rightarrow producen 200.124 unidades

para hacer 261.262 unidades (2004) \Rightarrow cuantas horas maquinas?

$$\frac{261.262 \times 4.448}{200.124} = 5.807 \text{ horas anuales máquina}$$

para hacer 336.607 unidades (2005) \Rightarrow cuantas horas maquinas?

$$\frac{336.607 \times 4.448}{200.124} = 7.482 \text{ horas anuales máquina}$$

Considerando que tenemos 52 semanas al año, para satisfacer la demanda semanalmente se debe trabajar 55,71 horas para el 2004 por línea No.1. Como las líneas No. 2 y Manual comparten máquinas, cuando se usen las máquinas como línea No. 2 trabajará 34,90 horas y cuando se usen las máquinas como línea Manual trabajará 20,94 horas. Si sumamos las horas de la Líneas Manual y No.2 tenemos 55,84 horas semanales también. La tabla No. 5 resume las horas necesitadas:

Tabla No. 5. Horas máquinas requeridas

Horas máquinas requeridas			
Descripción	Línea No.1	Línea No.2	Línea Manual
Horas por semana requeridas para el 2004	55,84	34,90	20,94
Horas por semana requeridas para el 2005	71,94	44,96	26,98

Si aplicamos las siguientes mejoras metodológicas El cuello de botella es la hechura de bornes. Esa es una actividad manual que la realiza un operador. Si agregamos una mano de obra compartida en las actividades de hechura de borne y comprobación de fugas aunque trasladamos el cuello de botella a una etapa anterior al pegado térmico, éste nuevo cuello de botella es mas rápido. Al hacerlo conseguimos disminuir el tiempo del cuello de botella en 2 segundos

aproximadamente es decir de 21 a 19 segundos trasladando el cuello de botella al pegado térmico.

La otra actividad de inspección de continuidad también se puede mejorar si sólo comprobamos la continuidad en los terminal y no grupo por grupo, ya que si no hay continuidad no esta habiendo cortocircuito en ninguna parte de la batería. Con esto se puede conseguir un ahorro a 1,2 segundos.

Finalmente, la máquina que arma los grupos realiza varios pasos consecutivos como son el alineado, cepillado y soldado con plomo fundido. En estos pasos la actividad la soldada de grupos con plomo necesita 16 segundos para enfriarse, por lo que si el operador demora en alimentar a la máquina más de este tiempo estará causando que máquina pierda continuidad. Podemos mejorar el tiempo de puesta de grupos en la máquina haciendo que el operador abastezca continuamente la misma de 17,5 a 16 segundos. Lograremos disminuir el tiempo que utiliza la máquina en 1,5 segundo, con esto lo igualaríamos al tiempo que tarda (16 segundos) en soldar los grupos y aprovecharíamos al máximo la capacidad de la maquina.

		Tarea: <u>Ensamblado de baterías</u>						Fecha: <u>04-may-04</u>																
		Empieza en: <u>Traslado de grupos</u>						Diagrama No. <u>002-M</u>																
		Termina en: <u>Almacenamiento en percha</u>						Diagrama por: <u>Materiales</u>																
		Area: <u>Montaje - Producción (Línea 1)</u>						Realizado por: <u>C.Ronquillo</u>																
								Hoja: <u>1 de 1</u>																
#	Detalles del método (mejorado)	Operación	Transporte	Inspección	Demora	Almacenamiento	Distancia	Tiempo mínimo	Por que?				Notas	Acción										
									¿Qué?	¿Dónde?	¿Cuándo?	¿Quién?		¿Cómo?	Eliminar	Combinar	Sección	Lugar	Persona	Mejorar				
1	Traslado de grupos	<input type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		17	1,4															
2	Puesta de grupos en máquina soldadora	<input checked="" type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			16,0			<input checked="" type="checkbox"/>		Disminución del tiempo mediante entrenamiento										<input checked="" type="checkbox"/>
3	Alineado de grupos en máquina	<input checked="" type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			6,4															
4	Cepillado de grupos en máquina	<input checked="" type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			2,9															
5	Soldado de grupos en máquina	<input checked="" type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			16,0					Fijo (capacidad de máquina)										
6	Verificación de existencia de rebabas	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			3,2															
7	Corte de rebabas de grupos y puesta en caja	<input checked="" type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			14,3															
8	Inspección de no continuidad	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			2,2		<input checked="" type="checkbox"/>			Unificar con la máquina soldadora		<input checked="" type="checkbox"/>								
9	Soldado eléctrico de grupos	<input checked="" type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		12	12,4															
10	Comprobado de soldado	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			4,2															
11	Insepección de no continuidad	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			1,2	<input checked="" type="checkbox"/>				Verificar sólo en polos positivos										<input checked="" type="checkbox"/>
12	Colocación de tapa en caja	<input checked="" type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			7,5															
13	Pegado térmico de caja	<input checked="" type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		9	19,0															
14	Hechura de bornes	<input checked="" type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			14,8			<input checked="" type="checkbox"/>		Agregar otro soldador										
15	Prueba de fugas	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			12,3			<input checked="" type="checkbox"/>		Actividad compartida con el que hace los bornes										<input checked="" type="checkbox"/>
16	Marcado de caja con código de producción	<input checked="" type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			3,0															
17	Puesta de tapones	<input checked="" type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			10,2															
18	Espera a traslado	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			18,8															
19	Traslado a percha	<input type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		50	5,6															
20	Almacenaje en percha	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>			1,9															
Total		11	2	5	1	1		88	173,3															

Figura No. 6. Diagrama de Flujo mejorado – Línea No. 1

Requerimiento de la mejora propuesta

Alternativa A: Aumentar las horas de trabajo

El aumentar las horas de trabajo requiere de:

- Expreso adicional.
- Horas extras del personal de Montaje, la restricciones legales del Código de Trabajo del Ecuador se establece que no se podrá exceder 12 horas suplementarias o extras a la semana. Esta restricción obligará a contratar 19 personas adicionales para el 2005 (similar cantidad utilizada en el primer turno).
- Refrigerio para el personal de Montaje: como beneficio adicional la empresa proporciona un refrigerio al personal que labora horas extras. Por igualdad este beneficio se tendrá que aplicar al personal de Montaje

Alternativa B: Mejora metodológica del proceso de trabajo

El implementar esta alternativa requerirá de:

- Expreso adicional
- Horas extras del personal de Montaje
- Refrigerio para el personal de Montaje
- 2 automatizaciones de puesta de placas en máquina de sobres: se adaptarán las actuales máquinas para que esta actividad ya no se la haga manual.
- 1 Máquina cortadora de placas: para mejorar el corte disminuir tareas de eliminación de rebabas.
- 1 Máquina Soldadora de grupos (incluido instalación): para mejorar y agilizar la velocidad de línea. Reemplazara a la máquina manual de soldado de grupos.
- 2 personas adicionales: una por línea para ayudar en la tarea de hacer bornes.
- 1 Adaptación de dispositivo de inspección en máquina soldado eléctrico.
- Para el 2005 se necesitaría turno adicional de 20 personas.

Alternativa C: Aumentar otra línea de producción

El implementar esta alternativa requerirá de:

- 1 Soldadora de grupos (incluido la instalación).
- 1 Máquina soldara eléctrica.
- 1 Máquina de pegado térmico.
- 2 Comprobadores de continuidad.
- 1 Verificador de soldado eléctrico.
- 1 Rieles de línea No. 3.
- 1 Instalación de equipos.

En resumen los costos requeridos para las diferentes alternativas se describen en la Tabla No. 6, los resultado mostrados son calculados de la suma de los costos de mano de obra, maquinaria, instalación y otros beneficios.

Tabla No. 6 Resumen de Costo por Alternativa

Descripción	Alternativas		
	A	B	C
Mano de Obra	892.539,95	775.446,95	433.586,59
Maquinaria	0,0	139.500,0	310.900,0
Instalación de Maquinaria	0,0	3.746,2	7.337,3
Otros beneficios (expreso, uniformes, refrigerios, etc)	284.006,5	196.409,9	86.678,6
Total	1.176.546,47	1.115.103,03	838.502,53

Para la selección de la mejor alternativa se utilizó un análisis multi-criterio con las siguientes ponderaciones

Tabla No. 7 Ponderación de criterios

Criterios	Ponderación
Costos	5
Dificultad de implantación	3
Flexibilidad a largo plazo	4
Calidad en el producto	4

Luego de establecidos las ponderaciones para los criterios se determina la calificación de satisfacción para lo cual se establece la siguiente escala. 1 = extra bajo; 2 = muy bajo; 3 = bajo; 4 = poco bajo; 5 = medio; 6 = poco alto; 7 = alto; 8 = muy alto; 9 = extra **alto**.

La alternativa A es la más costosa por lo que. Es la más fácil de implementar porque sólo requiere mayor cantidad de personal. Tiene flexibilidad media porque de requerirse mayor producción queda todavía la opción de incrementar un tercer turno y finalmente la calidad del producto con esta alternativa no ha cambiado con la actual, es decir sigue siendo mejor que la competencia. Por lo expuesto se da la calificación de 4, 9, 5 y 6 para los criterios (ver tabla No. 7).

De igual modo se califica las otras alternativas según los criterios de calificación y se muestran en la Tabla No. 7.

Tabla No. 7. Cálculo del score.

Criterios	Ponderación	A	B	C
Costos menores	5	4	7	9
Dificultad de implantación	3	9	6	4
Flexibilidad a largo plazo	4	5	6	8
Calidad en el producto	4	6	7	7
Score		91	98	135

$$ScoreA = (5 \times 4) + (3 \times 9) + (4 \times 5) + (4 \times 6) = 91$$

$$ScoreB = (5 \times 7) + (3 \times 6) + (4 \times 6) + (4 \times 7) = 98$$

$$ScoreC = (5 \times 9) + (3 \times 4) + (4 \times 8) + (4 \times 7) = 135$$

Según el método utilizado la alternativa con mayor score es la que se recomienda seleccionar. Por lo tanto la alternativa C con un score de 135 puntos es la que se recomienda implementar.

Conclusiones

La fábrica de baterías en la actualidad trabajando con 1 turno de 40 horas al no tiene la capacidad

Con el análisis de costos se determinó que la alternativa C era la más económica. Aparentemente esta alternativa era la más costosa por la cantidad de máquinas que se requería comprar, sin embargo, a largo plazo (10 años) resulta más económica porque la inversión se la hace sólo al inicio de la implementación de este proyecto, mientras que la inversión en la otra alternativa que considera aumento de las horas trabajadas se tendrá que realizar a lo largo de dicho lapso de tiempo.

Además de los costos, se ha considerando como criterios de selección la dificultad de implementar cada alternativa, la flexibilidad futura de la alternativa en cuanto a capacidad se refiere y la incidencia en la calidad del producto. Con el análisis multi-criterio se llega a la conclusión que la alternativa C es la más conveniente aplicar.

Con la implementación de la alternativa C se espera se tenga una capacidad de fabricación en el proceso montaje de 351.936 baterías anuales trabajando 40 horas a la semana en un sólo turno de trabajo, con lo que se garantiza cubrir el incremento de demanda esperado y quedando un margen de capacidad de alrededor de 15.300 baterías.

Referencias:

1. C. Ronquillo "Análisis de Capacidad y Mejoramiento del Proceso de Montaje en una Fábrica de Baterías" (Tesis, Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción, 2004)
2. Chase Aquilano Jacobs, Administración de Producción y Operaciones (8va. Edición, Colombia, Mc Graw Hill, 2003), pp 105-107, 418-420, 497-524.