

Universidad Acción Pro Educación y Cultura
UNAPEC



Decanato de Ingeniería e Informática
Escuela de Ingeniería

Tesis de Grado para Optar por el Título de:
Ingeniero Industrial

**“Estudio de la integración de las líneas Size 0 y Size 4 para mejorar la
productividad en una empresa de manufactura eléctrica del PIISA, R.D”.**

Sustentantes:

Br. Geudy Pérez	2003-1841
Br. Michael Espino	2007-1297

Asesor:

Prof. John Santana

Distrito Nacional
República Dominicana

Noviembre, 2012.

RESUMEN

La distribución de los espacios en los procesos se ha convertido en una de las armas estratégicas que las organizaciones utilizan para competir. El costo que trae consigo una mala planificación e implementación de una distribución en planta sin dudas afectará directamente los resultados financieros de la empresa.

La empresa estudiada no cuenta con espacios disponibles para nuevas líneas de producción. Esto los ha llevado a concluir que necesitan ampliar sus instalaciones para traer una nueva línea de manufactura.

Se ha aportado una idea para que esta organización pueda seguir su proyecto de transferencia de una nueva línea de producción. Este ha consistido en estudiar la factibilidad de integrar dos líneas de manufactura que operan en sus instalaciones Size 0 y Size 4 de modo que ambas puedan correr en un mismo proceso o espacio físico y poder liberar con esto el espacio de la línea Size 4.

AGRADECIMIENTOS

Br. Geudy Adolfo Pérez Avelino

Primero a **Dios todo poderoso** por darme el soporte y fuerzas necesarias para emprender nuevos retos.

A mi Madre **Rosa B. Avelino**:

Gracias por darme la vida, por soportarme y darme todo el apoyo cuando lo necesito. Te adoro madre mía.

A mis hermanos **Elvis Beltré y Elaine Beltré**:

Gracias por tenerme en el espacio que me tienen y por mostrarme siempre respeto, los quiero con el alma.

A mi familia, **Yokasty Castro y Eliana Pérez**:

Esposa e hija; les pido perdón por haberles robado tantas horas de su tiempo, sólo les pido me permitan compensarlas, son el eje de mi vida, las amo.

A mi familia en general y en especial a mi tía **Nancy Amarante**, por ser el pilar de nuestra pequeña familia, te amo tía bella, a pesar de la distancia siento que estás conmigo siempre.

Le agradezco a **Dña. María Teresa de Jesús (Dña. Santa)**, madre de mi esposa, quien ha sabido soportarme y quererme como se quieren a los hijos.

Hago mención especial a **Euclides Matos**, por haber creído en mí y ayudarme a darle un nuevo enfoque a mi vida profesional.

No quiero terminar de agradecer al cuerpo docente de Apec por el apoyo, respeto confianza y consideración que siempre me dispensaron.

DEDICATORIAS

Br. Geudy Adolfo Pérez Avelino

Este trabajo se lo quiero dedicar a toda mi familia y de manera especial a las personas que de una manera u otra han contribuido en mi formación tanto personal como profesional, como no dedicarle este trabajo y mis compañeros de labores Dña. Mirtha Sierra, Julio Castellanos, Claudell Reyes, Mary Dalia Santana, Patricio Moreno, Antonio Tejeda, Jorge Trabous, Wellington Candelario y de manera muy especial a Euclides Matos Veras.

AGRADECIMIENTOS

Br. Michael Gonzalo Espino Arias

Primero a Dios todo poderoso por siempre dejarme saber que tiene un plan único en mi vida aunque me aleje en momentos, siempre busca la manera de mostrarme la forma de hacerme regresar a tu lado.

A mis abuelos **Juan Espino** y **Florida Hernández**: gracias a su ejemplo y esfuerzo he podido forjar mi carácter y ciertas actitudes para poder tomar decisiones en mi vida, y poder siempre saber cuál es el camino correcto.

A mi Madre **Josefina Espino**: Mami te adoro. Eres la mujer más fuerte y dedicada del mundo. Tú eres quien siempre ha estado a mi lado apoyándome en todos los pasos que he dado, mi mayor orgullo, no tengo con que agradecerte todo lo que has hecho por mí, porque yo nunca sería el hombre que soy hoy en día sin ti, te amo.

Al señor **Luis Fdo. Vásquez**: Le agradezco la confianza que depositó en mí, y por darme su apoyo incondicional todos estos años para poder realizar esta Carrera, gracias de todo corazón, que el Señor lo bendiga siempre.

A mis padres **Gonzales Espino** y **María Arias**: sin ustedes dos nunca podría haber visto lo maravilloso que es este mundo; aunque nunca he podido convivir mucho tiempo con ninguno de los dos, los quiero como no se lo imaginan y sé que a sus maneras muy particulares me han apoyado siempre, en mis pasos toda la vida.

A uno de los hombres más importantes en mi vida; **Luis Ibieratorremendia Noda**: con tu carácter y enorme corazón pasaste por mi vida para dejar una huella que nunca se borrará, tú fuiste una de las razones por las que elegí la ingeniería, fuiste el ángel que el Señor envió para cambiar mi vida, te extraño.

A Mi tío **Victor Santana**: Sinceramente no tengo como expresarte lo agradecido que estoy de que seas parte de mi vida, eres la persona que más confío en este mundo, mi confidente y consejero. Tú siempre has estado a mi lado en todos los momentos de mi vida, guiándome y mostrándome con tu ejemplo que con trabajo, honradez y dedicación las metas y sueños se pueden alcanzar; sin ti nunca podría haber logrado esta meta.

A mis tías y tíos:

Agustina Espino, Cirilo Espino, Miguel Espino, Germán Espino, José Espino, Eugenio Espino, Inocencia Espino, Miguelina Espino, gracias por de una manera u otra apoyarme siempre y darme el ejemplo de una familia unida como la nuestra.

A mi amigo: **Abrahams Romero**, nunca pensé que llegaría a tener un amigo en quien pudiera confiar todas mis situaciones, pero cuando me puse a pensar más detenidamente, me di cuenta que tú no eres sólo un amigo para mí, y aunque no tengamos la misma sangre, para mí tú eres y siempre serás hermano del alma.

A mi asesor: **Ing. John Santana**, por su soporte y esfuerzo para sacar lo mejor de nosotros en esta investigación, siempre le estaremos agradecidos.

A mi compañero de tesis: **Geudy Pérez**, mi colega en la etapa final de mi carrera, eres una persona brillante y sumamente responsable, con un nivel ético único, te tengo un enorme respeto y admiración. Sé que serás un ingeniero excelente como siempre lo has demostrado. Gracias por tu apoyo y colaboración.

DEDICATORIAS

Br. Michael Gonzalo Espino Arias

A mis abuelos Juan Espino y Florida Hernández, a mi madre Josefina, a mi tía Agustina Espino, a Luis Ibieratorremendia Noda y al señor Luis Fdo. Vásquez, a todos mis primos y a todos los que directa o indirectamente hicieron posible cumplir mis estudios estos años. Este trabajo de grado es para ustedes.

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN	I
AGRADECIMIENTOS.....	II
DEDICATORIAS.....	IV
LISTA DE TABLAS	XV
LISTA DE FIGURAS.....	XVI
LISTA DE FÓRMULAS	XVIII
INTRODUCCIÓN	19
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.	20
1.2 OBJETIVOS.....	21
1.2.1 <i>Objetivo General</i>	21
1.2.2 <i>Objetivos Específicos</i>	21
1.3 METODOLOGÍA Y TÉCNICAS.....	22
1.3.1 <i>Metodología</i>	22
1.3.2 <i>Técnicas</i>	23
1.4 LIMITACIONES.	25
2.0 LA EMPRESA:	26

2.1	HISTORIA	26
2.2	MISIÓN, VISIÓN, VALORES, CÓDIGO DE ÉTICA Y FILOSOFÍA	27
2.2.1	<i>Misión</i>	27
2.2.2	<i>Visión</i>	27
2.2.3	<i>Valores</i>	27
2.2.4	<i>Código de Ética</i>	28
2.2.5	<i>Filosofía</i>	28
	CAPITULO III.....	32
3	DISTRIBUCIÓN EN PLANTA.....	32
3.1	DEFINICIÓN DE DISTRIBUCIÓN EN PLANTA	32
3.2	OBJETIVOS DE LA DISTRIBUCIÓN EN PLANTA	32
3.3	MEJORAS DEL DISEÑO DE LA DISTRIBUCIÓN EN PLANTA.....	33
3.4	MOTIVOS PARA CAMBIAR EL DISEÑO.....	34
3.4.1	<i>Cambios de ubicación</i>	34
3.4.2	<i>Incorporación de nuevos equipos</i>	34
3.4.3	<i>Los problemas con el flujo de materiales</i>	35
3.4.4	<i>Alto Trabajo en Proceso WIP</i>	35
3.4.5	<i>One-Piece Flow</i>	36
3.5	TIPOS DE DISEÑOS DE DISTRIBUCIÓN EN PLANTA.....	39
3.5.1	<i>Distribución por Posición Fija:</i>	39
3.5.2	<i>Distribución por Proceso:</i>	42

3.5.3	<i>Distribución por Producto</i>	43
3.5.4	<i>Distribución Celular o Combinado</i>	45
3.6	PLANIFICACIÓN DE LA DISTRIBUCIÓN	46
3.7	METODOLOGÍA DE DISEÑO DE DISTRIBUCIÓN EN PLANTA	48
3.7.1	<i>Pasos para la Planeación Sistemática de la Distribución en Planta de Muther</i>	48
3.7.2	<i>Metodología de la Planeación Sistemática de la Distribución en Planta (Systematic Layout Planning) de Muther.</i>	49
3.7.3	<i>Metodología de la Planeación Sistemática</i>	55
3.7.4	<i>Pasos para llevar a cabo el SLP</i>	58
3.8	CRITERIO DE DESEMPEÑO DE LAS DISTRIBUCIONES EN PLANTA	71
3.9	LA FILOSOFÍA JUSTO A TIEMPO EN LA DISTRIBUCIÓN EN PLANTA	72
3.9.1	<i>Objetivos del Justo a Tiempo</i>	73
3.9.2	<i>Pilares del Justo a Tiempo y el Sistema de Producción Toyota</i>	73
3.9.3	<i>Requisitos previos y Función del sistema Kanban</i>	88
3.9.4	<i>Limitaciones de Kanban y Alternativas</i>	89
3.9.5	<i>Beneficio de la aplicación del Sistema Kanban</i>	91
3.10	ESTUDIO DE TIEMPO Y BALANCEO DE LÍNEA	92
3.10.1	<i>Consideraciones para la toma de tiempo</i>	93
3.10.2	<i>Balanceo de Línea</i>	95
3.11	EL PRODUCTO (CONTACTOR ELÉCTRICO)	99

3.11.1	<i>Clasificación de los contactores</i>	99
3.11.2	<i>El contactor electromagnético</i>	100
3.12	PARTES PRINCIPALES DEL CONTACTOR ELECTROMAGNÉTICO	101
3.12.1	<i>Cobertor</i>	101
3.12.2	<i>Electroimán</i>	102
3.12.3	<i>Armadura fija</i>	102
3.12.4	<i>Base</i>	103
3.12.5	<i>Armadura móvil</i>	103
3.12.6	<i>Contactos fijos</i>	103
3.13	PRUEBAS DE RENDIMIENTO PARA CONTACTORES ELECTRICOS	104
3.13.1	<i>Acondicionamiento</i>	104
3.13.2	<i>Potencia</i>	104
3.13.3	<i>Vibración</i>	105
3.13.4	<i>Baja tensión</i>	105
3.13.5	<i>Rebote de contacto</i>	105
3.13.6	<i>Tiempo de cierre</i>	106
3.13.7	<i>Transferencia</i>	106
3.13.8	<i>Recorrido</i>	106
3.13.9	<i>Dieléctrico</i>	107
4	SITUACIÓN ACTUAL DE LOS PROCESOS DE ENSAMBLE DE LAS	
	LÍNEAS SIZE 0 Y SIZE 4	108

4.1 DESCRIPCIÓN SITUACIÓN ACTUAL LÍNEA SIZE 4	108
4.1.2 Diagrama de flujo de proceso Línea Size 4.....	110
4.1.3 Cursograma analítico del proceso de ensamble contactor size 4 ...	111
4.1.4 Distribución del Proceso (Layout).....	112
4.1.5 Oportunidades de mejoras en Línea de ensamble contactor Size 4	114
4.1.6 Fortalezas de la Línea de ensamble contactor size 4	115
4.2 DESCRIPCIÓN SITUACIÓN ACTUAL LÍNEA SIZE 0	116
4.2.2 Proceso de ensamble contactor eléctrico size 0	119
4.2.3 Estación 1 (Ensamble núcleo de hierro).....	120
4.2.4 Estación 2 (Porta contactos móviles)	120
4.2.5 Estación 3 (Ensamble contactos fijos lado derecho)	120
4.2.6 Estación 4 (Ensamble contactos fijos lado izquierdo)	120
4.2.7 Estación 5 (Resorte de retorno y cierre de la unidad)	121
4.2.8 Estación 6 (Prueba).....	121
4.2.9 Estación 7 (Etiquetas)	121
4.2.10 Estación 8 (Empaque).....	121
4.2.11 Diagrama de flujo de proceso Línea Size 4.....	122
4.2.12 Cursograma analítico actual de Proceso.....	123
4.2.13 Distribución del proceso (Layout)	124
4.2.14 Oportunidades de Mejoras en Línea de ensamble contactor Size 0	125
4.2.15 Fortalezas de la Línea de ensamble contactor Size 0	126

5.0 PROPUESTA: INTEGRACIÓN LÍNEA SIZE 0 Y SIZE.....	127
4.3 ASPECTOS A TOMAR EN CONSIDERACIÓN PARA EL PROCESO DE INTEGRACIÓN.....	127
4.3.1 Aspectos Técnicos de Ingeniería.....	127
4.3.2 Aspectos de Calidad	129
4.4 COMPARACIÓN DE LA DEMANDA SIZE 0 Y SIZE 4	129
4.5 DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESO LÍNEA SIZE 0-SIZE 4	130
4.6 GRÁFICA DEL BALANCEO DE LA NUEVA LÍNEA INTEGRADA.....	131
4.7 CURSOGRAMA ANALÍTICO DE LA NUEVA LÍNEA INTEGRADA.....	133
4.8 CUADRO COMPARATIVO ENTRE LAS LÍNEAS SIZE 0 Y SIZE 4	135
4.9 VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LA INTEGRACIÓN DE LAS LÍNEAS SIZE 0	136
4.9.1 Ventajas de la integración	136
4.9.2 Desventajas de la integración	137
4.10 ANÁLISIS DE COSTO DE LA INTEGRACIÓN	137
CONCLUSIONES.....	138
RECOMENDACIONES	139
LINEAS FUTURAS.....	140
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	141
ANEXOS	145

Lista de Tablas

Tablas	Página
Tabla 1. Comparación Línea Size 0, Size 4 y ambas integradas.	130
Tabla 2. Cuadro comparativo Línea Size 0 y Size 4	135

Lista de Figuras

Figuras	Páginas
Figura 1. Ensamble de un avión Airbus A340/600 en Toulouse Francia.....	40
Figura 2. Distribución en planta por proceso	42
Figura 3. Distribución por producto.....	44
Figura 4. Distribución en planta Celular combinado.	46
Figura 5. Método SLP resumido, Fuente: Muther (1968)	58
Figura 6. Diagrama de relación de actividades, Fuente: Pérez (2006).....	62
Figura 7. Diagrama relacional de actividades, Fuente: Pérez (2006)	64
Figura 8. Diagrama relacional de espacios con indicación del área requerida por cada actividad. Fuente: Pérez (2006).....	67
Figura 9. Suavizado de volumen y variedad para conseguir un flujo	78
Figura 10. Redistribución de las líneas de manufactura.....	83
Figura 11. Contactor Eléctrico visto en explosión	101
Figura 12. Diagrama de Flujo de la línea Size 4	111
Figura 13. Cursograma analítico ensamble de Contactor Size 4	112
Figura 14. Layout actual de la línea Size 4.....	113
Figura 15. Diagrama de flujo línea Size 0	122
Figura 16. Cursograma analítico del proceso de ensamble Contactor Size 0 ...	123

Figura 17. Layout actual de la línea Size 0.....	124
Figura 18. Diagrama de flujo línea Size 0-Size 4	131
Figura 19. Gráfica del balanceo líneas Size 0 y Size 4 integradas	132
Figura 20. Cursograma analítico Línea Size 0 y Size 4 integradas.....	133
Figura 21. Layout actual de la línea Size 0.....	124

Lista de Fórmulas

Fórmulas	Páginas
Fórmula 1. Tasa de producción deseada.....	96
Fórmula 2. Tiempo de ciclo.....	96
Fórmula 3. Mínimo teórico.....	97
Fórmula 4. Tiempo ocioso.....	98
Fórmula 5. Eficiencia.....	98
Fórmula 6. Retraso al balanceo	99

INTRODUCCIÓN

La industria manufacturera se ve continuamente sometida a nuevas exigencias que van desde productos distintivos y de alta calidad hasta, productos que cumplan con los más altos estándares en desempeño. Ser proveedor de productos eléctricos en un mercado tan competitivo mueve a las organizaciones a ser más agresivas y enfocarse en el concepto de mejora continua para agregarle valor a sus productos.

El objetivo principal de una distribución en planta efectiva es desarrollar un sistema de producción que permita la manufactura del número deseado de productos, con la calidad deseada, al menor costo. La distribución física es un elemento importante del sistema de producción que comprende instrucciones de operación, control de inventarios, manejo de materiales, programación, determinación de rutas y despacho. Todos estos elementos deben integrarse con cuidado para satisfacer el objetivo establecido. (Santos, et al., 2006)

En estudio se aborda la integración de dos líneas de manufactura: Size 0 y Size 4 en una misma línea de producción con el objetivo de mejorar la productividad en una empresa de manufactura eléctrica del Parque Industrial de Itabo, República Dominicana.

CAPITULO I: MARCO METODOLOGICO

1.1 Planteamiento del problema.

Las empresas multinacionales de hoy en día no sólo demandan mano de obra calificada, buena ubicación estratégica o productos de excelente calidad, las exigencias actuales se concretan en producir productos al menor coste; para que esto se haga posible, es necesario optimizar todos los recursos productivos a fin de hacerlos más eficientes.

El costo de cada pie cuadrado rentado en los parques industriales del país impacta significativamente el atractivo para nuevas líneas de producción en empresas que ya no disponen de espacio.

La optimización de la distribución en planta se ha convertido en un reto para esta empresa; se precisará hacer un estudio de la integración de las líneas Size 0 y Size 4 para mejorar liberar espacios en una empresa de manufactura eléctrica del Parque Industrial de Itabo (PIISA), República Dominicana.

1.2 Objetivos.

1.2.1 Objetivo General

- Establecer las ventajas que ofrece la integración de las dos líneas de manufactura Size 0 y Size 4.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Estudiar las fortalezas de las líneas Size 0 y Size 4.
- Estudiar los tiempos estándar por operación.
- Establecer nuevo balance de la línea integrada.
- Estudiar las oportunidades de las líneas Size 0 y Size 4.
- Calcular el espacio liberado por la línea Size 4.

1.3 Metodología y técnicas.

1.3.1 Metodología

Para alcanzar los objetivos de este estudio, se realizará una observación científica dentro del área de manufactura que servirá de soporte para la identificación de los métodos que esta empresa utiliza para manufacturar sus productos.

Se empleará el método deductivo para generalizar las oportunidades y fortalezas que presentan estos procesos, a estas oportunidades se le aplicará el método analítico para estudiar las ventajas que ofrece la nueva integración de las dos líneas Size 0 y Size 4. Se empleará además el método estadístico para identificar las causas raíz de los problemas de rendimiento que afectan estas líneas.

Se ha utilizado el tipo de investigación descriptiva, porque se describen las operaciones que se realizan en cada una de las estaciones de trabajo estudiadas, los tiempos y los diagramas de flujo de procesos que intervienen en estos procesos de manufactura.

Exploratoria, porque se investigó el estado del arte de las distribuciones en planta así como las filosofías de eliminación de desperdicios más usadas en las industrias como son, Manufactura Esbelta y Justo a Tiempo.

1.3.2 Técnicas

Con el objetivo de tener informaciones precisas y confiables para este estudio se aplicarán las técnicas siguientes:

1.3.2.1 Observación:

Se observarán los procesos de ensamble de los productos Size 0 y Size 4 con el objetivo de conocerlo y que sirva de base para hacer un análisis de tiempo confiable; se ha tratado de no estorbar a los operadores en el proceso de observación.

1.3.2.2 Entrevistas:

Se llevaran a cabo entrevistas para conseguir los puntos de vistas de las personas que cada día interactúan con los procesos, de esta manera la información será de primera fuente y confiable.

1.3.2.3 Consultas Bibliográficas:

Se harán consulta de libros, publicaciones y procedimientos internos de la empresa para de esta manera hacer una aproximación de los conceptos teóricos con la realidad aplicada a esta empresa de manufactura eléctrica.

1.4 Limitaciones.

Los límites de esta investigación fueron puestos por la empresa estudiada, por lo que se estarán obviando una serie de informaciones tales como, nombre de los productos en este caso Size 0 y Size 4.

Otra de las limitaciones fue el uso del nombre de la empresa que por razones de imagen corporativa no fue posible suministrarlo. En este caso se decidió utilizar un nombre simbólico “contactores Sunik”. Se limitó además el uso de material filmográfico para evitar cualquier reproducción de sus procesos.

Dentro del marco de las restricciones estaba la cantidad de data histórica en los reportes de prueba, eficiencia y demanda de no más de cinco años; también se puso límite a las consultas del personal única y exclusivamente a las personas que actualmente trabajaban en las líneas de producción estudiadas.

Sin embargo, los datos e informaciones presentados en el presente estudio se han puesto de manera consciente y no afecta en lo absoluto, ni el nombre ni la imagen de la empresa.

CAPITULO II: DESCRIPCION GENERAL DE LA EMPRESA

2 La Empresa:

Contactores Sunik es una empresa del sector de Zona Franca, ubicada en el Parque Industrial de Itabo, municipio de Haina de la provincia San Cristóbal. Se dedica al ensamble de componentes eléctricos industriales, tales como: contactores eléctricos, selectores, luces indicadoras, bobinas, protectores de sobre carga, etc. Estos componentes son exportados a los Estados Unidos en donde se distribuyen al mundo entero.

2.1 Historia

Contactores Sunik inicia sus operaciones en la República Dominicana en el año 1987 en el Parque Industrial de Itabo del municipio de Haina de la provincia San Cristóbal con dos líneas de producción.

Cuenta con unos 230 empleados distribuidos en dos turnos de trabajo, el noventa y cinco por ciento de las operaciones se concentran en el turno de la mañana. Existe una diversidad de género porque parte de sus políticas y valores así lo exigen.

2.2 Misión, Visión, Valores, Código de Ética y Filosofía

2.2.1 Misión

Ser el mejor proveedor para nuestros clientes, ofreciendo productos, servicios y soluciones destacadas y altamente valoradas.

2.2.2 Visión

Ser la compañía más admirada de nuestros mercados.

2.2.3 Valores

Los Valores compartidos forman parte de la gente y la cultura de nosotros y reflejan nuestra manera de hacer negocios y nuestro compromiso. Estos valores son:

1. Enfocar todas nuestras acciones hacia nuestros clientes.
2. Reconocer que la gente es nuestro recurso más importante.
3. Tratar a los demás con respeto.
4. Ser justos, honestos y abiertos.

5. Cuidar del medio ambiente y nuestra comunidad.
6. Cumplir con nuestros compromisos.
7. Buscar la excelencia.

2.2.4 Código de Ética

“Empieza con los valores. La gente habla constantemente de nuestros valores, lo que la hace sentirse tan orgullosa de formar parte de esta organización. Definen nuestro patrimonio y son la base de nuestro futuro. Son los cimientos de nuestros resultados. Son los cimientos de nuestra confianza. Son los cimientos de nuestro orgullo. Y para que nadie deje de reforzar y defender nuestros valores ni un sólo día, recordemos que son nuestra fuente de diferenciación. Son lo que hace de Nuestra empresa un lugar muy especial. Y resumimos todo esto diciendo que empieza con las cosas pequeñas: hacer lo correcto”.

2.2.5 Filosofía

La manera en que vemos nuestra relación con los empleados está basada en nuestra filosofía de buscar la excelencia a través de la gente, contenida en los siguientes principios:

- Esperamos lo mejor de nuestros empleados. Creemos que los empleados desean hacer lo correcto para los clientes, para la compañía y para sí

mismos. Nuestras políticas y decisiones se basan en esa premisa. Al realizar siempre nuestro máximo esfuerzo, validamos esta creencia con nuestras acciones.

- Estamos comprometidos a atraer, desarrollar y mantener una fuerza de trabajo diversa que refleje la naturaleza del negocio a nivel mundial. Nuestra empresa es mundial, diversa y altamente competitiva. Nuestro éxito depende de nuestra habilidad para obtener lo mejor de nuestros talentos, sin distinciones de sexo, raza u otra característica que nos diferencia, en concordancia con la diversidad de nuestros clientes y los diferentes ambientes en los que hacemos negocios.
- Comunicarse con los empleados de una manera franca y oportuna, enfatizando en la comunicación directa. Proveemos a nuestros empleados de información oportuna, regularmente y necesaria para la correcta realización de su trabajo, tomar decisiones y cumplir las metas de la empresa. Los empleados responden dando retroalimentación a la empresa y aportando sus ideas. El resultado es un diálogo franco que busca la excelencia en ambas partes.
- Buscamos la participación activa de todos los empleados en la búsqueda de nuestro continuo éxito y crecimiento. El alto rendimiento proviene de empleados que se involucran en su trabajo: pensando, tomando decisiones,

y compartiendo ideas. Nuestra empresa les provee el ambiente, las herramientas y los recursos para motivar la máxima participación de todos los empleados.

- Aceptamos el reto de un aprendizaje permanente. Conforme vamos viendo los cambios acelerados en las expectativas de los clientes, los mercados, la competencia y la tecnología, comprendemos que debemos mantener un aprendizaje continuo para poder contribuir a las metas de nuestro negocio. Esto significa aprender habilidades que sean efectivas en el cumplimiento de nuestras responsabilidades y que nos ayuden para poder adaptarnos a los cambios en la demanda.
- Hacemos nuestro trabajo con un sentido de urgencia: La competencia global ha acelerado la velocidad de los negocios en todos lados. Ya no es suficiente solamente hacer un trabajo de calidad. La diferencia del éxito consiste en hacer un trabajo de calidad y de una manera más rápida que nuestros competidores. Procuramos eliminar barreras para poder lograrlo. Los empleados aceptan la necesidad de balancear calidad y seguridad con velocidad y pronta respuesta en todo lo que hacemos.
- Somos responsables por nuestros compromisos y esperamos que nuestro desempeño sea medido o evaluado. Así como nuestra empresa es responsable ante sus inversionistas, clientes y empleados, los empleados a

su vez son responsables por sus deberes: satisfacer a los clientes y contribuir al crecimiento de la compañía y al éxito ante sus competidores.

- Nuestra compensación es justa y competitiva para los empleados con desempeño que contribuya al éxito del negocio. Es esencial que los empleados sean recompensados de manera justa y competitiva por sus contribuciones al éxito de nuestra empresa. "Justo" significa que la compensación debe reflejar el nivel de nuestra contribución: entre mayor es la contribución mayor es la recompensa. "Competitivo" significa que debemos ganar en nuestra empresa tanto como se gana en otras compañías con las que competimos, para puestos de trabajo similares.
- Valoramos las ideas de los empleados y proporcionamos un ambiente en donde las mismas surjan. Crecemos, como negocio y como personas, cuando pensamos activamente acerca de nuestro trabajo y nos sentimos alentados a contribuir con nuestras ideas. Esto significa, discutir y darle la bienvenida a todas las ideas, las perdedoras y las ganadoras, las que cuestionan los usos y costumbres como las del trabajo diario. Cuando los empleados confían en que la empresa valora sus ideas, ganamos acceso a un rico campo de creatividad e innovación.

CAPITULO III

3 Distribución en Planta.

3.1 Definición de distribución en planta

La distribución en planta consiste en la ordenación física de los factores y elementos industriales que participan en el proceso productivo de la empresa, en la distribución del área, en la determinación de las figuras, formas relativas y ubicación de los distintos departamentos. (De la Fuente Garcia y Fernandez Quezada, 2005)

3.2 Objetivos de la distribución en planta

El objetivo principal de una distribución en planta efectiva es desarrollar un sistema de producción que permita la manufactura del número deseado de productos, con la calidad deseada, al menor costo. La distribución física es un elemento importante del sistema de producción que comprende instrucciones de operación, control de inventarios, manejo de materiales, programación, determinación de rutas y despacho. Todos estos elementos deben integrarse con cuidado para satisfacer el objetivo establecido. (Santos, et al., 2006)

Modificar la distribución puede afectar la organización y la forma como satisface sus prioridades competitivas, de las siguientes maneras: (Lee, et al., 2008)

- Aumentar la satisfacción de los clientes y las ventas en una tienda minorista.
- Facilitar el flujo de materiales e información.
- Acrecentar la utilización eficiente de la mano de obra y equipo.
- Reducir los riesgos para los trabajadores.
- Mejorar la moral de los empleados.
- Mejorar la comunicación.

3.3 Mejoras del diseño de la Distribución en Planta

Las mejoras en la distribución en planta típicamente ocurren más de una vez durante la vida de una fábrica. El estudio de los diseños de distribución en planta busca la ubicación óptima para todos los recursos de producción. Al mismo tiempo, el estudio trata de asegurar que el impacto económico del proyecto en la empresa sea lo más positivo posible. Por último, la nueva distribución en planta debe ser lo más segura y satisfactoria posible para los empleados. (Santos, et al., 2006)

3.4 Motivos para cambiar el diseño

Los signos y las razones para proponer un cambio en la distribución de la planta son muy variados; a continuación se presenta una lista de los más relevantes:

3.4.1 Cambios de ubicación

Hay múltiples razones para sugerir un cambio de la distribución de una planta. Existen líneas de manufactura que se localizaron hace muchos años en lugares que se han convertido en pequeños o poco flexibles. El punto de partida para una nueva distribución de la planta también es diferente si la empresa opta por una nueva ubicación y lleva a cabo la construcción de edificios nuevos o si la nueva ubicación está construida ya. Hoy en día, las nuevas construcciones permiten un diseño ideal porque, con pocas excepciones, la funcionalidad de la construcción es el foco principal en el diseño del edificio. Como resultado, la superficie de fábrica se utiliza mejor. (Santos, et al., 2006)

3.4.2 Incorporación de nuevos equipos

Nuevas necesidades y mejoras tecnológicas son la base de la adquisición de maquinarias. Encontrar la mejor ubicación para el equipo adquirido puede convertirse en un problema crítico en función de si el sistema funcionará de la manera esperada.

Si el producto es similar al actual se puede necesitar simplemente nuevas herramientas y más espacios de almacenamiento. Si por el contrario el producto no es similar puede ser necesaria una nueva línea de producción, un nuevo departamento o la creación de una planta nueva. (Vaughn, 1988)

3.4.3 Los problemas con el flujo de materiales

Se pretende que el transporte de materiales sea mínimo por, al menos dos razones: Reducir los costes de movimiento de materiales, ya que se utilizan máquinas y personas para realizar esta actividad.

Disminuir las pérdidas en los productos que son sensibles al transporte, ya que, cuanto más se transportan los productos, más deterioros se van a producir. (Sánchez, et al., 2008)

3.4.4 Alto Trabajo en Proceso WIP

La mayoría de las situaciones de la empresa, como manejo de materiales, cercanía con el punto de almacenamiento y/o acceso por parte del personal de la empresa varían con el tiempo, así que lo que pudo haber sido un buen diseño no siempre puede dar buenos resultados. Una medida o buen indicador del cambio en una empresa es la cantidad de productos parcialmente terminados (trabajo en proceso).

Es solamente en los casos en que la mezcla de productos y los cambios por lotes ocurran que la empresa debe hacer un análisis detallado de la distribución. Los cambios no abruptos en la variabilidad del producto pueden ocultar los efectos negativos del excesivo trabajo en proceso (WIP) causados por los cambios de ingeniería y la demanda de los productos manufacturados. (Santos, et al., 2006)

3.4.5 One-Piece Flow

Una pieza cada vez es la solución óptima para la reducción del tiempo de proceso. Cuando no es posible recurre a la producción de pequeños lotes. El sistema One-Piece-Flow es el modo de organizar la producción con el avance del material una pieza cada vez con un flujo continuo. Cada una de las piezas pasa de una fase productiva a la otra sin acumulaciones entre las máquinas.

El sistema contribuye potentemente al aumento de la velocidad y al mismo tiempo permite la máxima flexibilidad. Con la producción One-Piece-Flow, el material atraviesa a las secciones de la forma más rápida y es el único modo eficaz para acabar con los almacenamientos intermedios (trabajo en proceso). (Galgano, 2002)

Es un ideal de la filosofía de Manufactura Esbelta, el flujo de una sola pieza evita el flujo de procesos por lotes para permitir una mejora en los tiempos de producción y la reducción del inventario de trabajos en proceso. Antes de empezar

a explicar las herramientas de análisis de diseño, es importante aclarar la definición de lote de producción y la transferencia a pesar de que ambos tamaños normalmente son los mismos:

- Lote de producción, o de proceso, es el volumen de producto que se pretende obtener en un proceso. La cantidad correspondiente de material debe ponerse a disposición de la primera operación, y luego, de las demás.
- Transferencia de lote se define como la cantidad de producto que se transfiere desde una operación, a la siguiente, puede coincidir con el lote de producción (en cuyo caso este no se transfiere hasta que se ha terminado por completo) o puede ser una fracción del mismo que ya esté lista, ejemplo un contenedor. (Cuatrecasas, 2010)

El número de unidades que fluyen de una máquina a la siguiente. Esto también se conoce como una unidad de carga. El trabajo en proceso disminuye en función de la reducción del tamaño de la transferencia por lotes.

En el primer caso, el lote de transferencia es igual a la del lote de producción, mientras que en el segundo caso, el número de piezas que el flujo de transferencia es un tercio del lote de producción. Las ventajas de reducir el lote de transferencia son:

- Realimentación de información es más rápido. Como resultado, la información sobre la calidad de un producto es recibida antes, y la reacción para evitar el rechazo de todo el lote es más rápido.
- El tiempo de espera se reduce.

Sin embargo, la reducción en el lote de transferencia aumenta la manipulación de materiales entre las secciones en la misma proporción que el lote se redujo.

El flujo de una sola pieza elimina la mayoría de los signos y las razones de la necesidad de cambiar el diseño descrito en la sección anterior, y es una de las herramientas Just-in-Time (JIT).

Para acercarse a un flujo de una pieza ideal, el flujo de material entre los dos equipos y estaciones de trabajo tiene que ser minimizados o eliminados. Si esto no es posible, entonces las máquinas debe estar ubicado lo más cerca posible. Esto debe tomarse en cuenta principalmente atendiendo al tipo de industria o empresa en la cual se hará el diseño. (Santos, et al., 2006)

3.5 Tipos de diseños de Distribución en Planta

Dependiendo fundamentalmente del tipo de producción de la empresa, la distribución adoptada podrá ser de uno de los siguientes tipos:

- Distribución por Posición fija.
- Distribución por Proceso.
- Distribución por Producto.
- Distribución Celular o Combinado.

3.5.1 Distribución por Posición Fija:

La distribución en planta por posición fija se utiliza cuando no es conveniente mover el producto, ya sea porque éste es de gran tamaño o peso, o porque tiene alguna característica específica que lo impida. Como consecuencia, el producto permanecerá inmóvil y serán los elementos productivos los que se acercaran y actuarán sobre él, ya sean operarios, maquinaria, o componentes a añadir al producto inicial. La figura 1 muestra un ejemplo de este tipo de distribución.



Figura 1. Ensamble de un avión Airbus A340/600 en Toulouse Francia

Esta distribución en planta deberá analizarse bajo la óptica de la secuencia y la maniobrabilidad de los recursos productivos que actúen en cada operación. A pesar de que muchos de los productos fabricados por posición fija comparten una serie de características generales, la producción de cada unidad puede considerarse como un proyecto. Ejemplo, buques mercantes fabricados en astilleros, vehículos espaciales o maquinas industriales de gran tamaño. (Suñe y Acusa, 2004)

3.5.1.1 Ventajas y desventajas de la distribución por producto

3.5.1.1.1 Ventajas de la distribución por producto

- Bajo costo variable por unidad, usualmente asociado con los productos estandarizados de alto volumen.
- Bajo costos de manejo de materiales.
- Inventario de trabajo en proceso reducidos.
- Capacitación y supervisión más sencillas
- Producción rápida.

3.5.1.1.2 Desventajas de la distribución por producto

- Se requiere un alto volumen debido a la gran inversión necesaria para establecer el proceso.
- Cuando se detiene el proceso en cualquier fase se detiene toda la operación.
- Falta de flexibilidad cuando se maneja una variedad de productos o tasas de producción.

3.5.2 Distribución por Proceso:

Las distribuciones en planta orientadas al proceso son adecuadas para operaciones intermitentes cuando los flujos de trabajo no están normalizados para todas las unidades de producción. Los flujos de trabajos no normalizados se presentan ya sea cuando se fabrica una gama de productos diferenciados, o cuando se elabora un tipo de producto básico con muchas posibles variantes de proceso.

En la distribución en planta orientada al proceso, si se observa la figura 2 se aprecia que los centros o los departamentos de trabajo involucrados en el proceso de planta se agrupan por el tipo de función que realizan. (Adam y Ebert, 2010)

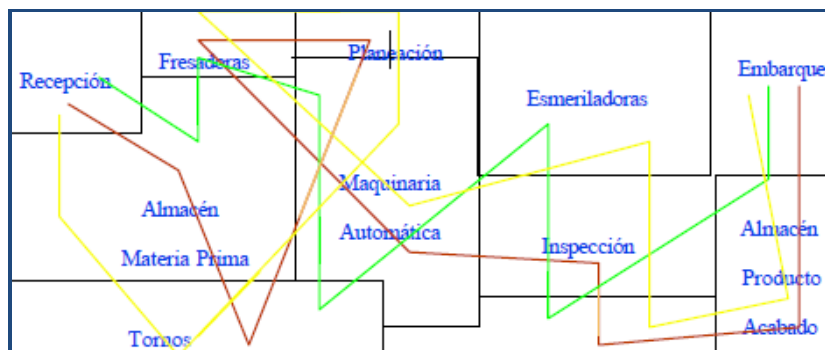


Figura 2. Distribución en planta por proceso

3.5.2.1 Ventajas y desventajas de la Distribución por Proceso

3.5.2.1.1 Ventajas de la distribución por proceso

- El sistema tiene la flexibilidad para producir casi cualquier parte que encaja dentro de los límites de las máquinas volumétricas.
- La comprensión en profundidad de un proceso específico se puede obtener.
- Algunas herramientas y partes pueden ser compartidas entre las máquinas.

3.5.2.1.2 Desventajas de la distribución por proceso

- El flujo es difícil de manejar y controlar.
Por lo general, una gran cantidad de inventario en frente de cada máquina.
- Configuración suele ser caro.
- Manejo de materiales a veces son grandes.
- Es difícil de automatizar estos tipos de sistemas. (Santos, et al., 2006)

3.5.3 Distribución por Producto

Los elementos que integran el sistema se disponen a lo largo de la trayectoria que siguen los materiales, desde que se inicia el proceso hasta que se obtiene el producto terminado. La figura 3 muestra un ejemplo de este tipo de distribución.

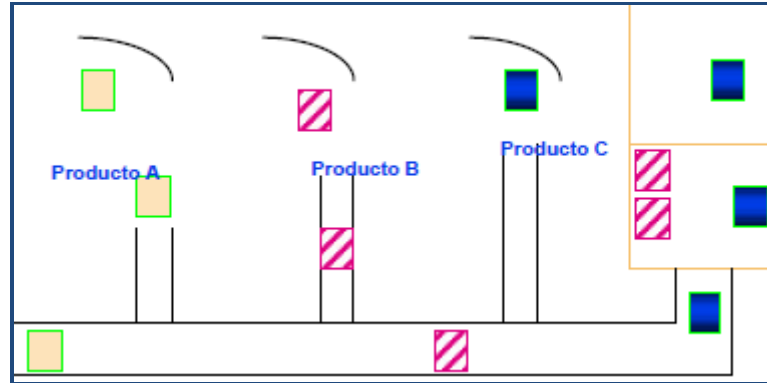


Figura 3.Distribución por producto

Estas distribuciones den planta son las características de productos de gran serie (como los automóviles o electrodomésticos). (Valhonrat y Corominas, 1991)

Se utiliza eficazmente para la producción económica de altos volúmenes de mercancías. En esta distribución las maquinarias y las materias primas se organizan de tal manera que cada producto esté relacionado directamente con su línea y sus insumos separadamente uno de otro producto. (Santos, et al., 2006)

3.5.3.1 Ventajas y desventajas de la Distribución por Producto

Para Heizer y Render (2004) las ventajas y desventajas son las siguientes:

3.5.3.1.1 Ventajas de la distribución por producto

- Los grandes lotes se pueden producir a bajo costo.
- El manejo de materiales es mínimo.

- En los procesos los materiales se reducen al mínimo.
- Son fáciles de controlar.
- La automatización es más factible y justificable.

3.5.3.1.2 Desventajas de la distribución por producto

- Son inflexible, en que sólo uno o muy pocos productos pueden ser producidos en ellos.
- El tiempo de instalación de estos sistemas es muy grande.
- Se requiere la duplicación de partes para remplazar herramientas para poder minimizar el mantenimiento.

3.5.4 Distribución Celular o Combinado

Esta es típica del sistema de producción ajustada. En ella, las piezas mecanizadas en la célula de trabajo en forma de U deben entrar por un brazo y salir por el otro, siguiendo una trayectoria secuencial. La actividad que realiza el operario no tiene por qué ser secuencial. Esto haría perder tiempo en el desplazamiento y exigiría espacio en el centro de la célula para dos operarios, espalda con espalda. La figura 4 muestra un ejemplo de este tipo de distribución.

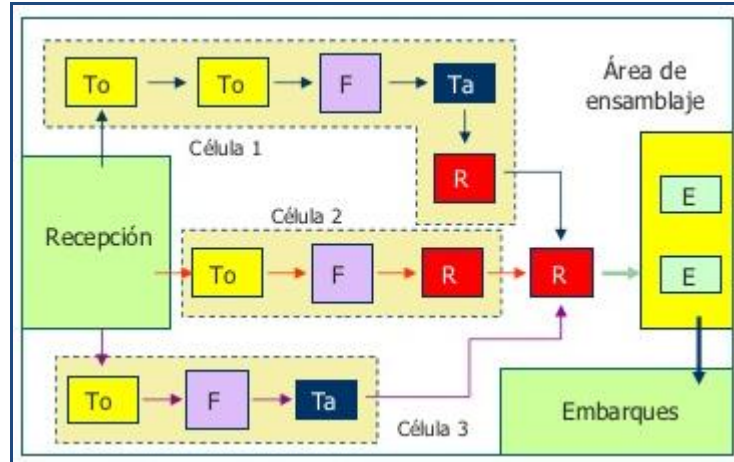


Figura 4. Distribución en planta Celular combinado.

Las formas de U son fáciles de ajustar aumentando o disminuyendo el número de trabajadores asignados. Si el programa de producción se reduce a la mitad para una célula la mitad de los empleados deberían de moverse a otras estaciones. (Sánchez, et al.,2008)

3.6 Planificación de la distribución

Los planes de distribución traducen las decisiones generales sobre las prioridades competitivas, estrategia de procesos, calidad y capacidad de los procesos en disposiciones físicas del personal, equipo y espacio. Para que un gerente pueda tomar decisiones relativas a la disposición física, tiene que tener que responder cuatro preguntas: (Lee, et al.,2008)

1. ¿Qué centros deberán incluirse en la distribución? Los centros deben reflejar las decisiones del proceso y maximizar la productividad. Por ejemplo en un área de información cerca de la entrada de un banco u hotel puede guiar mejor a los clientes hacia los servicios deseados.
2. ¿Cuánto espacio y capacidad necesita cada centro? Cuando el espacio es insuficiente puede reducir la productividad, quitar privacidad a los empleados e incluso crear riesgos para la salud y seguridad. Sin embargo el espacio excesivo es dispendioso, puede reducir la productividad y aísla a los empleados innecesariamente.
3. ¿Cómo se debe configurar el espacio de cada centro? La cantidad de espacio, su forma y los elementos que integran un centro de trabajo están relacionados entre sí. La meta de proveer un ambiente agradable se debe considerar también como parte de las decisiones relativas a la configuración de la distribución, sobre todo en establecimientos de comercio minorista y oficinas.
4. ¿Dónde debe localizar cada centro? La localización puede afectar notablemente la productividad. Por ejemplo: los empleados tienen que interactuar con frecuencia en forma personal tienen que trabajar en una

ubicación central y no en lugares separados y distantes, a fin de reducir el tiempo de transporte de un lugar a otro.

3.7 Metodología de diseño de distribución en planta

Existen varias metodologías para resolver el problema de diseño de la distribución en planta, los principales métodos encontrados son:

- Método de Immer.
- Método de análisis de secuencia (*sequence analysis*) de Buffa.
- Metodología de Reed.
- Metodología del enfoque de sistemas ideales (*ideal systems approach*) de Nadler.
- Metodología de Apple.

3.7.1 Pasos para la Planificación Sistemática de la Distribución en Planta

En general se deben cumplir seis pasos básicos necesarios para diseñar una solución aceptable para un problema de diseño de una distribución en planta.

(Santos, et al.,2006)

Paso 1: Formular el problema

Paso 2: Análisis del Problema

Paso 3: Búsqueda de Alternativas

- En primer lugar el conjunto y luego los detalles.
- En primer lugar la solución ideal y luego la práctica.
- Lluvia de ideas.

Paso 4: Elegir la solución correcta

Paso 5: Especificación de la Solución

Paso 6: Ciclo de diseño

3.7.2 Metodología de la Planeación Sistemática de la Distribución en Planta (Systematic Layout Planning) de Muther¹.

3.7.2.1 Los ocho factores de Muther: (Santos et al., 2006)

Mediante el análisis de los siguientes ocho factores, es posible determinar las restricciones de diseño y los requisitos principales que una alternativa nueva tiene con el fin de elegir el mejor diseño dentro de un conjunto de soluciones propuestas.

¹

Richard Muther es el fundador de IHPP Muther, Richard & Associates, y Muther Internacional. Es ampliamente respetado como ingeniero industrial y consultor de gestión, y ha sido llamado "el padre de la planificación sistemática.

3.7.2.2 Factor Material

El factor material no cubre el estudio de los materiales utilizados para fabricar el producto, aunque el nombre podría implicar que debería. El propósito de este factor es familiarizarse con los diferentes pasos de producción necesaria para fabricar el artículo y para analizar cómo el material se transforma de materia prima en un producto final.

La secuencia de las operaciones debe ser estudiada sin tener en cuenta la ubicación relativa de cada proceso en la fábrica. Por ejemplo, para la fabricación de un destornillador, el primer paso consiste en formar una barra de acero en la barra de destornillador con la punta apropiada. El mango entonces se crea mediante un proceso de moldeo por inyección para un mango de plástico, con las dos piezas después de ser ensamblados. Este factor ayuda a entender la tecnología de la empresa y saber la gama de productos de la compañía.

3.7.2.3 Factor Maquinaria

En el segundo factor se analizan los tipos de máquina y el número de máquinas existente en la fábrica. Es importante tomar nota de la cantidad de cada tipo y sus principales dimensiones en caso de que esto se convierte en un obstáculo crítico. También es necesario analizar las condiciones de funcionamiento, tales como

vibración, temperatura, etc., a fin de evitar poner las máquinas incompatibles juntas. Por ejemplo, una prensa de hoja de metal pesado y una máquina de precisión no son muy compatibles.

3.7.2.4 Factor Trabajo

El personal del departamento de producción se debe contar, desde los operarios de la máquina hasta los jefes de sección. Además, el manejo de materiales y la entrada del técnico de mantenimiento son importantes.

Para facilitar el estudio de este factor, se recomienda el uso de diagramas trabajador-maquina. Esta herramienta le permite descubrir las operaciones que llevan a cabo los trabajadores en las máquinas y la disposición relativa de los elementos del área de trabajo con el fin de simplificar las tareas de los trabajadores.

3.7.2.5 Factor Movimiento

El factor de movimiento analiza el flujo de materiales entre centros de trabajo. Este flujo no añade valor al producto, y en consecuencia, el manejo debe ser eliminado como sea posible. Es Lógico que eliminar por completo el movimiento es ideal, pero más a menudo es posible eliminar ciertos componentes de manipulación para obtener una solución mejor. Hay principalmente dos herramientas para el análisis

de movimiento entre las máquinas: el diagrama de flujo de proceso y la matriz de transferencia.

Flujo de proceso gráfico. Un diagrama de flujo de proceso representa, de manera gráfica, la trayectoria y las acciones llevadas a cabo en un producto. Cinco símbolos estándares se utilizan para mostrar todas las operaciones.

El símbolo del círculo representa una operación, el símbolo de flecha representa un transporte, el cuadrado representa una inspección, el triángulo invertido representa un almacenamiento, y la letra D representa un tiempo de espera o retraso.

La diferencia entre los dos últimos símbolos es que, en el primer caso, es necesario retirar el producto de una ubicación de almacén o inventario después del almacenamiento. El uso de estos símbolos como herramientas, las mejoras de movimiento puede ser previsto y otorga ventajas cuantificada cuando se presenta modificación.

3.7.2.1 Factor Espera

Este factor comprende el estudio de los tres almacenes principales: Materias primas, productos en proceso y el producto final. El objetivo del factor de

espera es determinar el espacio requerido en cada uno de los almacenes. Muther recomienda un análisis en profundidad del espacio requerido para cada producto. Normalmente ocurre que, debido a la magnitud del estudio de almacén, un proyecto de diseño específico debe ser descrito.

3.7.2.2 Factor de Servicio

El factor de servicio se utiliza para analizar dos características diferentes:

- Estudio de las condiciones ambientales del área de trabajo (es decir, el brillo, los ruidos, los olores, el espacio de trabajo mínimo) con el fin de decidir que los parámetros sean aceptables con respecto a los reglamentos existentes.
- En relación con la característica anterior, las condiciones de trabajo son analizados con énfasis en el personal de servicio de la planta, son principalmente los de calidad, los de logística y el mantenimiento. Espacio para maniobras mínimas para carretillas elevadoras y otros equipos especiales utilizados en estos servicios es un factor típico.

3.7.2.3 Factor Construcción

El factor de edificio analiza la superficie útil real del edificio. Este factor tiene en cuenta la forma de la planta, las columnas, la situación de ventana para la ventilación, y las áreas de posible extensión.

3.7.2.4 Factor de Cambio

Lamentablemente, el diseño propuesto no será válido siempre. Tampoco el objetivo de este factor es dejar la empresa preparada para cualquier cambio futuro, porque el futuro es generalmente desconocido. El factor de cambio está destinado a observar, desde un punto de vista crítico, la solución adoptada. Por ejemplo, si el nuevo almacén de materias primas ha sido diseñado sin espacio libre, es muy probable que el diseño tenga que ser examinado de nuevo en un futuro próximo si la demanda crece.

La aplicación de este factor es sin duda la parte más difícil del estudio. Es necesario que se faciliten al diseñador los planes futuros de la compañía (por ejemplo, el aumento del número de referencias, los cambios del mercado objetivo, etc.) con el fin de ampliar la utilidad del diseño propuesto para que sea lo más duradero posible.

3.7.3 Metodología de la Planeación Sistemática de la Distribución en Planta

Esta metodología conocida como SLP por sus siglas en inglés, ha sido la más aceptada y la más comúnmente utilizada para la resolución de problemas de distribución en planta a partir de criterios cualitativos, aunque fue concebida para el diseño de todo tipo de distribuciones en planta independientemente de su naturaleza. (Pérez, 2006)

Fue desarrollada por Richard Muther en 1961 como un procedimiento sistemático multicriterio, igualmente aplicable a distribuciones completamente nuevas como a distribuciones de plantas ya existentes. El método (resumido en la Figura 5) reúne las ventajas de las aproximaciones metodológicas precedentes e incorpora el flujo de materiales en el estudio de distribución, organizando el proceso de planificación total de manera racional y estableciendo una serie de fases y técnicas que, como el propio Muther describe, permiten identificar, valorar y visualizar todos los elementos involucrados en la implantación y las relaciones existentes entre ellos (Muther, 1968)

3.7.3.1 Fases de Desarrollo del SLP

Las cuatro fases o niveles de la distribución en planta, que además pueden superponerse uno con el otro, son según Muther (1968):

3.7.3.1.1 Fase I: Localización.

Aquí debe decidirse la ubicación de la planta a distribuir. Al tratarse de una planta completamente nueva se buscará una posición geográfica competitiva basada en la satisfacción de ciertos factores relevantes para la misma. En caso de una redistribución el objetivo será determinar si la planta se mantendrá en el emplazamiento actual o si se trasladará hacia un edificio recién adquirido, o hacia un área similar potencialmente disponible.

3.7.3.1.2 Fase II: Distribución General del Conjunto.

Aquí se establece el patrón de flujo para el área que va a ser distribuida y se indica también el tamaño, la relación, y la configuración de cada actividad principal, departamento o área, sin preocuparse todavía de la distribución en detalle. El resultado de esta fase es un bosquejo o diagrama a escala de la futura planta.

3.7.3.1.3 Fase III: Plan de Distribución Detallada.

Es la preparación en detalle del plan de distribución e incluye la planificación de donde van a ser colocados los puestos de trabajo, así como la maquinaria o los equipos.

3.7.3.1.4 Fase IV: Instalación.

Esta última fase implica los movimientos físicos y ajustes necesarios, conforme se van colocando los equipos y máquinas, para lograr la distribución en detalle que fue planeada. Estas fases se producen en secuencia, y según el autor del método para obtener los mejores resultados debe solaparse unas con otras.

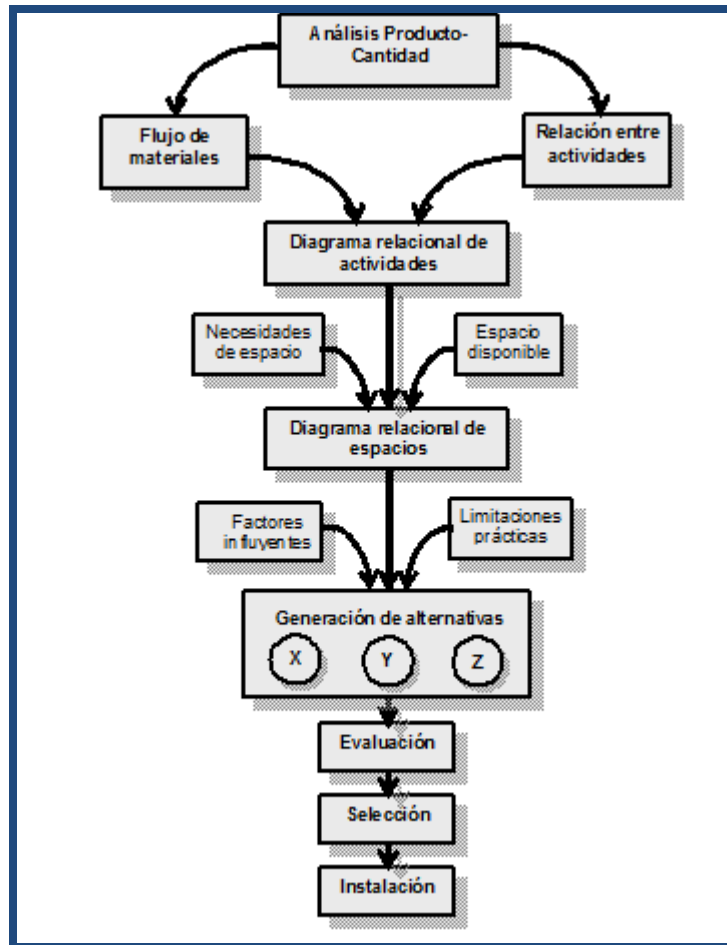


Figura 5. Método SLP resumido, Fuente: Muther (1968)

3.7.4 Pasos para llevar a cabo el SLP

Según Muther (1968) estos son los pasos que se deben seguir para llevar a cabo el SLP:

3.7.4.1 Paso 1: Análisis producto-cantidad

Lo primero que se debe conocer para realizar una distribución en planta es qué se va a producir y en qué cantidades, y estas previsiones deben disponer para cierto horizonte temporal. A partir de este análisis es posible determinar el tipo de distribución adecuado para el proceso objeto de estudio. En cuanto al volumen de información, pueden presentarse situaciones variadas, porque el número de productos puede ir de uno a varios miles.

Si la gama de productos es muy amplia, convendrá formar grupos de productos similares, para facilitar el tratamiento de la información, la formulación de previsiones, y compensar que la formulación de previsiones para un solo producto puede ser poco significativa.

Posteriormente se organizarán los grupos según su importancia, de acuerdo con las previsiones efectuadas. Muther (1981) recomienda la elaboración de un gráfico en el que se representen en abscisas los diferentes productos a elaborar y en ordenadas las cantidades de cada uno. Los productos deben ser representados en la gráfica en orden decreciente de cantidad producida. En función del gráfico resultante es recomendable la implantación de uno u otro tipo de distribución. (Pérez, 2006)

3.7.4.2 Paso 2: Análisis del recorrido de los productos (flujo de producción)

Se trata en este paso de determinar la secuencia y la cantidad de los movimientos de los productos por las diferentes operaciones durante su procesado. A partir de la información del proceso productivo y de los volúmenes de producción, se elaboran gráficas y diagramas descriptivos del flujo de materiales.

Tales instrumentos no son exclusivos de los estudios de distribución en planta; son o pueden ser los mismos empleados en los estudios de métodos.

Entre estos se cuenta con:

- Cursograma analítico.
- Diagrama multi-producto.
- Matrices origen- destino.
- Diagramas de hilos.
- Diagramas de recorrido.

3.7.4.3 Paso 3: Análisis de las relaciones entre actividades

Conocido el recorrido de los productos, debe plantearse el tipo y la intensidad de las interacciones existentes entre las diferentes actividades productivas, los

medios auxiliares, los sistemas de manipulación y los diferentes servicios de la planta.

Estas relaciones no se limitan a la circulación de materiales, pudiendo ser ésta irrelevante o incluso inexistente entre determinadas actividades. La no existencia de flujo material entre dos actividades no implica que no puedan existir otro tipo de relaciones que determinen, por ejemplo, la necesidad de proximidad entre ellas; o que las características de determinado proceso requieran una determinada posición en relación a determinado servicio auxiliar.

Entre otros aspectos, el proyectista debe considerar en esta etapa las exigencias constructivas, ambientales, de seguridad e higiene, los sistemas de manipulación necesarios, el abastecimiento de energía y la evacuación de residuos, la organización de la mano de obra, los sistemas de control del proceso, los sistemas de información, etc.

Esta información resulta de vital importancia para poder integrar los medios auxiliares de producción en la distribución de una manera racional. Para poder representar las relaciones encontradas de una manera lógica y que permita clasificar la intensidad de dichas relaciones, se emplea la tabla relacional de actividades (Figura 6), consistente en un diagrama de doble entrada, en el que

quedan plasmadas las necesidades de proximidad entre cada actividad y las restantes según los factores de proximidad definidos a tal efecto.

Es habitual expresar estas necesidades mediante un código de letras, siguiendo una escala que decrece con el orden de las cinco vocales: A (absolutamente necesaria), E (especialmente importante), I (importante), O (importancia ordinaria) y U (no importante); la indeseabilidad se representa por la letra X.

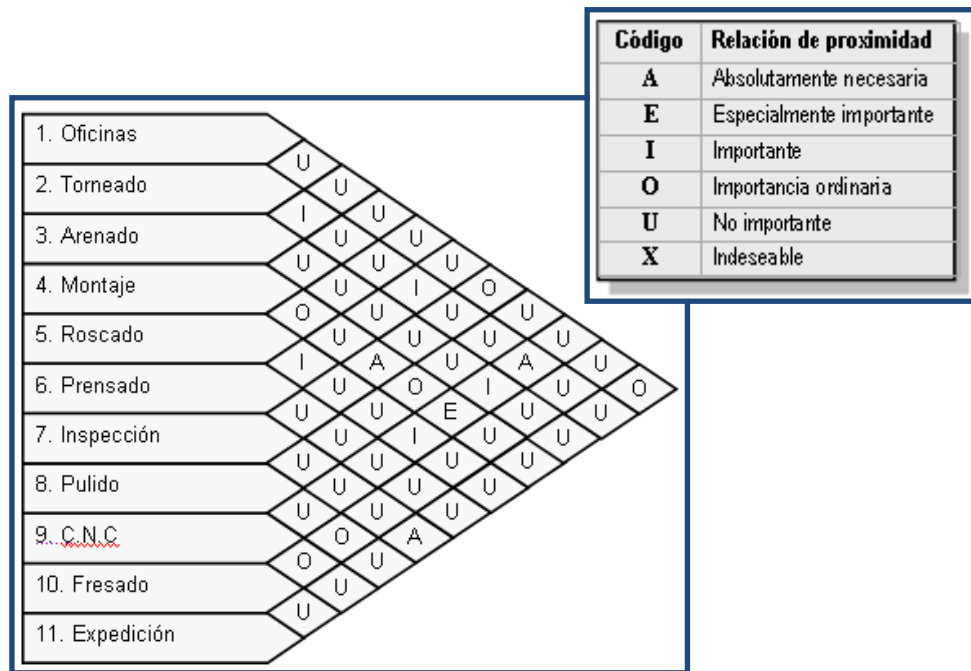


Figura 6. Diagrama de relación de actividades, Fuente: Pérez (2006)

3.7.4.4 Paso 4: Desarrollo del diagrama relacional de actividades

La información recogida hasta el momento, referente tanto a las relaciones entre las actividades como a la importancia relativa de la proximidad entre ellas, es recogida en el Diagrama Relacional de Actividades. Éste pretende recoger la ordenación topológica de las actividades en base a la información de la que se dispone. De tal forma, en dicho grafo los departamentos que deben acoger las actividades son adimensionales y no poseen una forma definida.

El diagrama es un grafo en el que las actividades son representadas por nodos unidos por líneas. Estas últimas representan la intensidad de la relación (A,E,I,O,U,X) entre las actividades unidas a partir del código de líneas que se muestra en la Figura 7.

A continuación este diagrama se va ajustando a prueba y error, lo cual debe realizarse de manera tal que se minimice el número de cruces entre las líneas que representan las relaciones entre las actividades, o por lo menos entre aquellas que representen una mayor intensidad relacional.

De esta forma, se trata de conseguir distribuciones en las que las actividades con mayor flujo de materiales estén lo más próximas posible (cumpliendo el principio de la mínima distancia recorrida, y en las que la secuencia de las actividades sea similar a aquella con la que se tratan, elaboran o montan los materiales (principio de la circulación o flujo de materiales).

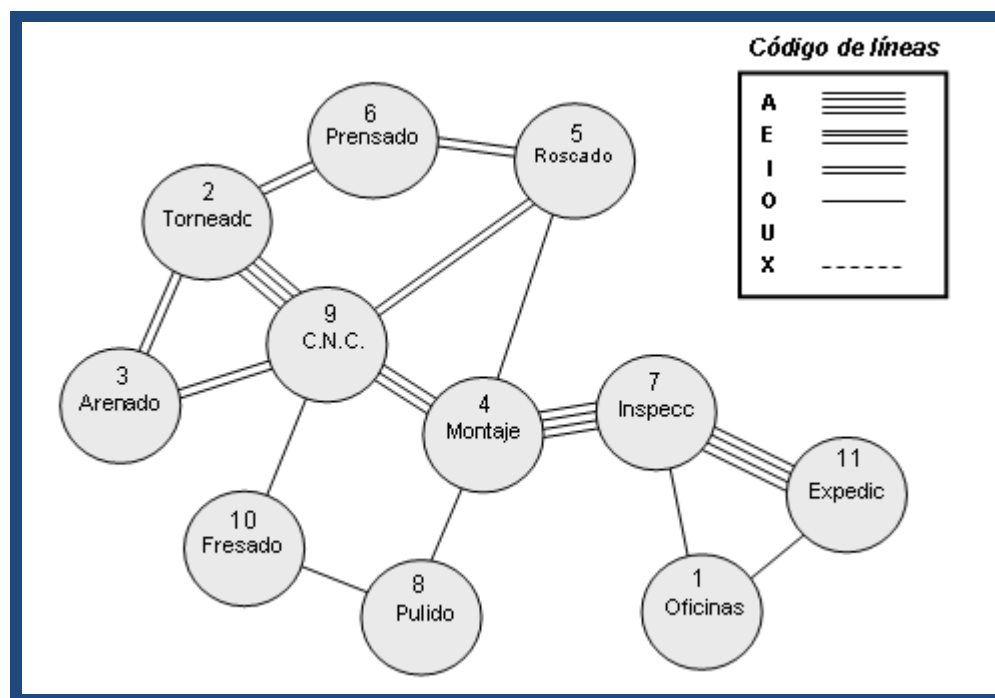


Figura 7. Diagrama relacional de actividades, Fuente: Pérez (2006)

3.7.4.5 Paso 5: Análisis de necesidades y disponibilidad de espacios

El siguiente paso hacia la obtención de alternativas factibles de distribución es la introducción en el proceso de diseño, de información referida al área requerida por cada actividad para su normal desempeño. El planificador debe hacer una previsión, tanto de la cantidad de superficie, como de la forma del área destinada a cada actividad.

Según Diego Más (2006), no existe un procedimiento general ideal para el cálculo de las necesidades de espacio. El proyectista debe emplear el método más adecuado al nivel de detalle con el que se está trabajando, a la cantidad y exactitud de la información que se posee y a su propia experiencia previa.

El espacio requerido por una actividad no depende únicamente de factores inherentes a sí misma, si no que puede verse condicionado por las características del proceso productivo global, de la gestión de dicho proceso o del mercado. Por ejemplo, el volumen de producción estimado, la variabilidad de la demanda o el tipo de gestión de almacenes previsto pueden afectar al área necesaria para el desarrollo de una actividad. En cualquier caso, según dicho autor, hay que considerar que los resultados obtenidos son siempre previsiones, con base más o menos sólida, pero en general con cierto margen de error.

El planificador puede hacer uso de los diversos procedimientos de cálculo de espacios existentes para lograr una estimación del área requerida por cada actividad. Los datos obtenidos deben confrontarse con la disponibilidad real de espacio. Si la necesidad de espacio es mayor que la disponibilidad, deben realizarse los reajustes necesarios; bien disminuir la previsión de requerimiento de superficie de las actividades, o bien, aumentar la superficie total disponible modificando el proyecto de edificación (o el propio edificio si éste ya existe). El ajuste de las necesidades y disponibilidades de espacio suele ser un proceso iterativo de continuos acuerdos, correcciones y reajustes, que desemboca finalmente en una solución que se representa en el llamado diagrama relacional de espacios.

3.7.4.6 Paso 6: Desarrollo del diagrama relacional de espacios

El Diagrama Relacional de Espacios es similar al diagrama relacional de actividades presentado previamente, con la particularidad de que en este caso los símbolos distintivos de cada actividad son representados a escala, de forma que el tamaño que ocupa cada uno sea proporcional al área necesaria para el desarrollo de la actividad (Figura 8).

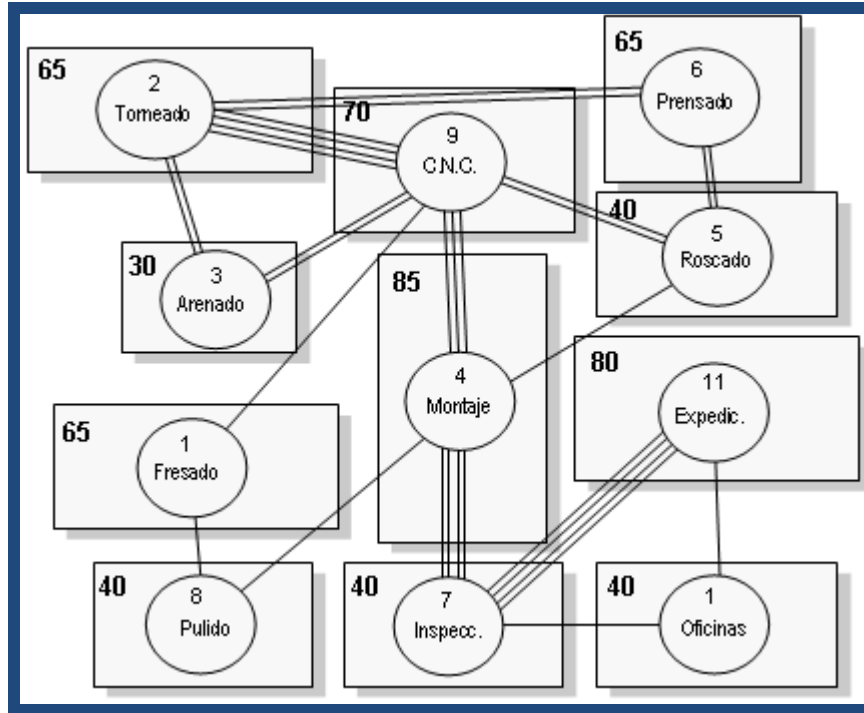


Figura 8. Diagrama relacional de espacios con indicación del área requerida por cada actividad. Fuente: Pérez (2006)

En estos símbolos es frecuente añadir, además, otro tipo de información referente a la actividad como, por ejemplo, el número de equipos o la planta en la que debe situarse. Con la información incluida en este diagrama se está en disposición de construir un conjunto de distribuciones alternativas que den solución al problema. Se trata pues de transformar el diagrama ideal en una serie de distribuciones reales, considerando todos los factores condicionantes y limitaciones prácticas que afectan al problema.

Entre estos elementos se pueden citar características constructivas de los edificios, orientación de los mismos, usos del suelo en las áreas colindantes a la que es objeto de estudio, equipos de manipulación de materiales, disponibilidad insuficiente de recursos financieros, vigilancia, seguridad del personal y los equipos, turnos de trabajo con una distribución que necesite instalaciones extras para su implantación.

A pesar de la aplicación de las más novedosas técnicas de distribución, la solución final requiere normalmente de ajustes imprescindibles basados en el sentido común y en el juicio del distribuidor, de acuerdo a las características específicas del proceso productivo que tendrá lugar en la planta que se proyecta. No es extraño que a pesar del apoyo encontrado en el software disponible en la actualidad, se sigan utilizando las técnicas tradicionales y propias de la distribución en la mayoría de las ocasiones. De tal forma, sigue siendo un procedimiento ampliamente utilizado la realización de maquetas de la planta y los equipos bi o tridimensionales, de forma que estos puedan ir colocándose de distintas formas en aquella hasta obtener una distribución aceptable.

La obtención de soluciones es un proceso que exige creatividad y que debe desembocar en un cierto número de propuestas (Muther, 1968 aconseja de dos a cinco) elaboradas de forma suficientemente precisa, que resultarán de haber

estudiado y filtrado un número mayor de alternativas desarrolladas solo esquemáticamente.

Como se indica en la Figura 5, el *Systematic Layout Planning* finaliza con la implantación de la mejor alternativa tras un proceso de evaluación y selección. El planificador puede optar por diversas formas de generación de *layouts* (desde las meramente manuales hasta las más complejas técnicas meta heurísticas), y de evaluación de los mismos.

3.7.4.7 Paso 7: Evaluación de las alternativas de distribución de conjunto y selección de la mejor distribución

Una vez desarrolladas las soluciones, hay que proceder a seleccionar una de ellas, para lo que es necesario realizar una evaluación de las propuestas, lo que nos pone en presencia de un problema de decisión multicriterio. La evaluación de los planes alternativos determinará que propuestas ofrecen la mejor distribución en planta. Los métodos más referenciados entre la literatura consultada con este fin se relacionan a continuación:

- a) Comparación de ventajas y desventajas
- b) Análisis de factores ponderados
- c) Comparación de costos

Probablemente el método más fácil de evaluación de los mencionados anteriormente es el de enlistar las ventajas y desventajas que presenten las alternativas de distribución, o sea un sistema de "pros" y "contras". Sin embargo, este método es el menos exacto, por lo que es aplicado en las evaluaciones preliminares o en las fases (I y II) donde los datos no son tan específicos.

Por su parte, el segundo método consiste en la evaluación de las alternativas de distribución con respecto a cierto número de factores previamente definidos y ponderados según la importancia relativa de cada uno sobre el resto, siguiendo para ello una escala que puede variar entre 1-10 o 1-100 puntos.

De tal forma se seleccionará la alternativa que tenga la mayor puntuación total. Esto aumenta la objetividad de lo que pudiera ser un proceso muy subjetivo de toma de decisión. Además, ofrece una manera excelente de implicar a la dirección en la selección y ponderación de los factores, y a los supervisores de producción y servicios en la clasificación de las alternativas de cada factor.

El método más substancial para evaluar las Distribuciones de Planta es el de comparar costos. En la mayoría de los casos, si el análisis de costos no es la base principal para tomar una decisión, se usa para suplementar otros métodos de evaluación. Las dos razones principales para efectuar un análisis de costos son: justificar un proyecto en particular y comparar las alternativas propuestas. El

preparar un análisis de costos implica considerar los costos totales involucrados o solo aquellos costos que se afectarán por el proyecto.

3.8 Criterio de desempeño de las distribuciones en planta

Otras decisiones fundamentales que tiene que tomar la persona encargada de planificar la distribución se refieren a los siguientes factores: (Santos, et al., 2006)

- Satisfacción del cliente.
- Nivel de inversión de capital.
- Necesidades para el manejo de materiales.
- Facilidad de selección de existencias.
- Ambiente de trabajo y atmosfera apropiada.
- Facilidad para el mantenimiento del equipo.
- Actitudes de los empleados y clientes internos.
- Grado de flexibilidad necesaria.
- Comodidad del cliente y nivel de ventas.

3.9 La filosofía Justo a Tiempo en la distribución en planta

El concepto Just-in-Time (JIT) o Justo a Tiempo ha sido desarrollado e implementado en un período de muchos años por parte de Toyota Motor Corporation bajo la denominación de Sistema de Producción Toyota (TPS). Just-in-time, es una filosofía industrial de eliminación de todo lo que implique desperdicio en el proceso de producción, desde las compras hasta la distribución. (Salvendy, 2001).

El primer componente básico de la eliminación del desperdicio es imponer el equilibrio, sincronización y flujo en el proceso fabril, ya sea donde no exista o donde se pueda mejorar. El segundo componente es la aptitud de la empresa hacia la calidad: la idea de “hacerlo bien la primera vez”. El tercer elemento de la filosofía es la participación de los empleados. Este es un requisito previo a la eliminación del desperdicio. (Hay, 1987)

En la década de 1970, el sistema Justo a Tiempo de Toyota había evolucionado hasta convertirse en una importante fuente de ventaja competitiva, logrando una mayor calidad y productividad a menor costo que los sistemas tradicionales de producción en masa. En efecto, el Sistema de Producción de Toyota fue acreditado extensamente con manteniendo a Toyota a salvo tras la crisis económica como consecuencia del conflicto del petróleo de 1973.

Aunque originalmente se limitaban principalmente a Toyota y su red de proveedores, el concepto TPS se extendió a otros fabricantes japoneses y por la década de 1980 estaba recibiendo una enorme atención de los fabricantes de todo el mundo. A través de los años, un número de etiquetas, tales como la producción sin existencias e inventario cero, se han aplicado a TPS-como enfoques para la gestión de producción y el inventario. (Salvendy, 2001)

3.9.1 Objetivos del Justo a Tiempo (Serope y Schmid, 2002)

- Recibir los suministros Justo a Tiempo que se serán empleados.
- Producir piezas Justo a Tiempo para armarlas en su ensamble.
- Producir sub ensambles Justo a Tiempo para armarlos como productos terminados.
- Producir y entregar los productos terminados Justo a Tiempo para venderlos.

3.9.2 Pilares del Justo a Tiempo y el Sistema de Producción Toyota

Según Arndt (2005), en su obra Sistema de Producción Justo a Tiempo, los siete pilares del sistema Justo a Tiempo son:

1. Igualar la oferta y la demanda para poder obtener un tiempo de entrega cercano a cero.
2. El peor enemigo el desperdicio, esto es cualquier actividad que no agregue valor al producto o servicio.
3. El proceso debe ser continuo no por lotes, esto implementa que se debe producir solo las cantidades necesarias en las cantidades que faltan en los planes de la empresa, además producidos en el tiempo preciso o pedido.
4. La búsqueda de la mejora debe ser constante, tenaz y perseverante paso a paso para así conseguir las metas propuestas.
5. El Justo a Tiempo considera que el hombre es la persona que está con los equipos entonces son claves en sus decisiones y al igual logran llevar a cabo los mecanismos de la empresa.
6. Sobreproducción significa ineficiencia. Aquí existen otros principios como son calidad total, involucramiento de la gente.
7. No vender el futuro, las metas actuales tienden a ser a corto plazo, hay que reevaluar los sistemas de medición y desempeño.

3.9.2.1 Funciones del Sistema Kanban

El concepto básico de un Kanban es una tarjeta de tamaño de mano que se mueve con el producto o material. La señal es cuando el producto se va a manufacturar o cuando el material se puede mover. Una empresa disciplinada en los métodos de Manufactura Esbelta no construirá producto o material sin mover los Kanbans correspondientes. (Vatalaro, 2008)

Como un sistema de solicitud en que, los materiales se utilizan en una etapa descendente del sistema de producción las órdenes de reabastecimiento de materiales y componentes se retransmiten a las etapas ascendente en forma de una cascada progresiva hacia arriba.

Debido a que el uso real de los materiales de en la etapa descendente es el único detonador para hacer más de algo en la etapa ascendente, la producción se inicia sólo cuando sea necesario y se detiene automáticamente cuando la demanda cesa.

Por lo tanto, Kanban puede ser visto como un sistema descentralizado, un sistema de autorregulación para controlar los flujos de producción y material, incluso en un entorno de fabricación compleja con miles de partes discretas, tales como una planta de montaje de automóviles. Cabe señalar, sin embargo, que Kanban es

más apropiado para alto volumen y entornos de fabricación repetitiva, y que es sólo un medio para la aplicación de JIT. (Salvendy, 2001)

El éxito de JIT, así como Kanban, está atado al cumplimiento de varios requisitos, como son:

1. Suavizado de volumen y variedad.
2. Desarrollo de una fuerza de trabajo flexible, polivalente.
3. Reducción del tiempo de preparación.
4. Implementación de la mejora continua y automatización.

3.9.2.2 Suavizado de volumen y la variedad

Para Salvendy (2001) el suavizado de volumen, así como de la variedad para alcanzar una carga uniforme en la planta es imprescindible para la correcta implementación del JAT.

En un sistema de producción se involucran muchos procesos secuenciales, hay muchas etapas para estas fluctuaciones que se transmiten desde la parte trasera del ensamble final hasta los proveedores.

En cada etapa, la fluctuación se transmite en forma amplificada a la etapa anterior, este es llamado el efecto. A fin de evitar estos efectos indeseables, se debe hacer un esfuerzo para suavizar las cantidades de producción de cada elemento en el horario de ensamble final y luego mantener esa escala fijada durante al menos algún período de tiempo.

Suavizar el programa de producción minimiza la variación en las cantidades de piezas necesarias y permite a los procesos anteriores producir cada parte de manera eficiente a una velocidad constante por hora o por día.

La figura 9 muestra un ejemplo sencillo de nivelación producción sobre una base diaria. Con base en proyecciones de demanda y los firmes pedidos de los clientes se puede crear un programa de producción de tres meses y se comparte con los proveedores correspondientes.

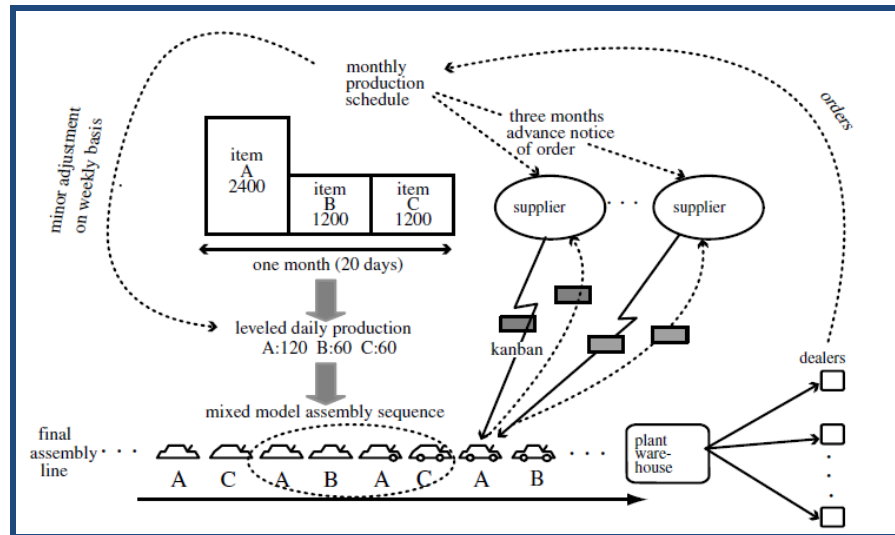


Figura 9. Suavizado de volumen y variedad para conseguir un flujo de una pieza o One-Piece flow.

Cada mes, el programa de producción se revisa de forma periódica para reflejar la información más reciente. El primer mes del calendario se congela y se divide en un programa de producción diaria de la siguiente manera. (Salvendy, 2001)

Supongamos que el programa de producción mensual para el ensamble final indica que la demanda de 2400 unidades del producto A, 1200 unidades del producto B, y 1200 unidades de producto C. La agenda de producción diaria se determina dividiendo la demanda de estas cantidades mensuales por 20 días de trabajo por mes, es decir, 120 A, 60 B, y 60 días por C, junto con los correspondientes números de partes.

Ajustes menores de estas cantidades se puede producir en, digamos, una vez por semana, pero las alteraciones deben ser pequeñas (dentro de +/- 10% empíricamente) con el fin de evitar la introducción de excesivas fluctuaciones en el sistema. A pesar que los proveedores utilizan la agenda de producción diaria como una guía para la planificación, las cantidades reales son ajustadas en el día a día y son determinados por la demanda real de las etapas posteriores y coordinadas a través del sistema Kanban o un enfoque similar.

Iniciando la producción sólo cuando la demanda se produce, el sistema Kanban, elimina la posibilidad de residuos debido a un exceso de producción y absorbe las fluctuaciones de menor importancia, inevitables en la fábrica.

A continuación, el programa de producción diario se suaviza para la variedad de productos a través de la generación de una secuencia de producción. El producto A está siendo realizado en un lote, a continuación, todos los B está en un lote siguiente, y así sucesivamente, una mezcla de elementos debe fluir a través del sistema. Debido a que la demanda de A, B, y de C tiene una proporción de 2:1:1 en este caso, una mezcla apropiada o secuencia para su producción sería un ciclo de ABAC repetido a través del día.

El uso de este tipo de secuencia de modelo mixto, el balance de la línea puede estar cerca de un 100 por ciento a pesar de que el tiempo estándar o tiempo de ciclo varía para cada producto. Por ejemplo, supongamos que takt tiempo de la línea (tiempo de ciclo para satisfacer la demanda) es de dos minutos y los tiempos respectivos de los productos A, B, y C son dos minutos, tres minutos, y un minuto para un determinado proceso. Entonces el tiempo de ciclo para la secuencia de ABAC es equilibrada y equivalente a ocho minutos. Las diferencias de tiempos individuales entre los productos en la secuencia se pueden acomodar mediante la utilización de un espacio entre los procesos adyacentes.

El objetivo final es tener un sistema de producción tan sensible que se pueden fabricar productos en un tamaño de lote de uno y programado según la tasa de demanda del mercado. Esto también se llama producción de flujo de una sola pieza. Sin embargo, para lograr este tipo de flujo, es evidente que los tiempos de preparación o cambio deben ser cortos para todos los procesos implicados. El punto de referencia para la reducción de los tiempos de preparación.

3.9.2.3 Reducción de tiempo de preparación SMED

Esto también se conoce como cambio de troqueles en un solo minuto de (SMED) Single Minute Exchange of Die. De éstos, lo más importante es distinguir entre las tareas de configuración interna que deben realizarse mientras la máquina está

parada y tareas de configuración externas que se pueden hacerse en paralelo con la operación continua, una vez que los tiempos de preparación se hagan más cortos el tamaño de lote de producción y tiempo de espera se puede reducir. (Salvendy, 2001)

3.9.2.4 Desarrollo de la fuerza de trabajo flexible, polivalente

Según Salvendy (2001) bajo la producción de flujo de una sola pieza, diferentes operaciones están atadas para cada elemento sucesivo que se está produciendo. Para que sea eficaz, los trabajadores deben tener las habilidades necesarias para el manejo de múltiples operaciones correctamente. Por lo tanto, un requisito previo para JIT es el desarrollo de trabajadores polivalentes que puedan hacer frente a los frecuentes cambios en los productos y las operaciones se ven en un ambiente de producción de flujo de una sola pieza.

En una planta de motor de automóvil, por ejemplo, un operador polivalente es típicamente responsable de varias máquinas herramientas semiautomáticas. Este sistema se llama mantenimiento multiproceso. La combinación de este tipo de multiproceso debe venir acompañado con los enfoques de diseño tales como líneas en forma de U permite una eficiencia de producción que se mantiene incluso cuando se varía el volumen de producción. Como ejemplo, consideremos

una línea de fabricación que consiste en 12 máquinas y los operadores 6 y supongamos que la cantidad de producción está disminuida de 100 a 80 por día debido a la menor demanda.

La productividad del trabajo todavía puede ser mantenida si las operaciones se pueden reorganizar para ser compartido por 4 operadores polivalentes. Esto sólo tiene sentido con la existencia de operadores polivalentes capaces de manejar cualquiera de las operaciones de las 12 máquinas. En forma de U formatos de línea puede facilitar el intercambio flexible de las operaciones, reduciendo al mínimo el movimiento del operador entre las máquinas.

La figura 10 ilustra el tipo de cambios que se ven en las líneas de ensamble final de automóviles. Se han desarrollado largas líneas rectas en forma de U, más recientemente, se han reorganizado en muchas líneas cortas ideadas para que cada línea se agrupe en función de las operaciones similares. El objetivo principal de este arreglo es que los trabajadores puedan aprender habilidades múltiples de forma rápida y eficiente, ya que fácilmente pueden aprender las otras operaciones dentro de una línea. Después de convertirse en un trabajador de múltiples operaciones, él o ella pueden cambiar de línea para convertirse en un trabajador multifunción. (Salvendy, 2001)

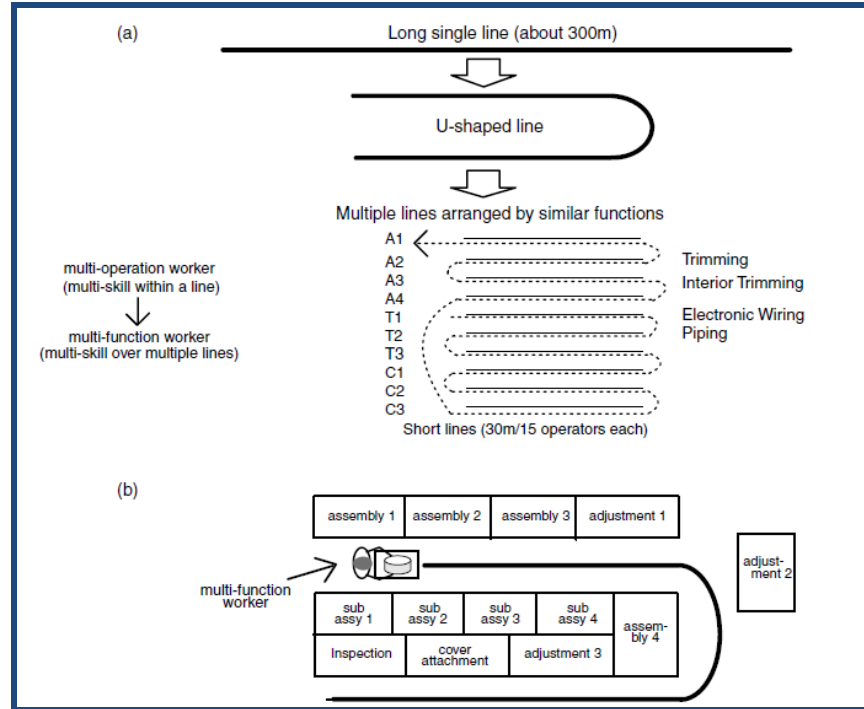


Figura 10. Redistribución de las líneas de manufactura en la industria de ensamble.

Esto facilita la eficiencia en la producción de alto valor añadido y de bajo volumen de productos y también proporciona a los trabajadores la motivación intrínseca y así como la satisfacción propia. Al mismo tiempo, se considera un medio eficaz para mantener las habilidades y tecnologías para una nueva generación de trabajadores. (Salvendy, 2001)

La preocupación por la preservación de las competencias de los trabajadores se refleja también en una práctica común en la industria, con respecto a las operaciones de soldadura: la política de muchas compañías de automatizar hasta

el 95% de los puntos de soldadura y se reserva el 5% restante para la operación manual. A través de la soldadura manual las habilidades y conocimientos se conservan en la organización y se puede aplicar, ejemplo, para la programación de soldadoras robóticas.

En el entorno competitivo de hoy en día, el desarrollo de operadores polivalentes es universalmente considerado como un asunto crítico. Bien organizados los programas de formación se ven en casi todas las plantas en Japón, con independencia de la industria.

Otra cuestión importante es que los trabajadores adquieren el pensamiento creativo y las habilidades de resolución de problemas y se sienten responsables de la calidad y la mejora de la productividad. Los trabajadores reciben capacitación y desarrollo de capacidades a través de estas actividades kaizen. Otro método efectivo es la implementación de sistemas de sugerencias de los trabajadores, en el que las recompensas financieras se pagan en base al valor de la sugerencia. (Salvendy, 2001)

3.9.2.5 Mejora Continua y Automatización

JIT es un sistema de producción que busca de forma dinámica niveles de rendimiento cada vez más altos. La eliminación de residuos y defectos es un

objetivo importante en este sentido. En efecto, para lograr una verdadera producción Justo a Tiempo, todas las partes deben estar libres de defectos, ya que no hay exceso de inventario para aprovecharlo en sustitución.

Para lograr una producción sin defectos, los sistemas de producción JIT hacen hincapié en la mejora continua, la utilización de la automatización y otras técnicas relacionadas para garantizar la calidad en la fuente. El significado original de automatización en JIT / TPS es detener una máquina automáticamente cuando son detectadas condiciones anormales a fin de no producir productos defectuosos.

Esto se hace posible mediante la instalación de dispositivos de detección y desconexión automática, lo que los hace capaces de operar de manera autónoma. El propósito de la automatización es mantener el funcionamiento de la máquina, el valor añadido únicamente es evitar que éstas produzcan defectos o de desechos.

La idea de la automatización se extiende en dos formas: poka-yoke (a prueba de error) y el control visual.

Considerando que automatización es la aplicación de dispositivos de detección y de parada para el funcionamiento del equipo, poka-yoke puede ser considerado como la aplicación de dispositivos de detección de errores y la interfaz trabajador-máquina. Se supone que los errores humanos son inevitables, así que en lugar de

confiar en la vigilancia de los trabajadores, varios arreglos de poka-dispositivos, tales como plantillas, sensores y ayudas cognitivas, están integrados en el proceso de trabajo (cf. Shingo 1986; Nikkan 1989). (Salvendy, 2001)

Un ejemplo sencillo de poka-yoke es el uso de codificación de color. Ciertos colores pueden ser designados para la posición y el ajuste de una máquina, de modo que la presencia de cualquier otro color alerta al trabajador de cualquier error y la necesidad de tomar medidas. Mediante la reducción de los errores y defectos resultantes, poka-yoke asume un papel importante en asegurar la calidad.

En cuanto a la seguridad en el trabajo, así, poka-yoke es un medio indispensable para la protección de los trabajadores y la prevención de accidentes en las operaciones de trabajo. (Salvendy, 2001)

Asimismo, los sistemas visuales de control (cf. Nikkan 1995) también puede ser visto como una extensión del concepto automatización porque utilizan diversos dispositivos para compartir información y realizar alteraciones evidentes a simple vista. Un ejemplo sencillo es la designación de las posiciones de almacenamiento para herramientas, con una figura de contorno dibujado para cada herramienta. Cualquier espacio vacío indica la ausencia de una herramienta, así como su tipo. (Salvendy, 2001)

Tal vez el ejemplo más conocido de los sistemas de control visual es el Andon, un tablero de luz que está formado por luces rojas, amarillas y verdes colocadas para que sea visible desde cualquier punto de la planta.

Una luz roja intermitente indica que una máquina o estación de trabajo está experimentando alguna condición anormal, como una avería. Una luz verde significa el funcionamiento normal, y una luz amarilla intermitente puede indicar una operación de configuración o un cambio de herramienta próximo. El importante papel del Andon es que comunica el estado de trabajo de la planta para todos.

Junto con el sistema Andon, una práctica común en muchas plantas es detener una línea de producción cuando la luz roja parpadea en cualquiera de las estaciones de trabajo a fin de que la causa puede ser investigada y tomadas las contramedidas.

El nivel de inventario en sí también puede ser considerado como un indicador importante para el control visual. No solo el inventario es considerado como un gasto que no agrega valor, pero los altos niveles de inventario proporcionan una indicación visible de que los residuos y la ineficiencia pueden estar ocultos dentro del sistema de producción.

Para revelar la causa de la ineficiencia, la disminución del nivel de inventario se debe llevar primero a cabo mediante la eliminación de algunos de los contenedores del sistema Kanban. La parte más débil o cuello de botella del sistema de producción queda expuesta ya que será la primera afectada por la eliminación del tampón de inventario. (Salvendy, 2001)

Después de reforzar el punto más débil, el nivel de inventario se reduce aún más para exponer el próximo punto débil en un ciclo continuo. En este enfoque, el número de Kanbans circulante es una medida visible del nivel de inventario, y ajustando su número es un medio de reducción de inventario. De manera más general, esta idea se emplea como un ciclo de mejora continua para la mejora de los flujos de producción y materiales. (Salvendy, 2001)

3.9.3 Requisitos previos y Función del sistema Kanban

La mejora continua, la reducción de los plazos de entrega, y una fuerza laboral polivalente son fundamentales para que un sistema de producción pueda responder con flexibilidad a los diferentes cambios que confrontan los fabricantes. Teniendo en cuenta estos requisitos previos y un programa de producción que se ha nivelado, un sistema Kanban puede funcionar como un sistema de auto-regulación. (Salvendy, 2001)

El término japonés Kanban significa simplemente la tarjeta o ticket. Por lo general son encerrados en una cubierta protectora de vinil y contiene las siguientes informaciones: número de parte y nombre, nombre de proceso donde el Kanban se va a utilizar, el número de unidades en el contenedor estándar y el tipo de envase, el número de tarjetas Kanban emitido, previo proceso punto de almacenamiento, número de salida, y el número posterior proceso de entrada al punto de almacenamiento.

Hay dos tipos de Kanbans que se utilizan en el control de los flujos de producción y material: Kanbans para avance de material (también llamado Kanban de movimiento) y Kanbans pedidos de producción. (Salvendy, 2001)

Cuando se toma con el proceso anterior, una Kanban autoriza la transferencia de un contenedor estándar de una parte específica del proceso anterior en el que se produce con el proceso posterior en el que se va a utilizar.

3.9.4 Limitaciones de Kanban y Alternativas

Para Salvendy (2001) el sistema Kanban es particularmente apropiado para alto volumen y entornos de fabricación repetitivos. Sin embargo, en comparación con la situación cuando el sistema Kanban fue creado originalmente, muchas

industrias se enfrentan a enormes aumentos en la variedad de productos y piezas acopladas con menores volúmenes de cada elemento individual. (Salvendy, 2001)

Esto se ve también en la industria del automóvil, donde más del 50% de las partes ahora tienen sus respectivos Kanbans y circulan menos de una vez al día (Kuroiwa 1999). Tan baja frecuencia de circulación conduce a altos niveles indeseablemente de inventario de trabajo en proceso y el sistema Kanban termina funcionando de la misma manera como el sistema de inventario clásico de doble bandeja. Varias alternativas están disponibles cuando la naturaleza de la producción no es repetitiva y/o de gran volumen. Por ejemplo, cuando la demanda es desigual y no se puede alisar en un programa nivelado de producción, un método de inserción de coordinación de la producción puede ser más apropiado. (Salvendy, 2001)

Para las partes de bajo consumo, Toyota utiliza un método de empuje llamado Chakko-hiki (programa iniciado por la producción). En este enfoque, la producción y la entrega de las piezas necesarias se determinan de antemano, en base al cronograma de ensamble final del vehículo y una explosión de la lista de material, en lugar de hacerlo a través del sistema Kanban.

Para grandes componentes y partes, tales como motores o los asientos, con todo otro sistema, llamado Junjo-hiki (secuencia sincronizada de producción). Aquí la

secuencia de producción de la pieza y la entrega se sincroniza elemento por elemento con la secuencia de la programación del ensamble final del vehículo. Por ejemplo, los motores son producidos y entregados a partir de la planta de motores a la línea de ensamble final en el orden exacto y el tiempo necesario para el ensamble final. (Salvendy, 2001).

Para determinar cuál de los diversos métodos de coordinación de producción es el apropiado, los factores más importantes a considerar son el volumen de la demanda y el tiempo de entrega. Desde este punto de vista, debe ser obvio que el sistema Kanban es el más adecuado para piezas con un volumen relativamente alto y corto plazo de tiempo. (Salvendy, 2001)

3.9.5 Beneficio de la aplicación del Sistema Kanban

Dentro de los beneficios que aporta utilizar un sistema Kanban están los siguientes: (De la Fuente y García, 2006)

- Las órdenes de fabricación son siempre las mismas tarjetas, no precisándose papeles ni anotaciones para ordenar el trabajo, simplificándose así las tareas administrativas.

- Cada operario sólo puede fabricar las piezas retiradas por el proceso posterior, por lo que la fabricación de cada momento coincidirá con las necesidades reales de ese momento, evitándose así la acumulación de inventarios innecesarios.
- Al reducir los inventarios de productos intermedios facilita extremadamente la localización de cualquier problema que pueda surgir en el proceso productivo (cuellos de botella, averías, problemas de calidad, etc.) contribuyendo de esta forma a su resolución definitiva.

3.10 Estudio de tiempo y balanceo de línea

Según Salvendy (2001) el estudio de tiempo es una técnica de medición de trabajo que se utiliza para registrar los tiempos y ritmos de trabajo de los elementos de un trabajo especificado llevado a cabo bajo condiciones especificadas con el fin de obtener el tiempo necesario para llevar a cabo el trabajo a un nivel definido de rendimiento.

El establecimiento de estándares de tiempo fiable y exacto hace que sea posible que las empresas puedan definir su capacidad de producción, aumentando así el uso eficiente de los equipos y la utilización de su personal.

Los estándares de tiempo se puede utilizar para investigar la diferencia entre el rendimiento real y el optimo para ayudar al proceso de toma de decisiones cuando sea necesario, otro de los usos es facilitar el diseño de trabajo como una base para comparar diversos métodos de hacer el trabajo, la compra de los nuevos equipos más productivos, el diseño de un lugar de trabajo de eficacia y de equilibrio entre los horarios de trabajo y mano de obra disponible.

3.10.1 Consideraciones para la toma de tiempo

Según (Niebel & Freivalds, 2008) en la onceava edición del libro Ingeniería Industrial métodos, estándares y diseño del trabajo estas son los puntos más importantes antes de iniciar un estudio de tiempos:

- El operador debe estar familiarizado por completo con las técnicas antes de estudiar la operación.
- Comunicar al supervisor del departamento y al operador que se estudiará el trabajo. El supervisor debe asegurarse que se cumple con todas las prácticas estándar.
- Buena calificación del analista.

- Contar con herramientas como: Cronometro digital, una tabla y una forma en donde se puedan poner todas las observaciones.
- Elección del operario: se debe elegir un operador con un desempeño promedio que facilite al analista la aplicación de un desempeño correcto.
- Posición del observador: el observador debe estar de pie no sentado, unos cuantos pies atrás para no distraer al operador o interferir con su trabajo.
- Numero de observaciones, según la tabla 9-2 de la página 393 del libro arriba citado se recomienda que el número de observaciones sea proporcional al tiempo del ciclo.
- Calificación del desempeño: Aquí el observador evalúa la efectividad del operador en términos de un operador calificado que ejecuta el mismo elemento. Un operador calificado se define como un operador con amplia experiencia que trabaja en las condiciones acostumbradas en la estación de trabajo, es decir a un paso ni demasiado rápido ni demasiado lento.
- Asignación de suplemento: Ningún operador puede mantener un paso estándar a lo largo del día. Se enfrentara a tres tipos básicos de interrupciones que son:
 - a. Personales: Ir al baño o a los bebederos.

- b. Fatiga: afecta a los trabajadores más fuertes en las tareas más sencillas.
- c. Retrasos inevitables: son aquellos en donde el operador no tiene una incidencia directa; ejemplo, retraso de materiales, herramientas rotas, etc.

3.10.2 Balanceo de Línea

El balanceo de línea es una técnica para asegurar que cada proceso u operación tiene una carga de trabajo equilibrada y se puede realizar dentro del tiempo de procesamiento requerido. Una línea desequilibrada puede provocar que los operadores estén sobrecargados de trabajo, y por lo tanto propensos a cometer errores, o que estén ociosos en espera que la tarea anterior sea completada.

El balanceo de línea requiere un análisis exhaustivo de los trabajos que se realicen, e incluye el desglose de los tiempos de cada tarea que realiza el operador y la máquina, para permitir una distribución equilibrada del trabajo. (Moore, 2007)

3.10.2.1 Tasa de producción deseada (r)

El objetivo del balanceo de línea es ajustar la tasa de producción al personal o plan de producción. El ajuste de la producción a la demanda asegura entregas a tiempo e impide la acumulación de inventario indeseado o retrasos con los clientes. (Lee, et al.,2008)

Ejemplo de Tasa de producción deseada: se requieren 4000 unidades por semana y a la semana solo se dispone de 80 horas.

$$r = \frac{4000}{80} = 50 \text{ (Fórmula 1. Tasa de producción deseada.)}$$

3.10.2.2 Tiempo de ciclo (c)

El tiempo de ciclo de una línea cuando se hace referencia a balanceo de línea es el tiempo máximo permitido para trabajar en la elaboración de una unidad en cada estación. Si el tiempo requerido para los elementos de trabajo en una estación es mayor que el tiempo de ciclo de la línea, la estación será el cuello de botella que impedirá que la línea alcance la tasa de producción deseada. Es el recíproco de la tasa de producción deseada. (Lee, et al., 2008)

$$C = \frac{1}{r} \text{ (Fórmula 2. Tiempo de ciclo)}$$

3.10.2.3 Takt Time

Takt es una palabra alemana empleada para el ritmo, en Ingeniería Industrial se refiere al ritmo del proceso, es un término fundamental para el diseño de sistemas de manufactura. Takt Time es el tiempo permitido para producir un producto a razón de la demanda del cliente, no es lo mismo que el tiempo de ciclo, que es el tiempo normal para completar una operación en un producto en cada estación de trabajo (que debe ser menor o igual al Takt Time). Takt Time se define como el resultado obtenido al dividir el tiempo útil de trabajo en un día por la demanda de los clientes a diario. (Santos, et al.,2006)

3.10.2.4 Mínimo Teórico

Es un parámetro de referencia o meta que indica cual es el menor número posible de estaciones, donde el tiempo total requerido para ensamblar cada unidad da la suma de los tiempos estándar de los elementos de trabajo, se divide entre el tiempo de ciclo. (Lee, et al., 2008)

$$TM = \frac{\sum t}{c} \text{ (Fórmula 3. Mínimo teórico)}$$

3.10.2.5 Tiempo Ocioso, Eficiencia y Retraso del Balanceo

A medida que el número de estaciones n se aumenta se garantiza tiempos ociosos mínimos, eficiencia máxima y retraso mínimo al balanceo. El tiempo ocioso es el total de tiempo improductivo en todas las estaciones que participan en el ensamble de la cada unidad. (Lee, et al., 2008)

Tiempo ocioso = $nc - \sum t$ (Ecuación 4. Tiempo ocioso)

n = número de estaciones

c = tiempo de ciclo

$\sum t$ = total de tiempo estándar requerido para ensamblar cada unidad

3.10.2.6 Eficiencia

Es la razón del tiempo productivo al tiempo total, expresado como porcentaje.

Eficiencia (%) = $\frac{\sum t}{nc} \times 100$ (Fórmula 5. Eficiencia)

3.10.2.7 Retraso al balanceo

Es la cantidad que le falta a la eficiencia para alcanzar el 100%.

Retraso al balanceo (%) = $100 - \text{eficiencia}$ (Fórmula 6. Retraso al balanceo)

3.11 El Producto (contactor eléctrico)

El contactor puede definirse como un aparato de corte, con mando a distancia, que vuelve a la posición de reposo cuando deja de actuar la fuerza que lo mantenía conectado. Se pueden clasificar en:

- Contactor propiamente dicho, cuando la posición de reposo corresponde a la apertura de sus contactos.
- Ruptor, cuando la posición de reposo corresponde al cierre de sus contactos.

3.11.1 Clasificación de los contactores

Los contactores se pueden clasificar según el accionamiento en:

- Contactores electromagnéticos si el accionamiento se debe a la fuerza de atracción de un electroimán.
- Contactores electromecánicos si el accionamiento se realiza por medios mecánicos (resortes, balancines, etc.).
- Contactores neumáticos, cuando son accionados por la presión de un gas (nitrógeno, aire, etc.).

- Contactores hidráulicos, cuando la fuerza de accionamiento procede de un líquido, que puede ser agua, aceite, etc.

3.11.2 El contactor electromagnético

El contactor electromagnético es un aparato mecánico de conexión controlado mediante electroimán y con funcionamiento todo o nada. Cuando la bobina del electroimán está bajo tensión, el contactor se cierra, estableciendo a través de los polos un circuito entre la red de alimentación y el receptor.

Cuando se interrumpe la alimentación de la bobina, el circuito magnético se desmagnetiza y el contactor se abre por efecto de los resortes de presión de los polos y del resorte de retorno de la armadura móvil. La Figura 11 muestra un contactor electromagnético en explosión.

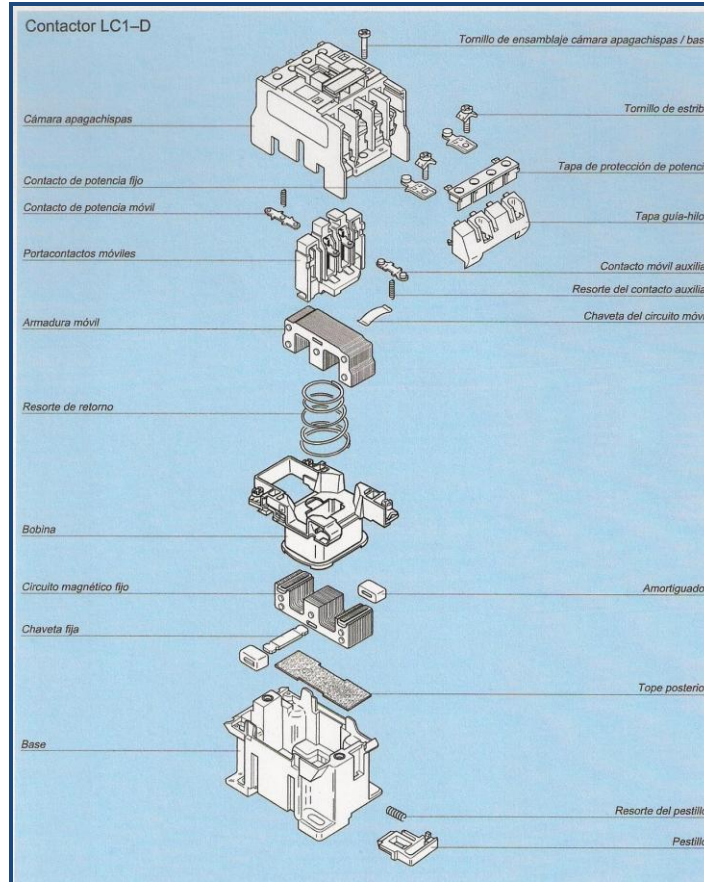


Figura 11. Contactor Eléctrico visto en explosión

3.12 Partes principales del contactor electromagnético

3.12.1 Cobertor

El cobertor es el elemento en el cual se fijan todos los componentes conductores del contactor, para lo cual es fabricada en un material no conductor con propiedades como la resistencia al calor, y un alto grado de rigidez, figura 7.

Uno de los materiales más utilizados es la fibra de vidrio pero tiene un inconveniente y es que este material es quebradizo y por lo tanto su manipulación es muy delicada.

3.12.2 Electroimán

También es denominado circuito electromagnético y es el elemento motor del contactor. Está compuesto de un circuito magnético, (una bobina y un circuito magnético fijo) cuya finalidad es transformar la energía eléctrica en un campo magnético.

3.12.3 Armadura fija

Su función es concentrar y aumentar el flujo magnético con el fin de atraer la armadura móvil eficientemente. Está construido de láminas de acero al silicio superpuestas y unidas firmemente unas con otras con el fin de evitar las corrientes parásitas. El pequeño entrehierro entre la armadura y el núcleo se crea con el fin de eliminar los magnetismos remanentes.

3.12.4 Base

Es donde se aloja la armadura fija, la bobina, la almohadilla o amortiguador al igual que el cobertor se les fabrica de materiales resistentes al calor.

3.12.5 Armadura móvil

Es un elemento móvil muy parecido al núcleo pero no posee espiras de sombra, su función es la de cerrar el circuito magnético ya que en estado de reposo se encuentra separada del núcleo.

3.12.6 Contactos fijos

Son los encargados de permitir o interrumpir el paso de la corriente en el circuito principal, es decir que actúa sobre la corriente que fluye de la fuente hacia la carga. Es recomendable verificar la separación de estos que permiten que los contactos fijos y móviles se junten antes de que el circuito magnético se cierre completamente.

3.13 Pruebas de rendimiento para contactores electricos

Para garantizar un óptimo rendimiento de los contactores, así como la vida útil se hace indispensable la ejecución de varias pruebas de funcionamiento, estas pruebas se describen a continuación:

3.13.1 Acondicionamiento

Esta es una prueba de atributo, es decir solo tiene dos posibles resultados, aceptada o rechazada. Consiste en aplicar cierto nivel de corriente a través de los contactos cerrados con el objetivo de identificar partículas contaminantes dentro de la recamara de chispas. Se hace aplicando el cien por ciento de la tensión nominal de bobina a través de pulsos eléctricos de no menos de 200 milisegundos.

3.13.2 Potencia

Mide la potencia eléctrica que demanda la unidad para mantenerse cerrada, se hace aplicando el voltaje nominal de la unidad y monitoreando la relación voltaje-corriente despliega el valor de esta. Es una medida variable y se mide en vatios.

3.13.3 Vibración

Mide la aceleración de la unidad para asegurarse de que no hayan vibraciones cuando la unidad esta en operación, se mide en metros por segundos cuadrados.

3.13.4 Baja tensión

Esta prueba sirve para identificar si la unidad es capaz de operar a un voltaje menor al que fue diseñado, típicamente se hace aplicando una tensión equivalente al setenta por ciento del voltaje nominal. Esta es una prueba de atributo ya que solo muestra si la unidad es aceptada o rechazada.

3.13.5 Rebote de contacto

Se utiliza para determinar que los contactos móviles al momento de cerrar no tarden mas de cierta cantidad de milisegundos en estabilizarse, esta estabilización consiste en un monitoreo de la forma de onda que genera este amortiguamiento.

3.13.6 Tiempo de cierre

Aplicando el cien por ciento del voltaje nominal se mide el tiempo que tardo el ultimo de todos los contactos móviles en cerrar, con este tiempo se aseguran de una correcta alineación de las partes móviles. Se mide en milésimas de segundo.

3.13.7 Transferencia

Mide la separación de los contactos móviles respecto a la posición que hicieron el primer contacto hasta que la unidad queda completamente cerrada. Se mide en milésimas de pulgada, es una de las pruebas más relevantes pues determina la vida útil de la unidad en millones de accionamientos.

3.13.8 Recorrido

Mide la separación entre el núcleo de hierro fijo y el móvil, se mide en milésimas de segundos, se utiliza para determinar que los núcleos de hierro estén dentro de las especificaciones.

.

3.13.9 Dieléctrico

El dieléctrico mide la capacidad de aislamiento de la unidad y se hace aplicando un voltaje de alto potencial y muy baja corriente, generalmente se aplican tres mil voltios a una corriente no mayor de diez mili amperes. Este voltaje se aplica en todas las partes activas de la unidad, es decir en cualquier punto donde haya conexión.

CAPITULO IV

4 Situación Actual de los Procesos de Ensamble de las Líneas Size 0 y Size 4

4.1 Descripción situación actual Línea Size 4

El proceso de ensamble de las unidades Size 4 se describe en los siguientes pasos:

4.1.1.1 Estación 1 (Ensamble de porta contactos móviles)

1. Lectura del Listado de Material (BOM).
2. Contactos fijos cámara superior.
3. Porta contactos móviles a la armadura móvil.
4. Ensamble del porta contactos móviles con armadura móvil al cobertor.

4.1.1.2 Estación 2 (Ensamble de cobertor)

1. Lectura del Listado de Material (BOM).
2. Apaga arcos a la tapa del cobertor.
3. Cierre del cobertor con apaga arco.

4.1.1.3 Estación 3 (Ensamble de base)

1. Lectura del Listado de Material (BOM).
2. Amortiguadores a la base.
3. Clips de cierre a laterales de la base.
4. Magneto fijo a la base.
5. Clips en magneto fijo en la base.
6. Bobina al magneto fijo.
7. Resorte de retorno.
8. Cierre de la unidad.

4.1.1.4 Estación 4 (Prueba)

1. Lectura del Listado de Material (BOM).
2. Carga de unidad al equipo de prueba.
3. Prueba automática de la unidad.
4. Descarga de unidad a equipo de prueba.

.

4.1.1.5 Estación 5 (etiquetado y empaque)

1. Asistencia de la unidad.
2. Colocación de etiquetas de la unidad.
3. Empaque de la unidad.
4. Colocación en paleta.

4.1.2 Diagrama de flujo de proceso Línea Size 4

Este diagrama muestra la secuencia de las operaciones junto con el tiempo estándar de cada una de las operaciones, figura 12

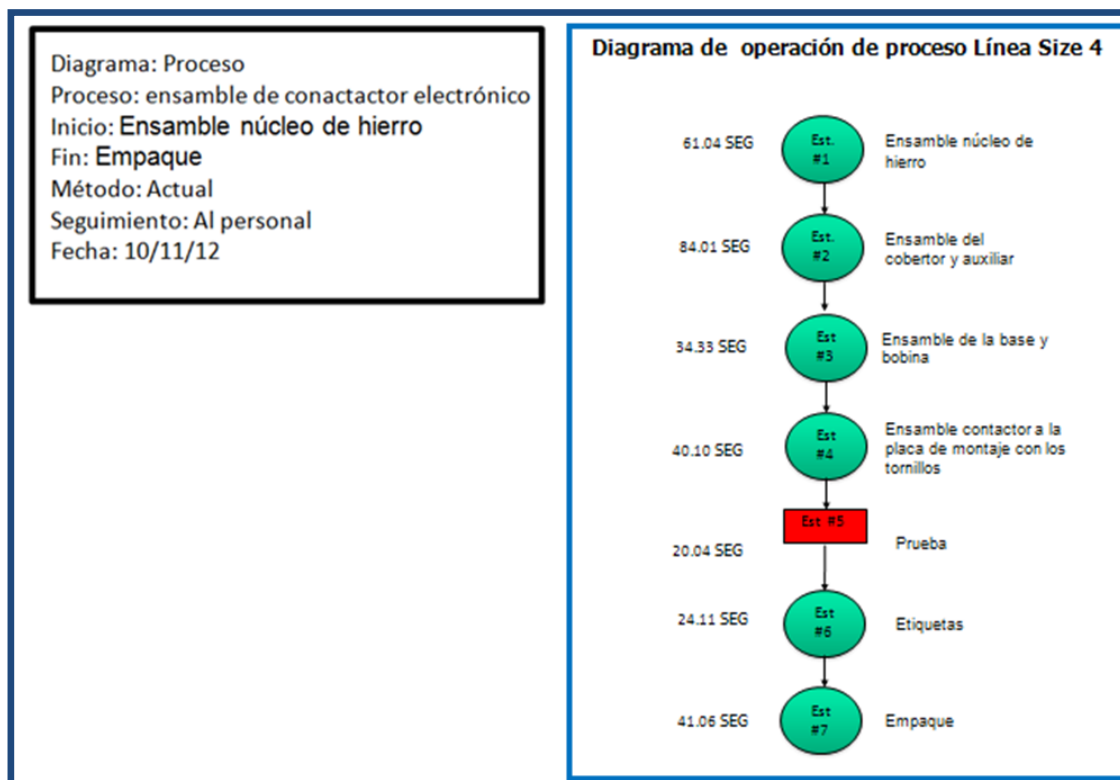


Figura 12. Diagrama de Flujo de la línea Size 4

4.1.3 Cursograma analítico del proceso de ensamble contactor size 4

Este cursograma explica los pasos que lleva el proceso de ensamble del contactor size 4. Ver figura 13.

Diagrama No.1			Resumen						
			Actividad		Actual	Propuesta	Economía		
			Operación		6	0	0		
Actividad: ENSAMBLE DE CONTACTOR DE Size 4			Transporte		0	0	0		
			Inspección		1	0	0		
			Demora		0	0	0		
			Almacenamiento		0	0	0		
Método:	Actual		Tiempo de espera para terminar						
Lugar:			un domo (Centésimas de minutos)			305			
Realizado por:		Michael Espino							
			Tiempo	Símbolo					
Descripción			Centésimas de Minutos						Observaciones
Ensamble núcleo de hierro			61.04						
Ensamble del cobertor y auxiliar			84.01						
Ensamble de la base y bobina			34.33						
Ensamble contactor a la placa de montaje con los tornillos			40.10						
Prueba			20.04						
Etiquetas			24.11						
Empaque			41.06						
Totales			305	11	0	0	0	0	

Figura 13. Cursograma analítico ensamble de contactor Size 4

4.1.4 Distribución del Proceso (Layout)

La línea está configurada en forma de C cerrada para permitir un mejor paso del transportador manual de unidades. Como se puede apreciar en la figura 14 este tipo de distribución desperdicia gran parte del espacio pues la parte interna de este se convierte en inactiva.

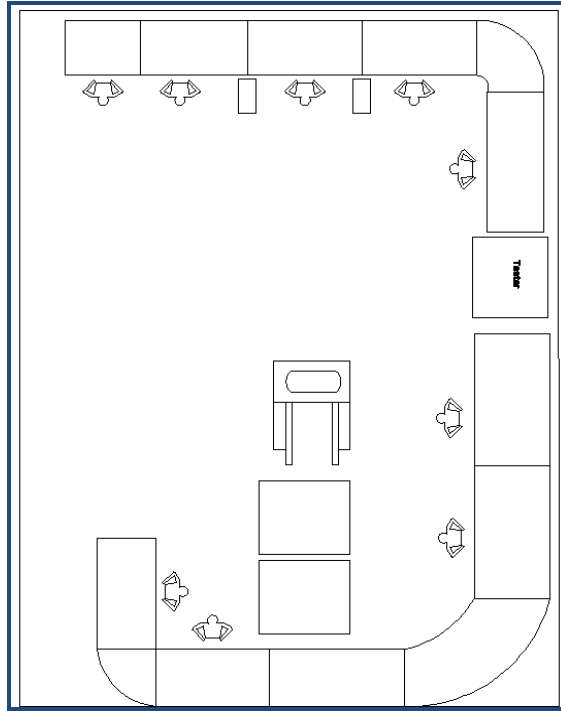


Figura 14. Layout actual de la línea

Size 4

La línea cuenta con 5 mesas modulares de 48x30x72, 2 de 72x30x72 y una mesa de empaque de 48x30x72 pulgadas con topes de acero inoxidable que permite un deslizamiento mucho más fácil de las unidades que se procesan.

En la parte final existe un estante para guardar el cartón que se utiliza para el empaque, las dimensiones de este son 48x60x72 pulgadas, la figura 2 del apéndice A muestra un ejemplo del diseño. En total el proceso abarca un espacio de 13x27 pies o 351 pie cuadrados. Es una línea que está bastante holgada.

Los materiales están dispuestos en cinco anaqueles de cinco pisos ubicados en la parte trasera inmediata, esto facilita la disposición de materiales en el proceso y tienen 2 días de inventario en las áreas de producción.

4.1.5 Oportunidades de mejoras en Línea de ensamble contactor Size 4

Mediante la observación y aplicación de una entrevista (ver anexos) a los asociados más experimentados² de esta línea de producción se ha podido determinar el siguiente listado de oportunidades:

- Espacio subutilizado, existe una gran parte de este arreglo específicamente la parte central en donde se pierde un espacio de 19x5 pies debido a una configuración tipo L.
- Trabajo en proceso más alto de lo establecido, la empresa ha determinado que el WIP para esta línea no puede ser más de cinco unidades y en cada una de las estaciones se verificaba hasta el doble de las unidades requeridas afectado con esto el flujo continuo y contradiciendo los principios de Manufactura Esbelta.

² Para este estudio para calificar como operadores experimentados tienen que tener más de cinco años en la planta, tener entrenamientos en todas las estaciones de su línea y tener entrenamientos cruzados.

- Partículas sobre las estaciones de trabajo, estas partículas se adhieren a algunos componentes como los núcleos de hierro y los contactos móviles, esto se convierte en una falla en la estación de prueba.
- Cúmulo de unidades en el área de prueba, a pesar que la estación de prueba no es el cuello de botella se suelen acumular muchas unidades en espera por ser probadas. El WIP es de 20 unidades y comúnmente se observan hasta 60 unidades en espera.
- BOM manual, lo que dificulta la lectura del material requerido.

4.1.6 Fortalezas de la Línea de ensamble contactor size 4

- Amplio espacio para movilidad de los asociados, alrededor de 95 pies cuadrado solo para movimiento.
- Comunicación fluida entre los operadores debido a la cercanía.
- Bajo costo de mantenimiento, no más de RD\$30,000 anual.
- Operadores bien adiestrados, según matriz de adiestramiento cruzado todos los empleados pueden operar en cualquier estación.

4.2 Descripción situación actual Línea Size 0

El proceso de manufactura del contactor Size 0 se lleva a cabo en una línea automática en donde los operadores solo tienen que seguir las instrucciones que un sistema automatizado les va indicando. La línea se compone de tres elementos esenciales:

1. Sistema de BOM electrónico
2. Equipo de prueba
3. Conveyor

4.2.1.1 El sistema de BOM electrónico:

Se compone de un control principal llamado HC³, un sistema de Led⁴ dispuesto en cada estación y un sistema de RFID⁵. El sistema de led es controlado remotamente por el HC que asigna el número de orden y catalogo mediante el sistema RFID. Las unidades son transportadas en paletas, ver figura 7 del apéndice A, estas tiene al lado derecho una identificación para que el sistema RFID pueda controlarlas. Mediante este control se logra que las paletas estén

³ Host Computer, palabra técnica de origen inglés que significa ordenador anfitrión o ordenador principal.

⁴ Led, Light Emitter Diode. Del inglés diodo emisor de luz.

⁵ RFID, Radio Frequency Identification

identificadas siempre y que el sistema se entere en tiempo real de la ubicación y estado de la unidad que se transporta.

El HC maneja los requerimientos mediante una base de datos en donde se programan el número de catálogo y todos los materiales que llevará el ensamble, esta programación se hace solo una vez y es función del ingeniero de manufactura hacerla. El programa de administración de catálogo funciona de manera similar a una plantilla de Excel.

El HC registra cuantas unidades se han ensamblado y el rendimiento global de la línea. Este rendimiento es medido mediante un indicador clave de rendimiento llamado FTT⁶ que alerta al supervisor si existe alguna condición fuera de control.

Cada vez que una paleta arriba a una estación se enciende los Leds que le indica al operador los materiales debe tomar del anaquel. Si la unidad es de una nueva orden los leds parpadean, indicándole al operador que es una nueva orden, de esta manera se evita cualquier error. Si la orden ya estaba siendo procesada encienden de manera permanente y luego se apagan cuando la paleta es liberada.

⁶ FTT, First Time Test, mide la relación entre unidades totales aceptadas dividido por el número total de unidades procesadas.

4.2.1.2 Equipo de Prueba:

Es controlado remotamente por el HC, su función es probar la integridad de las unidades ensambladas en la línea. El HC mediante comunicación serial le comunica al equipo que unidad está probando para que este pueda hacer el ajuste en los parámetros, luego este le envía al HC el estado de la unidad, es decir si paso o fallo la prueba. Si la unidad falla el HC genera una etiqueta con el código de la falla para evitar mezclas de unidades. Una vez falla la unidad el HC genera otro requerimiento a la primera paleta que llegue a la primera estación. Este proceso es denominado remplazo y se hace solamente para completar la orden incompleta.

4.2.1.3 Conveyor:

Es una correa transportadora con dos lados, uno de los lados es donde están sentados los asociados y el otro es el lado de retorno. El conveyor se compone de un sistema de paradas automáticas y sujetadores que detienen la unidad hasta que es procesada. Cada parada neumática tiene sensores de proximidad inductivos para que el sistema reconozca que hay una unidad en proceso para evitar la liberación de la próxima, de esa manera se evita que la unidad pueda lesionar al operador.

En cada estación del conveyor existe una consola de pulsadores y selectores eléctricos. Cada consola tiene un pulsador para liberar la unidad cuando se ha concluido con el proceso de ensamble, el otro pulsador sirve para rechazar la unidad en casos en donde el operador identifique alguna anomalía en el producto. Cuando esto sucede la unidad es liberada de manera automática en todas las estaciones y no encienden los leds, para evitar que sea procesada, este modo redundante sirve para evitar retrasos.

El selector se utiliza para activar un sistema de indicadores visuales que se utiliza para:

- Alertar al supervisor si existe alguna condición anómala.
- Solicitar soporte de mantenimiento.
- Materiales.

4.2.2 Proceso de ensamble contactor eléctrico size 0

El conveyor se compone de diez estaciones y se utilizan tantos operadores y estaciones como demande el estilo que se desee procesar. Ver figura 15

4.2.3 Estación 1 (Ensamble núcleo de hierro)

1. Colocar armazón.
2. Fijar núcleo de hierro fijo.
3. Sujetar almohadillas de goma.

4.2.4 Estación 2 (Porta contactos móviles)

1. Colocar porta contactos móviles.
2. Colocar bobina.

4.2.5 Estación 3 (Ensamble contactos fijos lado derecho)

1. Tomar armazón.
2. Colocar en prensa neumática.
3. Colocar un lado de los contactos fijos.

4.2.6 Estación 4 (Ensamble contactos fijos lado izquierdo)

1. Tomar armazón con una parte de los contactos fijos.
2. Colocar en prensa neumática segunda vez.

4.2.7 Estación 5 (Resorte de retorno y cierre de la unidad)

1. Resorte de retorno.
2. Cierre manual de la unidad.

4.2.8 Estación 6 (Prueba)

1. Prueba automática.

4.2.9 Estación 7 (Etiquetas)

1. Colocar etiqueta superior.
2. Colocar etiqueta lateral.
3. Colocar bolsa plástica.

4.2.10 Estación 8 (Empaque)

1. Colocar en cajas
2. Disponer en cajas de consolidación

4.2.11 Diagrama de flujo de proceso Línea Size 4

La figura 15 resume el proceso que cursa la unidad para ser ensamblada:

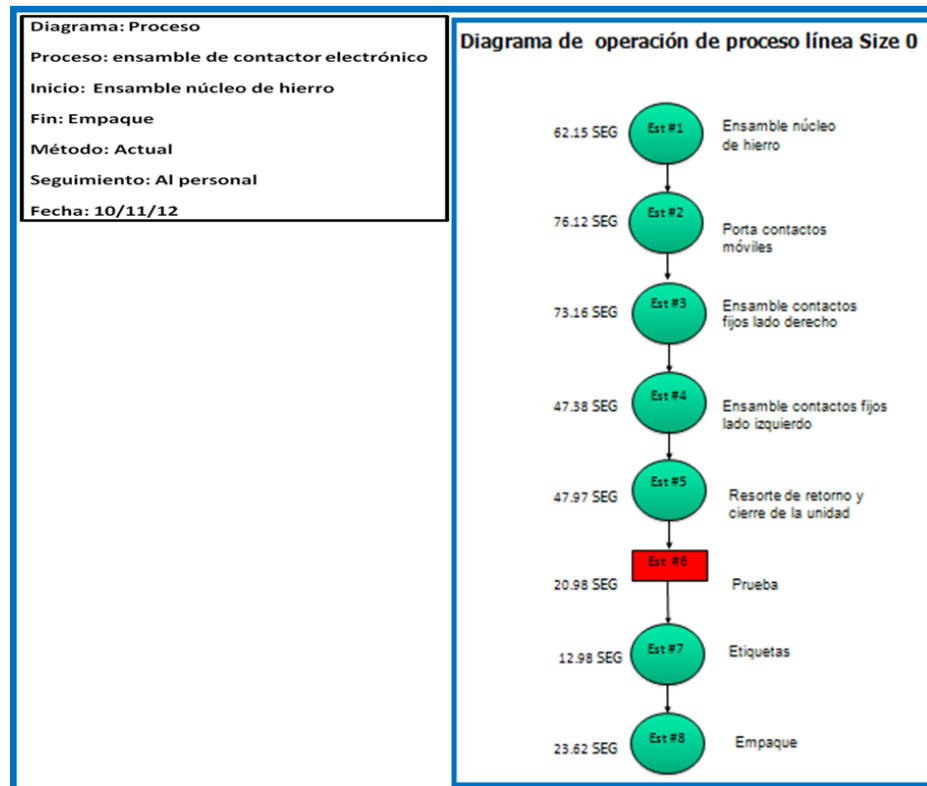


Figura 15. Diagrama de flujo línea Size 0

4.2.12 Cursograma analítico actual de Proceso

Se muestra el diagrama analítico actual donde se evidencia que existe un transporte nulo en este proceso. Ver figura 16.

		Resumen						
Proceso: Ensamblado de un domo		Actividad		Actual	Propuesta	Economía		
		Operación		7	0	0		
Actividad: ENSAMBLE DE CONTACTOR DE SIZE 0		Transporte		0	0	0		
		Inspección		0	0	0		
		Demora		0	0	0		
		Almacenamiento		0	0	0		
Método:	Actual	Tiempo de espera para terminar						
Lugar:		un domo (Centésimas de minutos)		364				
Realizado por:	Michael Espino							
		Tiempo	Símbolo					
Descripción		Centésimas de Minutos						Observaciones
Colocar el armazón, el núcleo de hierro fijo y las almohadillas de amortiguamiento.		62.15						
Colocar el porta contactos móviles junto a la bobina		76.12						
Tomar el armazón y lo coloca en una herramienta neumática junto con un lado de los contactos fijos y acciona de manera manual la		73.16						
tomar el armazón con una parte de los contactos fijos ya sujetos y lo coloca en una herramienta neumática		47.38						
Coloca el resorte de retorno y se cierra de manera manual la unidad.		47.97						
Prueba y funcionamiento de la unidad de manera automática en el tester		20.98						
Se colocan las etiquetas tanto lateral como superior		12.98						
Se dispone la unidad en una caja con protecciones contra impacto		23.62						
Totales		364	11	0	0	0	0	

Figura 16. Cursograma analítico del proceso de ensamble contactor Size 0

4.2.13 Distribución del proceso (Layout)

Esta línea de ensamble está distribuida en forma de línea recta formada sobre un conveyor de aluminio extruido pesado lo que le crea una resistencia considerable para el proceso de manufactura. La estructura tiene tres anaqueles por cada estación que permite al operador tomar los materiales de manera conveniente. Ver figura 17

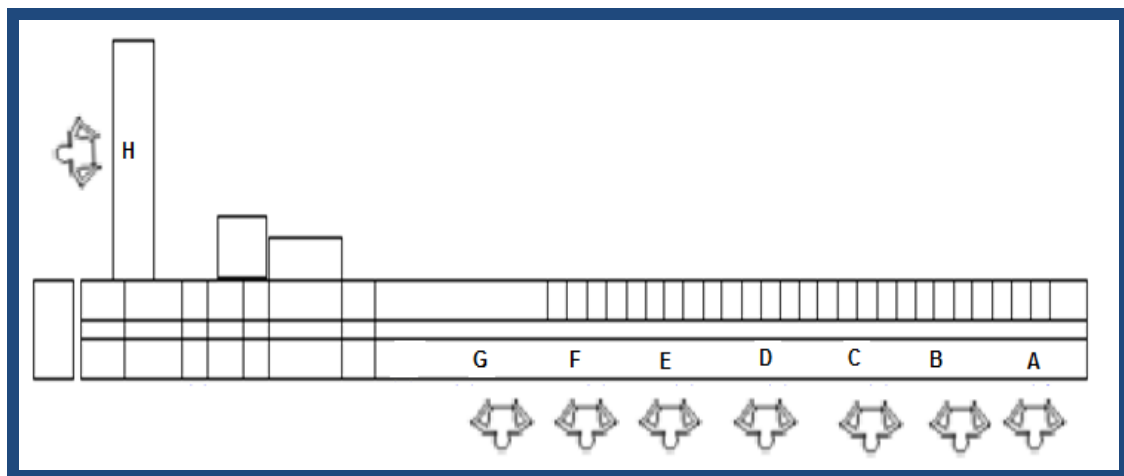


Figura 17. Layout actual de la línea Size 0

Tiene seis secciones de 61x6x87 pulgadas que corresponden a las estaciones de operaciones pesadas, como son atornillado, prensado, etc. El área de etiquetado mide 67 pulgadas de ancho en donde se disponen convenientemente las impresoras. El área de empaque ocupa un espacio de 67x30x72.

La parte del computador anfitrión ocupa 24 pulgadas de ancho y unas 30 de largo. Cada estación cuenta con mesas pequeñas de 47x17x28 pulgadas alojadas al lado del operador en donde se ponen los materiales menos pesados y a las vez los más utilizados por el operador.

4.2.14 Oportunidades de Mejoras en Línea de ensamble contactor Size 0

Aplicando los mismos pasos considerados en la sección 2.5 se verificó:

- Altos niveles de rechazos en la estación de prueba, las fallas más comunes son, Rebote de Contacto y Transferencia. El objetivo es de 15,000 defectos por millón o PPM y actualmente está en 82,404 PPM.
- Paradas por mantenimiento correctivo, al ser una línea automática suele tener ciertas paradas por falta de comunicación entre los módulos que la integran.
- Costos de mantenimiento, la naturaleza de la línea sugiere que se tengan piezas relativamente costosas en almacén.

4.2.15 Fortalezas de la Línea de ensamble contactor Size 0

- Línea ejemplo de flujo continuo al tener un flujo de una sola unidad.
- Espacio reducido a lo ancho, apenas 7 pies.
- Manejo de BOM electrónico.
- Reporte de fallas automático.

CAPITULO V

5.0 Propuesta: Integración Línea Size 0 y Size

4.3 Aspectos a tomar en consideración para el proceso de integración

4.3.1 Aspectos Técnicos de Ingeniería

Para el proceso de integración se deben tomar los siguientes aspectos en consideración:

- Comunicar el proyecto a los supervisores y operadores, como parte del proceso de mejora continua los empleados forman parte integral de la solución.
- La línea automática debe ser actualizada debido a que tiene dieciséis años de servicio ininterrumpido, según el ingeniero de proyecto de esta planta, los componentes de esta línea ya no aparecen en el mercado lo que la hace susceptible a paradas por mantenimiento correctivo por tiempo indeterminado.
- Hacer un nuevo balanceo de línea, esto consiste en redistribuir las estaciones y las operaciones por estación.

- Colocar mesa de apoyo de aluminio con tope de acero inoxidable de medidas 16x16 pulgadas y ribetes en los lados para evitar que se caigan las piezas.
- Reconfigurar todos los estilos de la línea Size 4 en el Host Computer de la línea Size 0 para que pueda funcionar el sistema de BOM electrónico. Esta reconfiguración es necesaria para que la línea pueda operar de forma flujo continuo.
- Creación de nuevos nidos para que las paletas puedan transportar las unidades Size 4. Las paletas de la línea Size 0 solo admiten estas unidades por lo que tendría que diseñarse nidos intercambiables y de fácil ajuste.
- Modificación del equipo de prueba de la línea Size 4 para que pueda probar las unidades.
- Importar base de datos de etiquetas de la línea Size 4 a la línea Size 0. Todas las etiquetas deben configurarse en una sola base de datos.
- Relocalización de anaqueles de la línea Size 4. Son cuatro anaqueles que deben ser colocados próximo a las líneas integradas.
- Disponer de las mesas de trabajo de la línea Size 4 para poder despejar el espacio.

4.3.2 Aspectos de Calidad

- Actualizar las matrices de adiestramiento de los operadores que estarán corriendo la línea integrada, esto es que todos los operadores sean capaces de trabajar en cualquier estación sin importar el producto que se esté ensamblando.
- Revisar el objetivo del indicador de rendimiento FTT para las dos líneas integradas.
- Documentar el proceso de cambio.
- Adiestrar al inspector de calidad que trabajara con este nuevo proceso integrado.

4.4 Comparación de la demanda Size 0 y Size 4

Basados en la tabla 1 se comparan las demandas, la cantidad de estaciones de trabajo requeridas y la cantidad de operadores de ambos productos se puede concluir que los dos procesos pueden correr en el mismo conveyor. Esta integración es posible tomando las funciones automáticas que tiene el conveyor.

La empresa utiliza la estrategia de corridas parciales en la línea Size 0 compartiendo el personal de otra línea pero esta estrategia les obliga a tener un

operador extra para poder correr este producto, es decir aunque el cálculo refleja que solo se necesita una persona por la configuración en conveyor ellos necesitan tres que solo corren mitad del turno de trabajo por dos días de la semana. Ver tabla1. Los datos contenidos vienen de la ilustración

Línea	Demanda promedio al año (unidades)	Tasa de Producción (unidades/hora)	Takt Time (Segundos)	Cantidad de Operadores Teórico	Cantidad de Operadores Real	Disponibilidad en Horas/Día
Size 0	28800	15.88	82	1.3	3	3
Size 4	80400	44.33	230	4.5	6	8
				Total de operadores	9	
Línea	Demanda promedio al año (unidades)	Tasa de Producción (unidades/hora) r	Takt Time (Segundos)	Cantidad de Operadores Teórico	Cantidad de Operadores Real	Disponibilidad en Horas/Día
Size 0-Size 4	109200	58.68	65.5	6.2	7	8
				Total de operadores	7	
				Ahorro Neto	2	
				Ahorro real	1	

Tabla 1. Comparación Línea Size 0, Size 4 y ambas integradas.

4.5 Diagrama de flujo de proceso Línea Size 0-Size 4

El diagrama de flujo de la figura 18 muestra el diagrama de flujo actualizado para la nueva línea integrada, nótese que la estación de prueba es automática, no se necesita ningún operador para asistir el equipo.

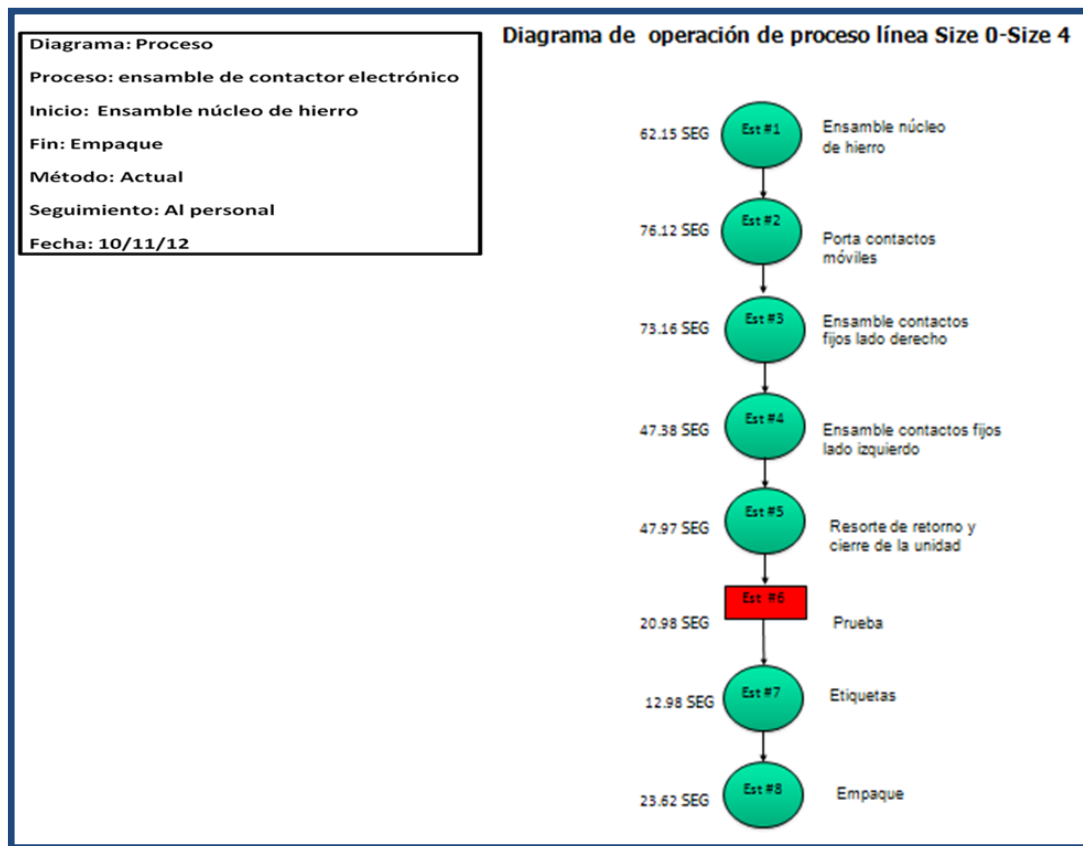


Figura 18. Diagrama de flujo línea Size 0-Size 4

4.6 Gráfica del balanceo de la nueva línea integrada

La grafica de balanceo de la figura 19 muestra que todas las operaciones están por debajo del takt time, esto asegura que la demanda podrá ser satisfecha. Hacer una nivelación de carga para la operación numero uno no es posible por la naturaleza del producto, en este caso, esta operación la maneja el operador más diestro según criterios de la empresa estudiada.

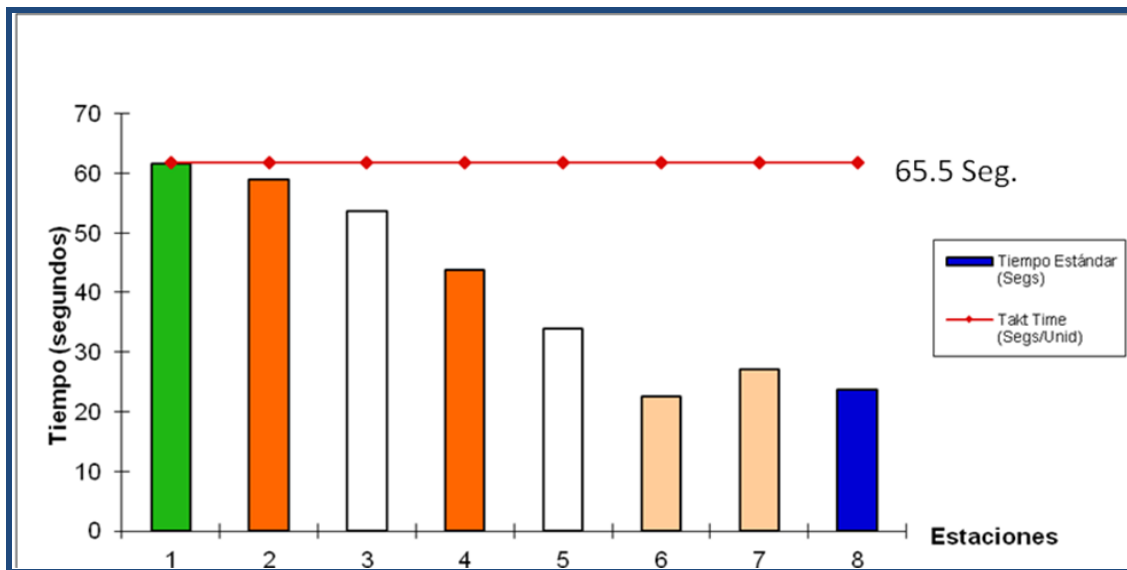


Figura 19. Gráfica del balanceo líneas Size 0 y Size 4 integradas

Este balanceo muestra cierto nivel de holgura desde la estación número cuatro en adelante; esto se debe a la naturaleza del producto que solo admite determinadas operaciones que son muy específicas de una etapa y de la línea de ensamble que es un conveyor automático.

4.7 Cursograma analítico de la nueva línea integrada

Basados en el cursograma analítico de la figura 20 se puede ahorrar un empleado del proceso; además del área liberada.

Diagrama No.3			Resumen						
			Actividad		Actual	Propuesta	Economía		
			Operación		8	7	0		
Actividad: ENSAMBLE DE CONTACTOR DE SIZE 0 y SIZE 4			Transporte		0	0	0		
			Inspección		1	1	0		
			Demora		0	0	0		
			Almacenamiento		0	0	0		
Método:	Actual		Tiempo de espera para terminar						
Lugar:			un domo (Centésimas de minutos)			325			
Realizado por:	Michael Espino								
			Tiempo	Símbolo					
Descripción			Centésimas de Minutos						Observaciones
Ensamble núcleo de hierro			61.595						
Porta contactos móviles			59						
Ensamble contactos fijos lado derecho			53.74						
Ensamble contactos fijos lado izquierdo			43.74						
Resorte de retorno y cierre de la unidad			34.005						
Prueba			22.545						
Etiquetas			27.02						
Empaque			23.62						
Totales			325	11	0	0	0	0	

Figura 20. Cursograma analítico Línea Size 0 y Size 4 integradas

4.8 Distribución del proceso (Layout)

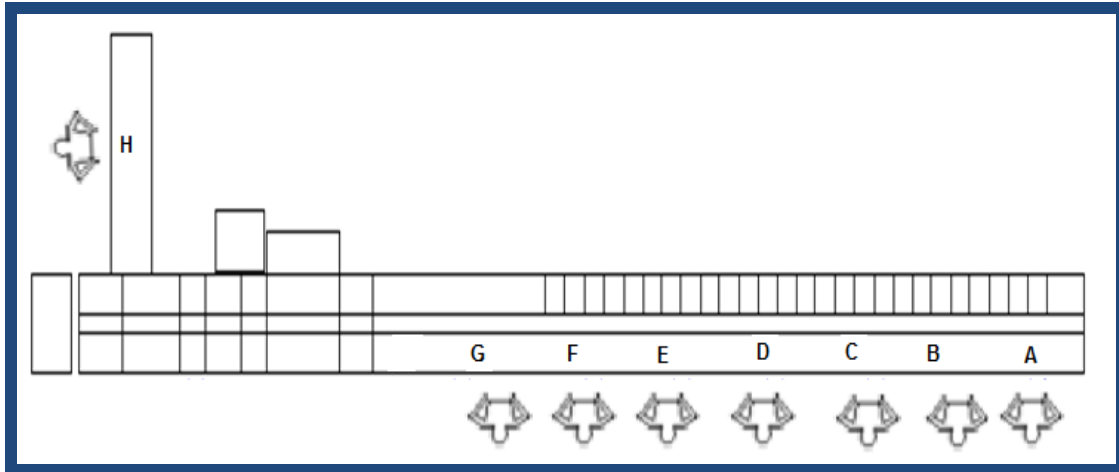


Figura 21. Nuevo Layout de las líneas integradas

La figura 21 muestra el nuevo layout que tendrá como resultado la fusión de las dos líneas de manufactura; como se puede apreciar es el mismo conveyor automático de la línea que tenía la menor demanda.

Este layout evita la operación de carga y descarga que se hace en las líneas manuales ya que este se alimenta de manera automática; basado en el número de la orden ejecuta las pruebas que corresponden.

4.9 Cuadro comparativo entre las líneas Size 0 y Size 4

Parametro	Línea Size 0	Línea Size 4	Comentario
Demanda Promedio/año	4800	96000	
Takt time (segundos)	75.6	86	
FTT (PPM)	82000	19000	Mide la relación entre unidades rechazadas por el equipo de prueba entre el total producido.
OBQ (PPM)	0	747	Este parametro mide los defectos por millón que se generan en la inspección final del producto.
Rendimiento (%)	85	90	Mide el porcentaje de unidades que son aceptadas con relación al total producidas.
Cantidad de estaciones	10	6	Cantidad máxima de estaciones que tiene el proceso
WIP (Trabajo en Proceso)	1	5	Mide el tamaño del lote en unidades que tienen que esperar para ser procesadas

Tabla 2. Cuadro comparativo Línea Size 0 y Size 4

4.10 Ventajas y desventajas de la integración

4.10.1 Ventajas de la integración.

- Reducción de 620 pies cuadrado de espacio que pueden utilizarse para nuevas transferencias de productos.
- Reducción de personal, la empresa puede obtener un empleado menos ya que solo se necesitan cuatro empleados para correr ambos procesos consolidados. Ver tabla 1
- Reducción de Trabajo en Proceso (WIP), la línea Size 4 corre con lotes de cinco unidades en las estaciones de ensamble y veinte en el equipo de prueba, con la integración solo es posible procesar una unidad por estación.
- Flujo de una sola pieza (one-piece flow) solo una unidad es servida a la vez hasta que el operador posterior no termina la paleta no avanza.
- Mejora en la calidad, por ser una línea completamente automática es a prueba de error. En la métrica de inspección los defectos por millón de la línea Size 0 es cero con un objetivo de 100 PPM mientras que en la línea Size 4 es de 737 PPM con un objetivo de 800 lo que significa que está bien cerca del objetivo.

4.10.2 Desventajas de la integración

- Pérdida de capacidad para responder a órdenes especiales simultaneas.
- En caso de fallas en el conveyor se detienen dos productos.

4.11 Análisis de Costo de la integración

Listado de Costo para integración Línea Size 0 y Size 4					
Lista de actividades					
Actividad	Cantidad	C.Unitario	Total	Recurso	Departamento
Movimiento de materiales	4.0	RD\$ 720.00	RD\$ 2,880.00	Interno	Manufactura
Movimiento de equipo de prueba	3.00	RD\$ 6,720.00	RD\$ 20,160.00	Interno	Mantenimiento
Instalación equipo de prueba	2.00	RD\$ 6,720.00	RD\$ 13,440.00	Interno	Mantenimiento
Construcción de nuevos nidos	1.00	RD\$ 5,440.00	RD\$ 5,440.00	Interno	Mantenimiento
Modificación equipo de prueba	1.00	RD\$ 5,440.00	RD\$ 5,440.00	Interno	Mantenimiento
Mantenimiento a linea automatica	2.00	RD\$ 3,840.00	RD\$ 7,680.00	Interno	Mantenimiento
Construcción de nuevos anaqueles	1.00	RD\$ 3,600.00	RD\$ 3,600.00	Interno	Facilidades
Programación de base de datos	1.00	RD\$ 4,560.00	RD\$ 4,560.00	Interno	Ingeniería
Programación de base de datos etiquetas	1.00	RD\$ 4,560.00	RD\$ 4,560.00	Interno	Ingeniería
Disposición de mesas liberadas	1.00	RD\$ 880.00	RD\$ 880.00	Interno	Facilidades
Validación	1.00	RD\$ 2,280.00	RD\$ 2,280.00	Interno	Calidad
Materiales	1.00	RD\$ 70,756.00	RD\$ 70,625.00	Interno	Compras
		Total	\$ 141,545.00		

Tabla 3. Cuadro de costo de la integración Size 0 y Size 4

El costo total de la integración es de RD\$141,545.00. El retorno de la inversión no pudo ser calculado porque la empresa no suministro el costo del pie cuadrado, tampoco se aporó información correspondiente a los beneficios marginales que tienen los operadores.

CONCLUSIONES

La distribución en planta no solo es un proceso que las empresas llevan a cabo con el fin de ordenar equipos para que hagan determinada función dentro de un proceso, sino, que es un proceso metódico que las empresas necesitan desarrollar para sacar provecho de todos los aspectos productivos con que cuentan. Solo con la fusión de dos líneas de manufactura, podemos liberar espacios necesarios para nuevos productos o nuevos procesos.

Se concluye que los objetivos planteados fueron logrados demostrando no solo que la integración de las dos líneas es posible debido a que el takt time y tiempo estándar están nivelados, sino que se logra una reducción de 620 pies cuadrados de espacio para nuevas líneas de manufactura.

Se reduce un empleado que era utilizado en el proceso de carga-descarga de la línea size 4, esta operación queda completamente automatizada por la configuración del conveyor que se autoalimenta.

Se adecuará el proceso integrado a un flujo de una sola pieza donde no habrá cúmulos en ninguna de las estaciones, de este mismo modo el trabajo en proceso se reduce a una sola unidad también.

RECOMENDACIONES

Se debe conducir un estudio o proyecto Seis Sigma que permita al equipo de ingeniería de la empresa determinar las causas de las fallas del producto Size 4 debido a que solo cuentan con la información de la cantidad de fallas.

Se hace necesario actualizar el conveyor automático. Basados en las informaciones que se pudieron verificar sobre el índice de paradas por mantenimiento de emergencia y comunicaciones del manufacturero de este equipo sobre la obsolescencia de la gran mayoría de los componentes que éste utiliza se puede concluir que este equipo necesita una rápida inversión.

Se recomienda adiestrar a los empleados sobre las aplicaciones y utilidades de los productos que ensamblan para que puedan tener una idea del impacto que puede causar el producto a los clientes finales.

Otra de las recomendaciones es que deben bajar el inventario de materiales en las líneas debido a sobre pasa la política interna de la empresa de no tener más de dos días de inventario en las áreas de manufactura. En las líneas estudiadas se pudo apreciar materiales para producir tres días de producción.

LINEAS FUTURAS

Se hace necesario hacer una nueva valoración o estudio de la distribución en planta debido a que las líneas de más alto volumen de esta planta están más alejadas del área de embarque y de almacén por lo que la frecuencia y cruce de del tránsito hacia estas es mayor.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Adam, E., & Ebert, R. (2010). *Administración de la Producción y las operaciones cuarta edición*. New York, Estados Unidos: Prentice Hall.

Arndt, P. (2005). *El Sistema de Producción Justo a Tiempo*. New York, Estados Unidos: Green Publish.

Cuatrecasas, L. (2010). *Lean Management*. Barcelona, España: Bresca Editorial.

De la Fuente, D., & Fernandez, I. (2005). *Distribución en Planta*. Oviedo, España: Universidad de Oviedo.

De la Fuente, D., & García, N. (2006). *Organización de la Producción en la ingeniería*. Oviedo, España: Universidad de Oviedo.

Galgano, A. (2002). *Las Tres Revoluciones*. Madrid, España: Ediciones Diaz Santos.

Hay, E. (1987). *Justo a Tiempo la tecnica Japonesa que genera Mayor Ventaja Competitiva*. Rhode Island, Estados Unidos: Grupo Editorial Norma.

Heizer, J., & Render, B. (2004). *Principios de administración de operaciones*.

México, México: Pearson educación.

Lee, K., Larry, R., & Malhotra, M. (2008). *Administración de operaciones, Procesos y cadena de valor*. México, México: Pearson Education.

Moore, R. (2007). *Selecting the Right Manufacturing Improvement Tools - What Tool? When?* New York, Estados Unidos: Elseiver.

Muther, R. (1981). *Distribución en planta. Segunda Edición*. Barcelona, España: Editorial Hispano-Europea.

Muther, R. (1968). *Planificación y proyección de la empresa industrial (Método SLP)*. Barcelona, España: Editorial Técnicos Asociados S.A.

Niebel, B., & Freivalds, A. (2008). *Ingeniería industrial: métodos estándares y diseño del trabajo*. México, México: Mc Graw-Hill Interamericana.

Ortiz, C., & Rivera, J. (2011). *Funcionamiento del Contactor*. Caracas, Venezuela: Instituto Universitario de Tecnología Dr. Federico Rivero Palacios.

Pérez, P. (2006, Junio 14). <http://www.monografias.com/trabajos65/resolucion-distribucion-planta/resolucion-distribucion-planta2.shtml>. Retrieved Noviembre 22, 2012, from <http://www.monografias.com>: <http://www.monografias.com>

Salvendy, G. (2001). *Handbook of Industrial Engineering - Technology and Operations Management (3rd Edition)*. New York, Estados Unidos: John Wiley & Sons.

Sánchez, E., Junquera, B., & Del Brío, J. (2008). *Iniciación en los negocios para ingenieros, aspectos funcionales*. Madrid, España: Cengage Learning, Paraninfo.

Santos, J., Wisk, R., & Torres, J. M. (2006). *Improving Production with Lean Thinking*. New York, Estados Unidos: John Wiley & Sons.

Serpe, K., & Schmid, S. (2002). *Manufactura, Ingeniería y Tecnología*. México, México: Prentice Hall.

Suñe, A., Gil, F., & Acusa, I. (2004). *Manual Práctico del diseño de Sistemas Productivos*. Madrid, España: Diaz de Santos.

Valhonrat, J., & Corominas, A. (1991). *Localización distribución en Planta y Manutención*. Barcelona, España: Marcombo.

Vatalaro, J. (10 de February de 2008). *Lean Manufacturing Junction*. Recuperado el 15 de October de 2012, de A Lean Manufacturing Web site: <http://www.lean-manufacturing-junction.com/kanban.html>

Vaughn, R. (1988). *Introducción a la Ingeniería Industria segunda edición*. Barcelona, España: Editorial Reverte.

ANEXOS

ANEXOS.

Level	Name	Rev	F/N	Description	State	Ref Des	Qty	U of M	Type	Usage	RoHS Compliant	Component Location	Substitute Parts	Design Code	Location Code	Notes
1	CN150N3AB	001		65MM 3POLE 120V CONTACTOR	Release			EA (each)	Assembly Part		Unsigned					
2	9-2703-1	002	90010	ENC.COIL 120/110V/60/50HZ/65MM	Release		1.0	EA (each)	Assembly Part	Standard	YES			Unsigned	Unsigned	
2	75-5495-9	F1	90020	PACKAGE ASM	Release		1.0	EA (each)	Assembly Part	Standard	YES			Unsigned	Unsigned	
3	75-5472-2	001	90010	4.25 X 3.125 X 5.125 CORR.BOX	Approved		1.0	EA (each)	Packaging Part	Standard	YES			Unsigned	Unsigned	
3	75-3002	B	90020	9.5 X 9 POLYETHYLENE BAG	Release		1.0	EA (each)	Packaging Part	Standard	YES			Unsigned	Unsigned	
2	30-16691	002	90030	LABEL, 65MM CONTACTOR TOP - NAMEPLATE	Release		1.0	EA (each)	Label Part	Standard	YES			Unsigned	Unsigned	
3	30-18093	B	90010	65MM TOP LABEL BLANK	Release		1.0	EA (each)	Label Part	Standard	YES			Unsigned	Unsigned	
2	30-15001	002	90040	65MM PRINTED SIDE LABEL	Release		1.0	EA (each)	Label Part	Standard	Unsigned			Unsigned	Unsigned	
3	30-18094	A	90010	65MM SIDE LABEL BLANK	Release		1.0	EA (each)	Label Part	Standard	YES			Unsigned	Unsigned	
2	30-10348	007	90050	CARTON DISPLAY LABEL	Release		1.0	EA (each)	Label Part	Standard	YES			Unsigned	Unsigned	
2	10-6996-8	D	90060	65MM CONT W/TERM SCREW	Release		1.0	EA (each)	Assembly Part	Standard	Unsigned			Unsigned	Unsigned	
3	49-7423-2	004	002	65MM BASE ASM	Release		1.0	EA (each)	Mechanical Part	Standard	YES			Unsigned	Unsigned	
3	49-7424-10	L	003	HOUSING ASM 65MM CONTACTOR	Release		1.0	EA (each)	Mechanical Part	Standard	Unsigned			Unsigned	Unsigned	
3	49-7425-2	A	009	65MM COVER ASM 3POLE	Release		1.0	EA (each)	Mechanical Part	Standard	NO			Unsigned	Unsigned	
3	69-4771	B1	010	SPRING	Release		1.0	EA (each)	Mechanical Part	Standard	YES			Unsigned	Unsigned	
3	10-5810-9	001	012	SIDE INTERLOCK ASM	Release		1.0	EA (each)	Assembly Part	Standard	YES			Unsigned	Unsigned	
2	P19229	002	90070	AC MAGNETIC CONTACTOR 2, AND 3 POLE	Release		1.0	EA (each)	Publication Part	Standard	YES			Unsigned	Unsigned	
2	30-44900	002	90120	LABEL, BLANK WHITE 50.8MM (2.0) X 19.1MM (0.75)	Release		1.0	EA (each)	Label Part	Standard	YES	PRINT PER 50-39067		Unsigned	Unsigned	

Ilustración 1. Ejemplo de un Bill of Material BOM. Fuente: La empresa



Ilustración 2. Vista del diseño modular IAC. Fuente www.IAC.com

Entrevista								
Perfil								
Antigüedad			Entrenamiento Cruzado		Posición		Línea	
5	10	15 o Más	Si	No	Operador	Líder	Size 0	Size 4
1. ¿En cuantas líneas de manufactura ha trabajado dentro de la empresa?								
2. ¿Conoce usted lo que son los entrenamientos cruzados?								
3. ¿Según su punto de vista cuales son las oportunidades de mejora que existen en su línea de producción?								
4. ¿Sabe usted como esto afecta los resultados del negocio?								
5. ¿Cómo contribuye usted a mejorar estas oportunidades?								
6. ¿Según su punto de vista existe un programa de mejora continua en donde usted participe?								
7. ¿Recibe instrucciones claras de su supervisor sobre cómo mejorar día a día en su estación de trabajo?								
8. ¿Si usted propone una mejora en su línea de producción cual sería?								

Ilustración 3. Formato de entrevista utilizado en el estudio.
Fuente: Elaboración propia



Ilustración 4. Paleta Bosch con identificador al lado. Fuente: Bosch Inc.

Gráfica de Balanceo						
Línea	Lineas Size 4 & Size 0		Total de Operadores		7	
Actual		Tiempo Disponible Diario	25,918	Días de Trabajo	20	
Familia	Demanda de Producción Mensual (Unids)	Demanda Diaria (Unids)	Factor de Peso	Takt Time (Segs/Unid)	Tiempo Disponible Diario (Segs)	Personas Requeridas
Size 4	8,000	400	0.95	61.71	24,684	5
Size 0	400	20	0.75	971.93	19,439	2
TOTAL	8,400	420	1.70		44,122	

Ilustración 5. Cuadro para gráfica de balanceo. Fuente: Elaboración propia.

Contactores SIZE 0 y Size 4 Integradas						
Estación #	Operación	Tiempo Estándar (Segs)	Capacidad Estación (Unids)	Personas Requeridas	Takt Time (Segs/Unid)	Comentario
1	colocar el armazón, el núcleo de hierro fijo y las almohadillas de amortiguamiento.	61.595	401	1.0	62	
2	colocar el porta contactos móviles junto a la bobina	59	418	1.0	62	
3	tomar el armazón y lo coloca en una herramienta neumática junto con un lado de los contactos fijos y acciona de manera manual la herramienta	53.74	459	0.9	62	
4	tomar el armazón con una parte de los contactos fijos ya sujetos y lo coloca en una herramienta neumática	43.74	564	0.7	62	
5	coloca el resorte de retorno y se cierra de manera manual la unidad.	34.005	726	0.6	62	
6	prueba	22.545	1095	0.4	62	
7	se colocan las etiquetas tanto lateral como superior	27.02	914	0.4	62	
8	Se dispone la unidad en una caja con protecciones contra impacto	23.62	1045	0.4	62	
	TOTAL	325.27	401	5.27	61.71	

Ilustración 6. Cuadro de tiempo estándar. Fuente: Elaboración propia.

Takt time y tiempo estándar

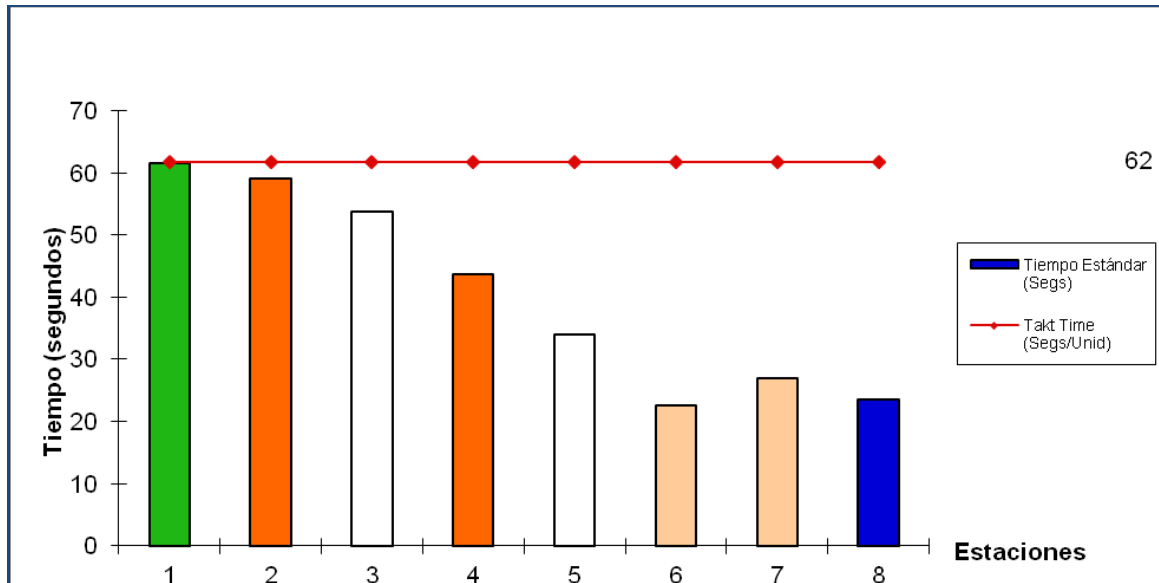


Ilustración 7. Gráfica del tiempo estándar y takt time. Fuente: Elaboración propia

No. Sec.	Estación	Descripción						Total	Tiempo	Factor	Tiempo	Consec.	Tiempo	Tiempo	Tool
			(S/M/H)	Observaciones					Prome.	Nivela.	Normal	(allow.)	Std.	Std. (Hrs)	no.
1	Estación 1	Colocar el armazón, el núcleo de hierro fijo y las almohadillas de amortiguamiento.	s	51.33	53.6	54.1	55.02	56.14	270.1900	54.0380	1.0000	54.0380	0.1500	62.14	0.0173
2	Estación 2	Colocar el porta contactos móviles junto a la bobina	s	58.87	66.23	68.37	69.4	68.08	330.9500	66.1900	1.0000	66.1900	0.1500	76.12	0.0211
3	Estación 3	Tomar el armazón y lo coloca en una herramienta neumática junto con un lado de los contactos fijos y acciona de manera manual la herramienta.	s	67.02	62.58	57.06	63.77	67.64	318.0700	63.6140	1.0000	63.6140	0.1500	73.16	0.0203
4	Estación 4	Tomar el armazón con una parte de los contactos fijos ya sujetos y lo coloca en una herramienta neumática.	s	40.8	40.87	41.69	41.71	40.91	205.9800	41.1960	1.0000	41.1960	0.1500	47.38	0.0132
5	Estación 5	Coloca el resorte de retorno y se cierra de manera manual la unidad.	s	42.58	43.59	42.32	43.56	36.53	208.5800	41.7160	1.0000	41.7160	0.1500	47.97	0.0133
6	Estación 6	Prueba	s	17.34	19.55	16.71	18.72	18.91	91.2300	18.2460	1.0000	18.2460	0.1500	20.98	0.0058
7	Estación 7	Colocar las etiquetas tanto lateral como superior	s	13.89	11.94	11.87	10.11	11.23	45.1500	11.2875	1.0000	11.2875	0.1500	12.98	12.9806
8	Estación 8	Colocar unidad en caja	s	9.36	11.3	10.29	10.11	10.29	51.3500	10.2700	2.0000	20.5400	0.1500	23.62	23.6210
												Concesiones			
												Fatiga	Evitables	Inevitables	
												0.06	0.04	0.05	

Ilustración 8. Toma de tiempos línea Size 0. Fuente: Elaboración propia

Estación							Total	Tiempo	Factor	Tiempo	Consec.	Tiempo	Tiempo	Tool	
	(S/M/H)	Observaciones					OBS.	Prome.	Nivela.	Normal	(allow.)	Std.	Std. (Hrs)	no.	
	s	51.08	52.3	54.02	54	54.01	265.4100	53.0820	1.0000	53.0820	0.1500	61.04	0.0170		
Estación 1	s	73.27	78.23	72.37	71.51	69.88	365.2600	73.0520	1.0000	73.0520	0.1500	84.01	0.0233		
Estación 2	s	29.22	29.28	31.06	29.27	30.44	149.2700	29.8540	1.0000	29.8540	0.1500	34.33	0.0095		
Estación 3	s	35.1	36.03	34.1	35.05	34.07	174.3500	34.8700	1.0000	34.8700	0.1500	40.10	0.0111		
Estación 4	s	17.01	17.02	17.03	18.04	18.02	87.1200	17.4240	1.0000	17.4240	0.1500	20.04	0.0056		
Estación 5	s	21.24	21.3	19.65	21.72	20.91	104.8200	20.9640	1.0000	20.9640	0.1500	24.11	0.0067		
Estación 6	s	35.19	36.04	36.27	36.01	35.03	143.3500	35.7080	1.0000	35.7080	0.1500	41.06	41.0642		
												Concesiones			
												Fatiga	Evitables	Inevitables	
												0.06	0.04	0.05	

Ilustración 9. Toma de tiempos línea Size 4. Fuente: Elaboración propia.

Listado de Materiales para la integración Size 0 y Size 4

Artículo	Descripción	Cantidad	Medida	Costo unitario	Total
1	Aluminio 2x6x4	20	Unidad	RD\$ 1,514.00	RD\$ 30,280.00
2	Electrodos de sold	10	Libras	RD\$ 1,292.00	RD\$ 12,920.00
3	Fresas para corte	4	Unidad	RD\$ 958.00	RD\$ 3,832.00
4	Alambre	1	500 Pie	RD\$ 10,080.00	RD\$ 10,080.00
5	Manguera	1	150 Pie	RD\$ 13,540.00	RD\$ 13,540.00
				Total	RD\$ 70,652.00

Ilustración 10. Listado de materiales para la integración de líneas Size 0 y Size 4

Fuente: Elaboración propia.

Cotización de los materiales: [www. Grainger.com](http://www.Grainger.com)

Aluminio

Select Items to [Compare](#)

	Grainger Item # and Description	Compliance & Notes	Brand & Model #	Catalog Page #	Availability	Ship Quantity	Price
 View Larger	Flat,Al,6061,2 x 2 1/2 In,1 Ft Item # 2FAB1 Flat Stock, Corrosion Resistant, Aluminum, Alloy Type 6061, Thickness 2 In, Width 2 1/2 In, Length 1 Ft, Unpolished Finish, Temper Extruded		GRAINGER APPROVED VENDOR 2FAB1	3139	Ready to Ship ? When can I get it?	1	\$37.85

[See All: Aluminum Blanks, Flats, Bars, Plates, and Sheet Stock](#)
☆☆☆☆☆ [Be the first to write a review](#)
☒ [More Info](#)
[Add to Personal List](#)
Quantity
[Add to Order](#)

Electrodos

Arc Welding Electrode, E6011 AC/DC, Mild Steel, Dia 1/8 In, Length 14 In, Container Type Box, Container Size 10 lb, Min Tensile Strength 60, 000 PSI, Used On Rusty, Dirty Steel

Grainger Item #	6YU52
Price (ea.)	\$32.30
Brand	FIREPOWER
Mfr. Model #	1440G0107
UNSPSC #	23171515
Ship Qty.	1
Sell Qty. (Will-Call)	1
Ship Weight (lbs.)	10.35



Availability **Clearance - limited quantity available**

Fresas

Select Items to	Compare	Grainger Item # and Description	Compliance & Notes	Brand & Model #	Catalog Page #	Availability	Ship Quantity	Price
 		HSS End Mill, 1/16 In D, 3/16 In Cut L NEW! Item # 31C851 High Speed Steel End Mill, Square End, List Number HMD4, Number of Flutes 4, End Center, End Style Double End, Cutting Type Center		CLEVELAND C41099	N/A	Item ships within 8 business days from manufacturer	1	\$23.95
See All: High Speed Steel End Mills								
☆☆☆☆☆ Be the first to write a review								
More Info			Add to Personal List		Quantity 1	Add to Order		

Manguera neumática

Select Items to	Compare	Grainger Item # and Description	Compliance & Notes	Brand & Model #	Catalog Page #	Availability	Ship Quantity	Price
 		Hose, Push On, 1/2 In ID x 150 Ft, Black Item # 5W555 Insta-Grip Push On Hose, OD 53/64 Inch, Hose Inside Diameter 1/2 Inch, Maximum Working Pressure 250 PSI, Color Black, Length 150 Feet		GOODYEAR ENGINEERED PRODUCTS 56901412728400	3811	Ready to Ship When can I get it?	1	\$338.50
See All: Bulk Push-On Hose								
☆☆☆☆☆ Be the first to write a review								
More Info			Add to Personal List		Quantity 1	Add to Order		

Alambre AWG.10

☆☆☆☆☆ | [Write a Review](#) | [Read all Reviews](#) | [Read all Ask & Answer](#) [Share this Product](#)

Wire, Hook-Up, Stranded, Wire Gauge 10 AWG, Wire Type MTW, TFF, AWM, TEW, Voltage 600, Max Amps 30, Temp Rating MTW And TFF -40 To 194 TEW And AWM -4 To 221 F, Color Black, Nominal Outside Dia 0.179 In, Insulation PVC, Spool Length 500 Ft, Standards UL And NMTBA Type MTW/AWM, CSA Type TEW, AWMStyle 1015, AWM Style 1335 8-10 AWG, AWM Style 1336 8 AWG, Passes VW-1 Vertical Flame Test

Grainger Item #	1YRF4
Price (ea.)	\$252.00
Brand	CAROL
Mfr. Model #	76832.18.01
UNSPSC #	26121517
Ship Qty.	1
Sell Qty. (Will-Call)	1
Ship Weight (lbs.)	20.8
Availability	Ready to Ship
Catalog Page No.	N/A
Country of Origin	USA
(Country of Origin is subject to change.)	



[Enlarge Image](#)

Cálculo de mano de Obra de los recursos necesarios para la integración Size 0 y Size 4

Cálculo de pago promedio por empleado/Proyecto de integración líneas Size 0 y Size 4					
Empleados	Costo (Pesos Por Hora)	Horas	Extra	Total	
Despachadores de Materiales	RD\$ 45.00	8	2	RD\$	720.00
Técnico mecánico	RD\$ 120.00	32	1	RD\$	3,840.00
Técnico electrónico	RD\$ 140.00	24	2	RD\$	6,720.00
Mecánico de taller	RD\$ 170.00	32	1	RD\$	5,440.00
Mecánico de taller 2	RD\$ 170.00	16	2	RD\$	5,440.00
Técnico de calidad	RD\$ 95.00	24	1	RD\$	2,280.00
Asistente de ingeniero	RD\$ 95.00	48	1	RD\$	4,560.00
Técnico de facilidades	RD\$ 55.00	16	1	RD\$	880.00
Soldador	RD\$ 90.00	40	1	RD\$	3,600.00

Ilustración 11. Cálculo de mano de obra para la integración Size 0 y Size 4.

Fuente: Elaboración propia.

Linea	Demand a (Unidades al mes)	Mes	Total de Tiempo Standard	Cantidad de Dias Laborables	Horas disponibles al mes	Tasa de Producción (unidades/ hora)	Tiempo de Ciclo	Takt Time Seg.	Cantidad de Operadores
Size 0	6700	Enero	304.69	15	120	55.83	64.5	64.48	5
Size 0	6700	Febrero	304.69	19	152	44.08	81.7	81.67	4
Size 0	6700	Marzo	304.69	20	160	41.88	86.0	85.97	4
Size 0	6700	Abril	304.69	21	168	39.88	90.3	90.27	3
Size 0	6700	Mayo	304.69	21	168	39.88	90.3	90.27	3
Size 0	6700	Junio	304.69	21	168	39.88	90.3	90.27	3
Size 0	6700	Julio	304.69	21	168	39.88	90.3	90.27	3
Size 0	6700	Agosto	304.69	20	160	41.88	86.0	85.97	4
Size 0	6700	Septiembre	304.69	18	144	46.53	77.4	77.37	4
Size 0	6700	Octubre	304.69	18	144	46.53	77.4	77.37	4
Size 0	6700	Noviembre	304.69	21	168	39.88	90.3	90.27	3
Size 0	6700	Diciembre	304.69	15	120	55.83	64.5	64.48	5
Total	80400					44.33	81.2	82.39	4
Size 4	2400	Enero	364.62	15	120	20.00	180.0	180.00	2
Size 4	2400	Febrero	364.62	19	152	15.79	228.0	228.00	2
Size 4	2400	Marzo	364.62	20	160	15.00	240.0	240.00	2
Size 4	2400	Abril	364.62	21	168	14.29	252.0	252.00	1
Size 4	2400	Mayo	364.62	21	168	14.29	252.0	252.00	1
Size 4	2400	Junio	364.62	21	168	14.29	252.0	252.00	1
Size 4	2400	Julio	364.62	21	168	14.29	252.0	252.00	1
Size 4	2400	Agosto	364.62	20	160	15.00	240.0	240.00	2
Size 4	2400	Septiembre	364.62	18	144	16.67	216.0	216.00	2
Size 4	2400	Octubre	364.62	18	144	16.67	216.0	216.00	2
Size 4	2400	Noviembre	364.62	21	168	14.29	252.0	252.00	1
Size 4	2400	Diciembre	364.62	15	120	20.00	180.0	180.00	2
Total	28800					15.88	226.7	230.00	2
Size 0&4	9100	Enero	364.62	21	168	54.17	66.5	66.46	5
Size 0&4	9100	Febrero	364.62	14	112	81.25	44.3	44.31	8
Size 0&4	9100	Marzo	364.62	20	160	56.88	63.3	63.30	6
Size 0&4	9100	Abril	364.62	21	168	54.17	66.5	66.46	5
Size 0&4	9100	Mayo	364.62	21	168	54.17	66.5	66.46	5
Size 0&4	9100	Junio	364.62	21	168	54.17	66.5	66.46	5
Size 0&4	9100	Julio	364.62	21	168	54.17	66.5	66.46	5
Size 0&4	9100	Agosto	364.62	20	160	56.88	63.3	63.30	6
Size 0&4	9100	Septiembre	364.62	21	168	54.17	66.5	66.46	5
Size 0&4	9100	Octubre	364.62	21	168	54.17	66.5	66.46	5
Size 0&4	9100	Noviembre	364.62	21	168	54.17	66.5	66.46	5
Size 0&4	9100	Diciembre	364.62	15	120	75.83	47.5	47.47	8
				230		58.68	61.3	62.51	6

Ilustración 12. Cálculos manuales de Takt. Fuente: Elaboración propia.

