



# GRUPO DE TRABAJO 3 “TRASLADO SEMIAUTOMÁTICO”

---

Guía de aprendizaje (Tomo I)

## **PALABRAS AL INSTRUCTOR**

Asiatech S.A. de C.V. agradece su adquisición del grupo de trabajo 3 “Traslado Semiautomático” Esperando que sea de su entera satisfacción y que la presente guía de aprendizaje sea una herramienta útil que dé soporte a sus métodos de enseñanza.

Este módulo sirve para examinar los conceptos de la manufactura esbelta y balanceo de línea, simulando mediante el uso de la banda transportadora una línea de montaje semiautomática con la finalidad de que el usuario sea capaz de proponer mejoras a temáticas reales, esto brindará a los usuarios la oportunidad de explorar la profesión del Ingeniero Industrial de hoy, desarrollando tempranamente habilidades en el ámbito industrial, como la toma de decisiones, la solución de problemas, entre otras, además de la comprensión y aprendizaje de sistemas y metodologías que hoy en día son una herramienta para que las industrias sigan siendo competitivas.

El grupo de trabajo 3 cuenta con material didáctico que le permitirá al usuario desarrollar dinámicas interactivas donde pueda simular todo el proceso productivo que implica una línea de ensamble, para ello se proponen prácticas en las cuales se pretende mostrar un panorama avanzado de temas del área de ingeniería industrial y metodologías de manufactura esbelta y mejora continua, por ejemplo la implementación de herramientas que faciliten el flujo de la producción como el sistema Pull, Kanban, Andon, One Piece Flow, VSM, entre otras y herramientas del estudio de trabajo como diagramación de operaciones, de recorrido, de precedencias, etc. además de la toma de tiempos, análisis de mejoras y balanceo de líneas de ensamble, dando como resultado que el grupo de trabajo 3 “Traslado Semiautomático” sea una herramienta ideal para el desarrollo de habilidades en usuarios durante su etapa de formación profesional.

**Agradecemos su atención y su preferencia**

**ASIATECH S.A. de C.V.**

*“Nunca consideres el estudio como una obligación, sino como una oportunidad para penetrar en el bello y maravilloso mundo del saber”. Albert Einstein*

# ÍNDICE

<b>PALABRAS AL INSTRUCTOR .....</b>	<b>2</b>
<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>9</b>
<b>1. SUSTENTO TEÓRICO.....</b>	<b>12</b>
1.1 Estandarización y Normatividad.....	12
1.2 Factor de actuación (Sistema Westinghouse).....	15
1.3 Factor de Actuación (Calificación Sintética).....	17
1.4 Programación Lineal (Método Gráfico) .....	18
1.5 Programación Lineal (Método Simplex) .....	23
1.6 Naturaleza de los Datos de Investigación de Operaciones.....	32
1.7 Muestreo de Trabajo.....	34
1.8 Diseño del Puesto de Trabajo.....	38
1.9 Parámetros Básicos de un Modelo de Gestión de Inventarios (Costos Asociados) .....	41
1.10 JIT (Sistema de Producción Tipo “Pull”).....	44
1.11 JIT (One-Piece-Flow) .....	47
1.12 JIT (Takt Time).....	50
1.13 Jidoka (Autocontrol) .....	51
1.14 Heijunka (Producción Equilibrada).....	54
1.15 Shojinka (Flexibilidad en el Trabajo) .....	56
1.16 Soikufu (Pensamiento Creativo).....	58
1.17 Mapeo de la Cadena de Valor (VSM – Value Stream Mapping) .....	60
1.18 Control Visual (ANDON) .....	72
1.19 Diagrama de Red .....	76
1.20 PERT – CPM.....	81
1.21 Sistema Kanban.....	88
1.22 Diagrama de Recorrido .....	92
1.23 Diagrama de Precedencias .....	95
1.24 Método Kilbridge y Wester (Método de las Columnas) .....	100
1.25 Teoría de Restricciones y Tiempo Tacto (TOC).....	104
1.26 Diagrama de Ensamble de Operaciones .....	109

1.27 Balanceo de Líneas (Heurística de la Utilización Incremental) .....	111
<b>2. PRÁCTICAS DEL LABORATORIO .....</b>	<b>115</b>
Práctica 1 “Extractor Identificación y Estandarización” .....	115
Práctica 2 “Cautín Identificación y Estandarización” .....	117
Práctica 3 “Césped Identificación y Estandarización” .....	119
Práctica 4 “Factor de Actuación (Sistema Westinghouse)” .....	121
Práctica 5 “Factor de Actuación (Calificación Sintética)” .....	125
Práctica 6 “Programación Lineal (Graficación de Modelos de Programación Lineal)” .....	129
Práctica 7 “Programación Lineal (Método Simplex)” .....	133
Práctica 8 “Naturaleza de los Datos de Investigación de Operaciones” .....	137
Práctica 9 “Muestreo del Trabajo” .....	141
Práctica 10 Diseño del Puesto de Trabajo .....	145
Práctica 11 “Parámetros Básicos de un Modelo de Gestión de Inventarios” ...	149
Práctica 12 “JIT (Sistema de producción tipo “Pull”)” .....	154
Práctica 13 “JIT (One-Piece-Flow)” .....	159
Práctica 14 “JIT (Takt Time)” .....	167
Práctica 15 “Jidoka (Autocontrol)” .....	173
Práctica 16 “Heijunka (Producción Equilibrada)” .....	177
Práctica 17 “Shojinka (Flexibilidad en el Trabajo)” .....	183
Práctica 18 “Soikufu (Pensamiento Creativo)” .....	188
Práctica 19 “Mapeo de la cadena de valor” .....	192
Práctica 20 “Control Visual (ANDON)” .....	197
Práctica 21 “Diagrama de Red” .....	202
Práctica 22 “PERT – CPM” .....	207
Práctica 23 “Sistema Kanban” .....	211
Práctica 24 “Diagrama de Recorrido” .....	215
Práctica 25 “Diagrama de Precedencias” .....	219
Práctica 26 “Método Kilbridge y Wester (Método de las Columnas)” .....	223
Práctica 27 “Teoría de restricciones y tiempo tacto (TOC)” .....	227
Práctica 28 “Diagrama de Ensamble de Operaciones” .....	231
Práctica 29 y 30 “Balanceo de Líneas (Heurística de la Utilización Incremental)” .....	235

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Espacio factible del modelo de Reddy M. ....	21
Figura 2. Solución óptima del modelo de Reddy M. ....	22
Figura 3. Transición de la Solución Gráfica a Algebraica .....	25
Figura 4. Interpretación Gráfica de las Relaciones en el Modelo de Reddy M. ....	29
Figura 5. Solución Óptima en la Tabla Simplex.....	32
Figura 6. Decisiones del Diseño de Puestos .....	38
Figura 7. Ventajas y desventajas de la Especialización Laboral .....	41
Figura 8. Esquema de mejoras con el TPS.....	46
Figura 9. Sistema Push-Pull .....	47
Figura 10. Ejemplo Caja de Pedido Heijunka .....	55
Figura 11. Simbología VSM.....	61
Figura 12. Matriz de Proceso y Producto .....	63
Figura 13. Creación del Diagrama Actual 1.....	64
Figura 14. Creación del Diagrama Actual 2.....	65
Figura 15. Tiempo Ciclo .....	68
Figura 16. Abastecimiento del Supermercado.....	69
Figura 17. Visualización Mapa del Estado Futuro .....	70
Figura 18. VSM Estado Futuro .....	72
Figura 19. Visualización del ANDON.....	74
Figura 20. Sistema de Caminos de un Parque.....	77
Figura 21. Componentes de Redes Representativas.....	77
Figura 22. Ejemplo de una Red (N, A) .....	78
Figura 23. Ejemplos de un Árbol y de un Árbol de Expansión .....	79
Figura 24. Fases de Planeación de un Proyecto con CPM o PERT.....	82
Figura 25. Red del Proyecto Para el Ejemplo.....	83
Figura 26. Ejemplo Cálculo de la Ruta Crítica.....	85
Figura 27. Esquema del Sistema Kanban .....	89
Figura 28. Ejemplo de Tablero y Tarjeta Kanban .....	91
Figura 29. Diagrama de Flujo .....	93
Figura 30. Diagrama de Flujo, Planta de Cajas de Herramientas .....	94

Figura 31. Tipos de Relaciones del Método (PDM) .....	98
Figura 32. Método de Diagramación por Precedencia (PDM) .....	99
Figura 33. Ejemplos de Adelantos y Retrasos.....	99
Figura 34. Diagrama de Red del Cronograma del Proyecto.....	100
Figura 35. Diagrama de Precedencias .....	101
Figura 36. Tareas Acumuladas .....	102
Figura 37. Precedencias y Tiempo Acumulado.....	102
Figura 38. Diagrama de Precedencias Método Kilbridge and Wester. ....	103
Figura 39. Diagrama de Asignación de Tareas con el Método Kilbridge and Wester. .....	103
Figura 40. Precedencias y Tiempo Acumulado Método Kilbridge and Wester. ...	104
Figura 41. Muestra de Gráfica de Operaciones, Ejemplo de Sub-ensamble.....	109
Figura 42. Diagrama de Ensamble.....	110
Figura 43. Estándares de tiempo del ensamble .....	110
Figura 44. Ejemplo línea de Ensamble de Hamburguesas McDonal's.....	112
Figura 45. Configuración GT30A.....	122
Figura 46. Configuración GT30B.....	126
Figura 47. Configuración GT30C.....	130
Figura 48. Configuración GT30D.....	134
Figura 49. Configuración GT30E.....	138
Figura 50. Configuración GT30F .....	142
Figura 51. Configuración GT30G .....	146
Figura 52. Configuración GT30H.....	150
Figura 53. Configuración GT30I .....	155
Figura 54. Proceso de Producción el Producto .....	160
Figura 55. Configuración GT30J .....	161
Figura 56. Configuración GT30K.....	168
Figura 57. Configuración GT30L .....	174
Figura 58. Configuración GT30M .....	179
Figura 59. Configuración GT30O .....	184
Figura 60. Ejemplo Práctica 17 .....	184

Figura 61. Configuración GT30P .....	189
Figura 62. Configuración GT30A.....	193
Figura 63. Configuración GT30G .....	198
Figura 64. Configuración GT30J .....	203
Figura 65. Configuración GT30E.....	208
Figura 66. Configuración GT30I .....	212
Figura 67. Configuración GT30K.....	216
Figura 68. Configuración GT30L .....	220
Figura 69. Configuración GT30M .....	224
Figura 70. Configuración GT30I .....	228
Figura 71. Configuración GT30F.....	232
Figura 72. Configuración GT30C.....	236

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Destreza o Habilidad .....	15
Tabla 2. Esfuerzo o Empeño .....	16
Tabla 3. Condiciones.....	16
Tabla 4. Consistencia.....	17
Tabla 5. Tabla Inicial Simplex.....	28
Tabla 6. Cálculo de la Variable de Salida.....	29
Tabla 7. Segunda Tabla Simplex .....	30
Tabla 8. Cálculos de Gauss-Jordan .....	31
Tabla 9. Cálculo Variables de Salida.....	31
Tabla 10. Tabla Solución Simplex.....	32
Tabla 11. Criterios de Identificación .....	62
Tabla 12. Ejemplo PERT-CPM.....	83
Tabla 13. Tabla Inicial PERT .....	86
Tabla 14. Tabla Cálculo de Media y Varianza .....	87
Tabla 15. Tabla Cálculo de Rutas .....	87
Tabla 16. Tabla Final Cálculo de Ruta Crítica .....	87

Tabla 17. Tabla de Tiempos por Tarea y Tabla de Precedencias..... 101

Tabla 18. Distribución heurística para asignar tareas en el balanceo de líneas.. 112

Tabla 19. Actividad 16 Planeación de la Producción de los Productos A, B y C. 178

Tabla 20. Actividad 16 Balanceo de la Producción de los Productos A, B y C.... 178



## INTRODUCCIÓN

El Laboratorio Integral Interdisciplinario para Ingeniería Industrial Atech® ACK, cuenta con un grupo de módulos de Sistemas de Manufactura y Procesos de Materiales, en la presente Guía de Aprendizaje daremos a conocer el Grupo de Trabajo 3: Traslado Semiautomático, el cual tiene por objetivo desarrollar habilidades en el ámbito industrial, como la toma de decisiones, la solución de problemas, entre otras, además de la comprensión y aprendizaje de sistemas que hoy en día son una herramienta para que las industrias sigan siendo competitivas. En esta sección pueden trabajar hasta 6 usuarios, tendrán la facultad de poder trabajar en parejas, de las cuales, uno tomara el rol de analista y el otro de colaborador, para desarrollar prácticas cuyo objetivo sea el de analizar y buscar mejoras de los procesos, poniendo a prueba los conocimientos teóricos; para ello se les proporciona una guía de aprendizaje abastecida de 30 prácticas interactivas.

Un Sistema de Producción define la forma en la que vamos a producir bienes o servicios en una organización. Hasta mediados del siglo XVIII eran los talleres artesanales los que producían gran parte de las mercancías consumidas en Europa. La Producción en Serie surgió en la Revolución Industrial (Siglo XVIII – XX) como forma de organización de la producción en la que cada trabajador se especializaba en una función específica y manejaba máquinas mejor desarrolladas tecnológicamente, elevando la calidad de los productos y los tiempos de producción por unidad.

A principios del siglo XX surge el Taylorismo, el cual se basaba en la división de las tareas del proceso de producción. Este fue un nuevo método de organización industrial, cuyo fin era aumentar la productividad y evitar el control que el obrero podía tener sobre los tiempos de producción.

A su vez en el medio oriente surgen los principios de la automatización con Sakichi Toyoda quien inventó la máquina de tejer automática y fundó su propia empresa de telares automáticos, su interés por los automóviles llevó a su hijo Kiichiro Toyoda años después a entrar en el negocio automotriz. Posteriormente a partir de 1908

surge el Fordismo y con ello nace la cadena de montaje que es un mecanismo de producción en el que cada operario de ese mecanismo realiza una función específica sobre un producto, el producto pasa a otro operario y así sucesivamente, hasta que el producto ha pasado por todos los operarios de ese mecanismo y resulta terminado.

Tras el término de la Segunda Guerra Mundial Japón se enfrentaba a la reconstrucción del país, y las fuerzas de ocupación estadounidenses decidieron apoyarlo en la reconstrucción de su economía con el fin de evitar que recuperara su capacidad bélica. Con la influencia de su padre, Kiichiro Toyoda fundó la compañía Toyota Motors en 1937 con el objetivo de desarrollar coches producidos a escala nacional para el público en general, aprendiendo las técnicas de producción del método americano de producción en masa. Para 1942 Taiichi Ohno se traslada a Toyota Motors y en 1950, realiza un viaje a estados unidos junto a Eiji Toyoda y sus directivos. Durante su viaje observaron las mediciones tradicionales de contabilidad que se seguían en Ford, que producían grandes cantidades de piezas y mantenían las máquinas y los trabajadores ocupados, cuyo resultado era la sobreproducción y el flujo muy poco consistente de la cadena de ensamble, con puestos de trabajo desorganizados y fuera de control. La misión de Ohno era “atrapar la productividad de Ford”, pero no podía seguir los mismos errores, se determinó que podían usar la idea original de Ford del flujo de material continuo, aplicando un sistema que eficientizara el proceso, formulándose así en Toyota la producción Just In Time. A Taiichi Ohno se le atribuye desarrollar completamente el Toyota Production System (TPS) que consiste en eliminar todos los elementos innecesarios en el área de producción, reduciendo los costos, cumpliendo con las necesidades de los clientes a los costos más bajos posibles. Este sistema de producción se basa en la Manufactura Esbelta cuyo objetivo principal es reducir el desperdicio y aplicar el Justo a Tiempo en el proceso de producción.

De la mano, en 1950 W. Edwards Deming fue invitado por la Unión Japonesa de Científicos e Ingenieros (JUSE) a hablar ante los principales hombres de negocios

del Japón, quienes estaban interesados en entrar en los mercados extranjeros. Deming los convenció de que la calidad japonesa podría convertirse en la mejor del mundo al instituirse los métodos que él proponía, impartió a cientos de ingenieros, directivos y estudiantes el control estadístico de los procesos (SPC) y los conceptos de calidad.

Muchas empresas comenzaron a trabajar con el concepto de Sistema Integral de Calidad, que afecta al diseño, la fabricación y la comercialización, produciéndose un fenómeno singular que afectó a la comercialización y economía industrial de muchos países, como consecuencia del despegue de la industria japonesa, aplicando los conceptos del aseguramiento de la calidad y la prevención.

Hoy en día las industrias relacionadas con la automatización se caracterizan por la presencia de máquinas herramienta de control numérico como núcleo de sistemas de fabricación flexible. Destacando el uso de estaciones robotizadas en tareas de soldadura, pintura, montaje, etc., pero con la aplicación de herramientas de la manufactura esbelta para lograr la armonía entre máquinas y obreros cuando el nivel de automatización es tan elevado, muchas veces utilizando desde aquellas que se enfocan a la organización del puesto de trabajo (5 S's, nacida en Japón y adaptada por occidente) hasta las que buscan casi el 100% de calidad en los procesos (6 Sigma, nacida en EUA y desarrollada por Motorola), esto para poder ofrecer productos de calidad optimizando en la medida de lo posible todos los recursos de la empresa. Uno de los temas principales a resolver en este tipo de industria es la planificación y gestión de la producción: asignación de tareas a máquinas, diseño de la distribución de la planta, sistemas flexibles que fabriquen diversos productos, políticas de planificación cercanas a la optimización, la reducción de costos y la satisfacción del cliente con productos de la más alta calidad, entre otras.

# 1. SUSTENTO TEÓRICO

## 1.1 Estandarización y Normatividad

Después de la Segunda Guerra Mundial, en diversos países inició el fenómeno de la creación de normas internacionales o estandarización, que arrancó con la fundación de instituciones como la Organización Internacional de Estandarización (ISO) o la Comisión Electrotécnica Internacional (IEC).

Para la industria y la economía en general, la homologación de medidas y parámetros generales ha resultado muy productiva. Actualmente una serie de elementos de la vida cotidiana como las tarjetas de crédito, los números telefónicos, los teclados de nuestras computadoras, los procesos productivos de infinidad de productos electrodomésticos o los procesos involucrados en la implementación de los sistemas de gestión de calidad están regulados por estándares de la ISO o la IEC.

Los estándares o normas técnicas son documentos basados en los resultados de la experiencia y el desarrollo tecnológico, que contienen especificaciones técnicas elaboradas por consenso entre las partes interesadas: fabricantes, gobierno, usuarios y consumidores; centros de investigación y laboratorios; asociaciones y colegios profesionales; agentes sociales, etcétera.

Dada la diversidad de materias sobre las que pueden versar y el campo que pretendan especificar estos documentos, pueden constar de: definiciones y terminología; especificaciones, requisitos o características; dimensiones y tolerancias; medios de verificación, evaluación, ensayo y análisis; símbolos gráficos, unidades y equivalencias; especificaciones sobre métodos, procesos productivos, rendimientos y habilidades.

Las normas establecen un criterio objetivo que aplica a un producto, un proceso, un sistema, una persona o un servicio. Se encargan de definir la seguridad, durabilidad, habilidad, fiabilidad, mantenimiento e intercambiabilidad.

Al fijar los niveles de calidad y seguridad, las normas se convierten en un medio óptimo para facilitar la transparencia en el mercado, lo cual es fundamental a la hora de competir.

Por esta razón, la normalización es un proceso mediante el cual se unifican criterios con respecto a determinadas materias y para la utilización de un lenguaje común en un campo de actividad concreto. En resumen, es un pacto plasmado en un documento técnico (la norma) por medio del cual los fabricantes, proveedores, trabajadores, consumidores, usuarios y el gobierno acuerdan las características técnicas con las que deberá cumplir una persona, un producto, un proceso, un sistema o un servicio.

Mientras más estandarizado esté un producto, más posibilidades hay para incrementar su economía de escala al comercializarse en más mercados, lo que conlleva una importante reducción de costos y el incremento de la eficiencia productiva de las empresas, al volverlas más competitivas.

Si nos detuviéramos un momento a reflexionar podríamos concluir que no hay mejor insumo para impulsar la globalización que las normas aceptadas a nivel internacional.

La normalización es una tendencia mundial que, día a día, cobra mayor fuerza al modificar sustancialmente las costumbres, la moda y los hábitos de consumo de las personas alrededor del planeta. El ideal de las sociedades y las economías nacionales, así como de las empresas transnacionales, es contar con un producto para todo el mundo, hecho que se favorece y fortalece con la estandarización.

Sin duda, el proceso de globalización económica que se ha producido en los últimos años es uno de los más espectaculares y transformadores que registra la historia. Como consecuencia de estos cambios, se ha producido un panorama económico en el que la expansión de la economía ha trascendido las propias fronteras de los Estados para hacer de todo el planeta un único mercado en el que las grandes corporaciones pueden operar.

Hemos comprobado el establecimiento de un modelo económico que suprime las barreras para favorecer la libre circulación del capital, ya sea financiero, comercial o productivo. La liberalización del mercado ha cambiado totalmente el panorama económico, en el que las diferentes empresas locales sufren para soportar el embate de las grandes corporaciones internacionales que aprovechan los beneficios de conquistar un nuevo mercado.

Un claro ejemplo es la entrada USB (Universal Serial Bus). Se trata de un elemento siempre presente en los dispositivos de computo o equipos de audio o video, que permite leer la información contenida en unidades de memoria para ver fotografías, escuchar música, transferir archivos y un sinnúmero de aplicaciones adicionales que permiten personalizar las memorias electrónicas y los promocionales que las incluyen.

El USB fue diseñado para estandarizar la conexión de periféricos como mouse, teclados, memorias USB, joysticks, escáneres, cámaras digitales, teléfonos móviles, reproductores multimedia, impresoras, dispositivos multifuncionales, sistemas de adquisición de datos, módems, tarjetas de red, tarjetas de sonido, tarjetas sintonizadoras de televisión y grabadoras de DVD externas, discos duros externos y disqueteras externas. Su éxito ha sido total y su uso es global. Es evidente que todos utilizamos este invento.

Si la producción es estándar y su uso es cotidiano, tendremos un producto que tiende a ser global. Bajo este escenario debemos ver al proceso de normalización y a la generación de estándares como un bien nacional y como un camino a seguir para la asimilación de tecnologías, la innovación y el fomento a la industria, especialmente cuando vivimos en medio de procesos de apertura comercial que no van a terminar, en que la eficiencia y la competitividad que logren las empresas es la única receta para expandir sus mercados y participar del proceso de globalización, y en el que el uso de los estándares técnicos es una de las herramientas para lograrlo.

(Carlos M. Pérez Munguía, 2014)

## 1.2 Factor de actuación (Sistema Westinghouse)

Uno de los sistemas más antiguos y de los más ampliamente reconocidos, es el desarrollo por la Westinghouse Electric Corporation. En este método se consideran cuatro factores al evaluar la actuación del operario, que son la habilidad, esfuerzo o empeño, condiciones y consistencia. La habilidad se define como “la pericia” en seguir un método dado” y se puede explicar más relacionándola con la calidad artesanal, revelada por la apropiada coordinación de la mente y de las manos.

Según el sistema Westinghouse de calificación o de nivelación, existe seis grados o clase de habilidad asignables a operarios y que representan una evaluación de pericia aceptable. Tales grados son: deficiente, aceptable, regular, buena, excelente, y extrema (u óptima). El observador debe evaluar y asignar una de las seis categorías a la habilidad o destreza manifestada por un operario.

**Tabla 1.** Destreza o Habilidad

+0.15	A1	Extrema
+0.13	A2	Extrema
+0.11	B1	Excelente
+0.08	B2	Excelente
+0.06	C1	Buena
+0.03	C2	Buena
0.00	D	Regular
-0.05	E1	Aceptable
-0.10	E2	Aceptable
-0.16	F1	Deficiente
-0.22	F2	Deficiente

Según este sistema o método de calificación, el esfuerzo o empeño se define como una “demostración de la voluntad para trabajar con eficiencia”. El empeño es representativo de la rapidez con la que se aplica la habilidad, y puede ser controlada en alto grado por el operario. Cuando se evalúa el esfuerzo manifestado, el observador debe tener cuidado de calificar sólo el empeño demostrado en realidad.

Con frecuencia un operario aplicará un esfuerzo mal dirigido empleando un alto ritmo a fin de aumentar el tiempo del ciclo del estudio. Igual que en el caso de la habilidad en lo que toca a la calificación del esfuerzo pueden distinguirse seis clases representativas de rapidez aceptable: deficiente (o bajo). Aceptable, regular, bueno, excelente y excesivo.

**Tabla 2.** Esfuerzo o Empeño

+0.13	A1	Excesivo
+0.12	A2	Excesivo
+0.10	B1	Excelente
+0.08	B2	Excelente
+0.05	C1	Bueno
+0.02	C2	Bueno
0.00	D	Regular
-0.04	E1	Aceptable
-0.08	E2	Aceptable
-0.12	F1	Deficiente
-0.17	F2	Deficiente

Las condiciones a que se han hecho referencia en este procedimiento de calificación de la actuación, son aquellas que afectan al operario y no a la operación. En más de la mayoría de los casos, las condiciones serán calificadas como normales o promedio cuando las condiciones se evalúan en comparación con la forma en la que se hallan generalmente en la estación de trabajo. Los elementos que afectarían las condiciones de trabajo son: temperatura, ventilación, luz y ruido.

**Tabla 3.** Condiciones

+0.06	A	Ideales
+0.04	B	Excelentes
+0.02	C	Buenas
0.00	D	Regulares
-0.03	E	Aceptables
-0.07	F	Deficientes



El último de los cuatro factores que influyen es la consistencia del operario. El analista debe ser capaz de hacer las restas sucesivas y de anotarlas conforme progresa el trabajo, la consistencia del operario debe evaluarse mientras se realiza el estudio. Los valores elementales de tiempo que se repiten constantemente indican, desde luego, consistencia perfecta. Tal situación ocurre muy raras veces por la tendencia a la dispersión debida a las muchas variables, como dureza del material, afilado de la herramienta de corte, lubricante, habilidad y empeño o esfuerzo del operario, lecturas erróneas del cronometro y presencia de elementos extraños. Hay seis clases de consistencia: perfecta, excelente, buena, regular, aceptable y deficiente.

**Tabla 4.** Consistencia

+0.04	A	Perfecta
+0.03	B	Excelente
+0.01	C	Buena
0.00	D	Regular
-0.02	E	Aceptable
-0.04	F	Deficiente

El analista de estudio debe estar prevenido contra el operario que continuamente actúa de manera deficiente tratando de engañar al observador. Esto se logra fácilmente por uno mismo, estableciendo un ritmo que pueda ser seguido con exactitud. El método Westinghouse para calificar la actuación está adaptado a la nivelación de todo el estudio, más que a la evaluación elemental. (Neira, 2006)

### **1.3 Factor de Actuación (Calificación Sintética)**

En un intento por desarrollar un método de calificación que no descansa en el criterio o juicio del observador de estudio de tiempos y que dé resultados consistentes, R. L. Morrow estableció un procedimiento conocido como nivelación sintética.

El procedimiento de nivelación sintética determina un factor de actuación para elementos de esfuerzo representativos del ciclo de trabajo por la comparación de

los tiempos reales elementales observados con los desarrollados por medio de los datos de movimientos fundamentales.

Por lo tanto el factor de actuación puede expresarse algebraicamente como:

$$P = \frac{Ft}{O}$$

Dónde:

P = Factor de actuación o nivelación

Ft = Tiempo de movimiento fundamental

O = Tiempo elemental medio observado para los elementos utilizados en Ft

Este factor se aplica por lo menos a dos elementos, y se obtiene el promedio de sus factores, el cual constituirá, el factor que se aplicará a todos elementos a excepción de los elementos controlados por máquinas u operaciones automatizadas. El tiempo de movimiento fundamental (Ft) se halla mediante el sistema de tiempos predeterminados usando el método MTM (Métodos de Medición del Tiempo), el cual proporciona valores de tiempo para los movimientos fundamentales de alcanzar, girar, agarrar o tomar, posicionar, soltar y dejar. (García, 2014)

Ver tablas en: <http://mtmingenieros.com/knowledge/que-es-el-mtm/>

## 1.4 Programación Lineal (Método Gráfico)

El procedimiento de solución gráfica comprende dos pasos:

1. Determinación del espacio de soluciones que define todas las soluciones factibles del modelo.
2. Determinación de la solución óptima, entre todos los puntos factibles del espacio de soluciones.
3. Usaremos un ejemplo en el procedimiento, para mostrar cómo se manejan las funciones objetivo de maximización y de minimización.

En este ejemplo se resolverá el modelo de Reddy Mikks

Para el modelo de Reddy Mikks, defina cada una de las siguientes restricciones y exprésela con una constante del lado derecho:

- La demanda diaria de pintura para interiores es mayor que la de pintura para exteriores en al menos 1 tonelada.
- El uso diario de la materia prima M2 es 6 toneladas cuando mucho, y 3 toneladas cuando menos.
- La demanda de pintura para interiores no puede ser menor que la demanda de pintura para exteriores.
- La cantidad mínima que se debe producir de pinturas para interiores y para exteriores es de 3 toneladas.
- La proporción de pintura para interiores entre la producción total de pinturas para interiores y para exteriores no debe ser mayor que 0.5.

Determine la mejor solución factible entre las siguientes soluciones (factibles y no factibles) del modelo de Reddy Mikks:

$$x_1 = 1, x_2 = 4$$

$$x_1 = 2, x_2 = 2$$

$$x_1 = 3, x_2 = 1.5$$

$$x_1 = 2, x_2 = 1$$

$$x_1 = 2, x_2 = -1$$

Para la solución factible  $x_1 = 2, x_2 = 2$ , del modelo de Reddy Mikks, determine

- La cantidad no usada de la materia prima M1.
- La cantidad no usada de la materia prima M2. 4.

Suponga que Reddy Mikks vende su pintura para exteriores a un mayorista, con un descuento por volumen. La utilidad por tonelada es \$5000 si el mayorista no compra más de 2 toneladas diarias, y de \$4500 en los demás casos. ¿Se puede traducir esta situación a un modelo de programación lineal?

### Procedimiento

**Paso 1.** Determinación del espacio de soluciones factibles:

Primero, se tendrán en cuenta las restricciones de no negatividad  $x_1 \geq 0, x_2 \geq 0$ .

En la figura 1, el eje horizontal  $x_1$  y el eje vertical  $x_2$  representan las variables pintura para exteriores y pintura para interiores, respectivamente. En consecuencia, las restricciones de no negatividad limitan el área del espacio de soluciones al primer cuadrante: arriba del eje  $x_1$  y a la derecha del eje  $x_2$ .

Para tener en cuenta las otras cuatro restricciones, primero se sustituye cada desigualdad con una ecuación, y a continuación se grafica la recta resultante, ubicando dos puntos diferentes de ella.

Por ejemplo, después de sustituir  $6x_1 + 4x_2 \leq 24$  con la recta  $6x_1 + 4x_2 = 24$ , se pueden determinar dos puntos distintos, primero igualando  $x_1=0$  para obtener  $x_2 = 24/4 = 6$  y después igualando  $x_2=0$  para obtener  $x_1 = 24/6 = 4$ . De este modo, la recta que pasa por los dos puntos (0, 6) y (4, 0) es la que se identifica con (1) en la figura 1.

A continuación, consideraremos el efecto de la desigualdad. Todo lo que hace la desigualdad es dividir al plano ( $x_1, x_2$ ) en dos semi espacios que en este caso son semiplanos, uno a cada lado de la línea graficada. Sólo una de esas dos mitades satisface la desigualdad. Para determinar cuál es el lado correcto, se elige cualquier punto de referencia en el primer cuadrante. Si satisface la desigualdad, el lado en el que está es el semiplano factible. En caso contrario, quiere decir que es el otro lado. Desde el punto de vista de los cálculos, es cómodo seleccionar a (0, 0) como el punto de referencia, a menos que la recta pase por el origen; si así fuera, se debería elegir otro punto. El uso del punto de referencia (0, 0) se ilustra con la restricción  $6x_1 + 4x_2 \leq 24$ .

Como  $6 \times 0 + 4 \times 0 = 0$  es menor que 24, el semiplano que representa la desigualdad incluye al origen (lo que se indica con la flecha en la figura 1). Para demostrar el uso de otros puntos de referencia, investigaremos (6, 0). En este caso  $6 \times 6 + 4 \times 0 = 36$  que es mayor que el lado derecho de la primera restricción, y eso indica que el lado en el que está (6, 0) no es factible para la desigualdad. Este resultado es consistente con el que se obtuvo usando (0, 0) como punto de referencia. Con la aplicación del

procedimiento del punto de referencia a todas las restricciones del modelo se obtiene el espacio factible que se indica en la figura 1.

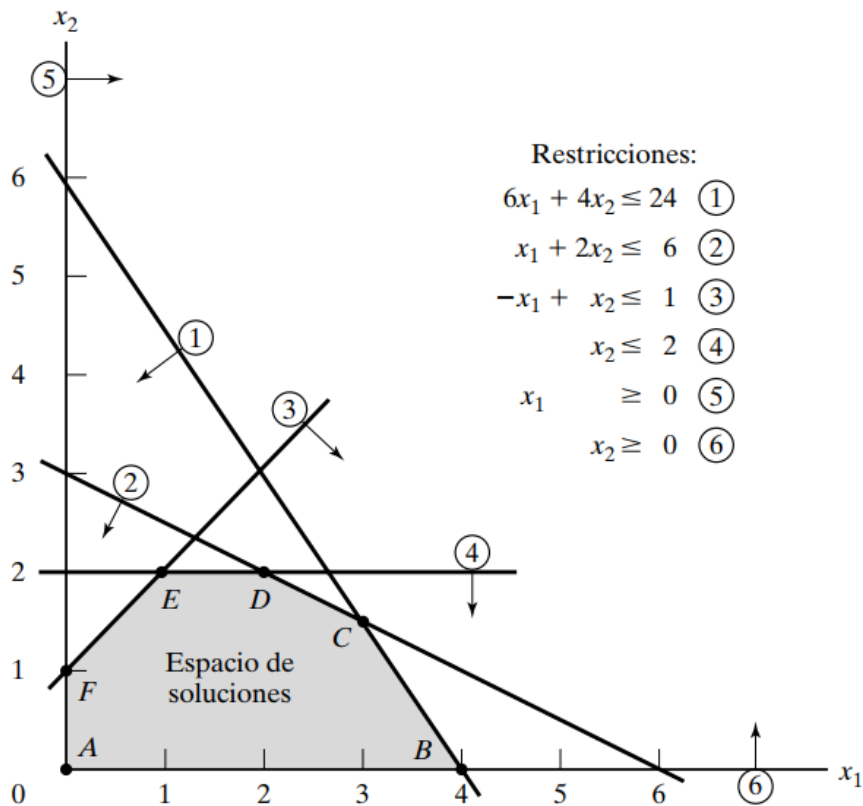


Figura 1. Espacio factible del modelo de Reddy M.

**Paso 2.** Determinación de la solución óptima:

El espacio factible de la figura 1 está delimitado por los segmentos de recta que unen a los vértices A, B, C, D, E y F. Todo punto dentro o en la frontera del espacio A, B, C, D, E, F es factible, porque satisface todas las restricciones. Ya que el espacio factible A, B, C, D, E, F está formado por una cantidad infinita de puntos, es obvio que se necesita un procedimiento sistemático para identificar la solución óptima. Para identificar la solución óptima se requiere identificar la dirección en la que aumenta la función utilidad  $z = 5x_1 + 4x_2$  (recuérdese que se está maximizando a  $z$ ). Para hacerlo se asignan valores arbitrarios crecientes a  $z$ . Por ejemplo, si  $z=10$  y  $z=15$  equivaldría a graficar las dos rectas  $5x_1 + 4x_2 = 10$  y  $5x_1 + 4x_2 = 15$ . En consecuencia, la dirección de aumento en  $z$  es la que se ve en la figura 2. La solución óptima se encuentra en C, que es el punto, en el espacio de soluciones,

más allá del cual cualquier aumento en  $z$  saca a uno de las fronteras de A, B, C, D, E, F.

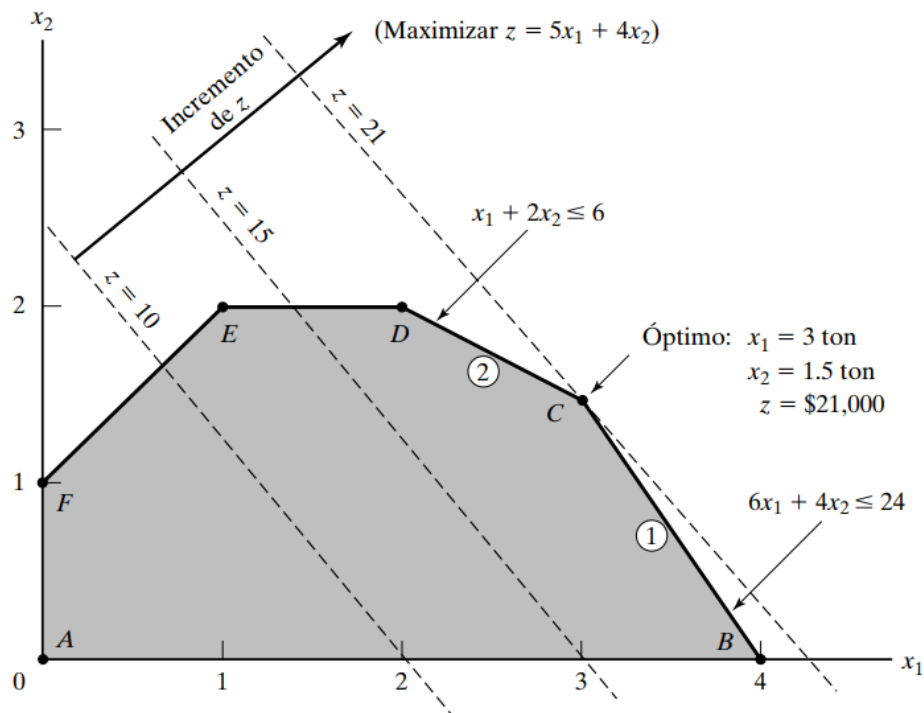


Figura 2. Solución óptima del modelo de Reddy M.

Los valores de  $x_1$  y  $x_2$  correspondientes al punto óptimo C se calculan resolviendo las ecuaciones asociadas a las rectas (1) y (2), esto es, resolviendo

$$6x_1 + 4x_2 = 24$$

$$x_1 + 2x_2 = 6$$

La solución es  $x_1 = 3$   $x_2 = 1.5$  y en ese caso  $z = 5 * 3 + 4 * 1.5 = 21$ . Eso equivale a una mezcla de productos de 3 toneladas de pintura para exteriores y 1.5 toneladas de pintura para interiores. La utilidad diaria correspondiente es \$21,000. No es por accidente que la solución óptima se encuentre en un punto de esquina del espacio de soluciones, donde se cruzan dos líneas. En realidad, si se cambia la pendiente de la función utilidad  $z$  (cambiando sus coeficientes), se verá que la solución óptima siempre se encuentra en esos puntos de esquina. Esta observación es clave para desarrollar el algoritmo simplex general que se presenta en el siguiente tema.

(Taha, 1994, págs. 14-19)

## 1.5 Programación Lineal (Método Simplex)

El método gráfico del tema anterior indica que la solución óptima de un programa lineal siempre está asociada con un punto esquina del espacio de soluciones. Este resultado es la clave del método simplex algebraico y general para resolver cualquier modelo de programación lineal. La transición de la solución del punto esquina geométrico hasta el método simplex implica un procedimiento de cómputo que determina en forma algebraica los puntos esquina. Esto se logra convirtiendo primero a todas las restricciones de desigualdad en ecuaciones, para después manipular esas ecuaciones en una forma sistemática. Una propiedad general del método simplex es que resuelve la programación lineal en iteraciones. Cada iteración desplaza la solución a un nuevo punto esquina que tiene potencial de mejorar el valor de la función objetivo. El proceso termina cuando ya no se pueden obtener mejoras. El método simplex implica cálculos tediosos y voluminosos, lo que hace que la computadora sea una herramienta esencial para resolver los problemas de programación lineal. Por consiguiente, las reglas computacionales del método simplex se adaptan para facilitar el cálculo automático.

### Espacio de Soluciones en Forma de Ecuación

Para estandarizar, la representación algebraica del espacio de soluciones de programación lineal se forma bajo dos condiciones:

1. Todas las restricciones (excepto las de no negatividad) son ecuaciones con lado derecho no negativo.
2. Todas las variables son no negativas.

### Conversión de desigualdades a ecuaciones

En las restricciones ( $\leq$ ), el lado derecho se puede imaginar como representando el límite de disponibilidad de un recurso, y en ese caso el lado izquierdo representaría el uso de ese recurso limitado por parte de las actividades (variables) del modelo. La diferencia entre el lado derecho y el lado izquierdo de la restricción ( $\leq$ ) representa, por consiguiente, la cantidad no usada u holgura del recurso.

Para convertir una desigualdad ( $\leq$ ) en ecuación, se agrega una variable de holgura al lado izquierdo de la restricción. Por ejemplo, en el modelo de Reddy Mikks (Ejemplo 2.1-1), la restricción asociada con el uso de la materia prima  $M1$  está dada como:

$$6x_1 + 4x_2 \leq 24$$

Si se define  $s_1$  como la holgura, o cantidad no usada, de  $M1$ , la restricción se puede convertir en la siguiente ecuación:

$$6x_1 + 4x_2 + s_1 = 24, s_1 \geq 0$$

Una restricción ( $\geq$ ) establece, normalmente, un límite inferior para las actividades del modelo de programación lineal. Como tal, la cantidad por la que el lado izquierdo es mayor que el límite mínimo (lado derecho) representa un excedente.

La conversión de ( $\geq$ ) a ( $=$ ) se logra restando una variable de excedencia, del lado izquierdo de la desigualdad. Por ejemplo, en el modelo de la dieta, la restricción que representa los requisitos mínimos de alimento está dada como

$$x_1 + x_2 \geq 800$$

Si se define a  $S_1$  como una variable de excedencia se puede convertir la restricción en la ecuación siguiente:

$$x_1 + x_2 - S_1 = 800, S_1 \geq 0$$

Es importante observar que las variables de holgura y de excedencia,  $s_1$  y  $S_1$ , siempre son no negativas. El único requisito que queda es que el lado derecho de la ecuación que resulte sea no negativo. Esta condición se puede satisfacer siempre, si es necesario multiplicando ambos lados de la ecuación resultante por  $(-1)$ . Por ejemplo, la restricción

$$-x_1 + x_2 \leq -3$$

Equivale directamente a la ecuación

$$x_1 + x_2 + s_1 = -3, s_1 \geq 0$$

Ahora se multiplican ambos lados por  $(-1)$ , y se obtiene un lado derecho no negativo, que es lo que se busca; esto es,

$$x_1 - x_2 - s_1 = 3$$

### Transición de Solución Gráfica a Solución Algebraica



Las ideas contenidas en la solución gráfica de un modelo de programación lineal son la base para desarrollar el método algebraico simplex. La figura 3 marca el paralelismo entre los dos métodos. En el método gráfico, el espacio de soluciones se delimita con los semi espacios que representan las restricciones, y en el método simplex, el espacio de soluciones se representa con  $m$  ecuaciones lineales simultáneas y  $n$  variables no negativas. El lector apreciará el sentido de la información de la figura 3 al avanzar en el resto de esta sección. Se puede apreciar en forma visual por qué el espacio gráfico de soluciones

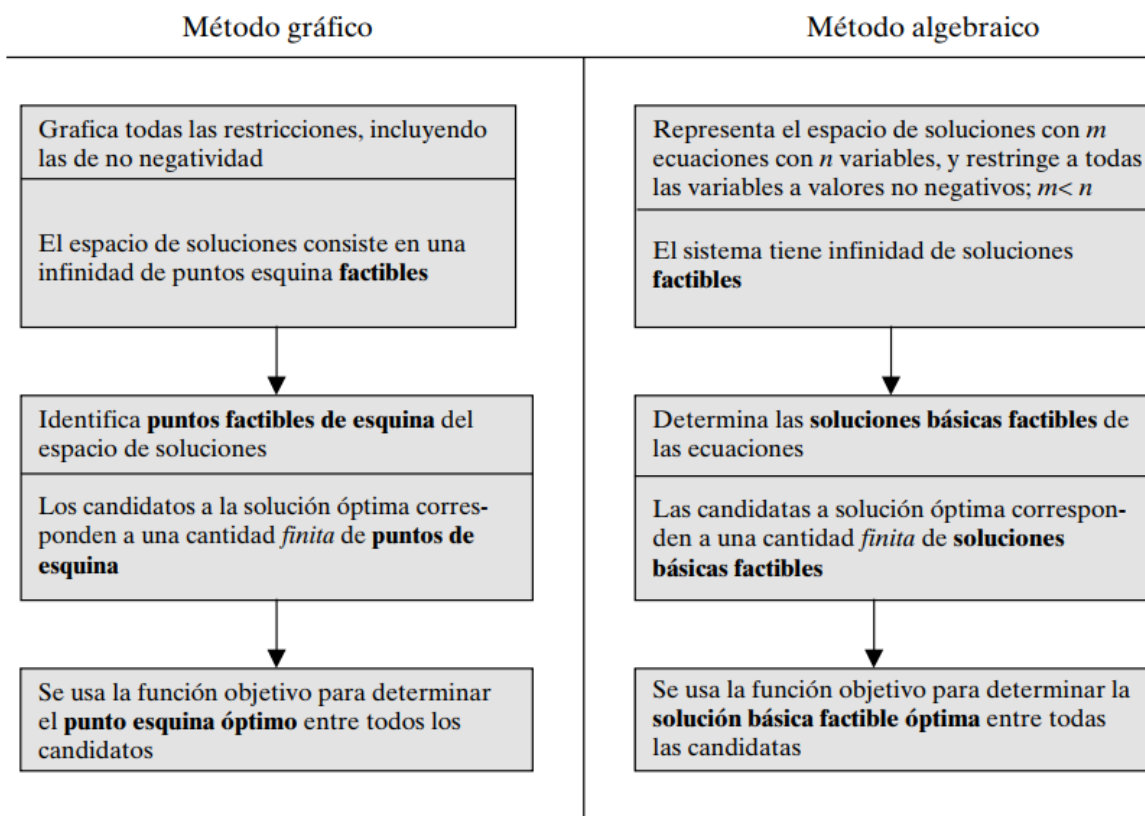


Figura 3. Transición de la Solución Gráfica a Algebraica

Se puede apreciar en forma visual por qué el espacio gráfico de soluciones tiene una cantidad infinita de puntos de solución; pero, ¿cómo se puede deducir algo parecido a partir de la representación algebraica del espacio de soluciones? La respuesta es que, en la representación algebraica, la cantidad  $m$  de ecuaciones siempre es menor o igual a la cantidad de variables  $n$ .

Si  $m = n$ , y si las ecuaciones son consistentes, el sistema sólo tiene una solución; pero si  $m < n$  (esto representa la mayor parte de los programas lineales), entonces el sistema de ecuaciones producirá una infinidad de soluciones, de nuevo si es consistente. Como ejemplo sencillo, la ecuación  $x = 2$  tiene  $m = n = 1$ , y es obvio que la solución es única. Pero la ecuación  $x + y = 1$  tiene  $m = 1$  y  $n = 2$ , y tiene una cantidad infinita de soluciones. Cualquier punto de la recta  $x + y = 1$  es una solución. Ya demostramos cómo se representa el espacio de soluciones de un programa lineal en forma algebraica. Entonces los candidatos para la solución óptima, que son los puntos esquina, se determinan con las ecuaciones lineales simultáneas como sigue: En un conjunto de  $m \times n$  ecuaciones ( $m < n$ ), si se igualan a cero  $n - m$  variables, y a continuación se despejan las  $m$  variables restantes de las  $m$  ecuaciones, la solución resultante, si es única, debe corresponder a un punto esquina del espacio de soluciones.

### Detalles de cálculo del algoritmo simplex

En esta sección se explican los detalles de cálculo de una iteración simplex, que incluyen las reglas para determinar las variables de entrada y de salida, así como para detener los cálculos cuando se ha llegado a la solución óptima. Como medio de explicación usaremos un ejemplo numérico.

Usaremos el modelo de Reddy Mikks para explicar los detalles del método simplex. El problema se expresa en forma de ecuaciones como sigue:

### En este ejemplo se resolverá el modelo de Reddy Mikks

1. Para el modelo de Reddy Mikks, defina cada una de las siguientes restricciones y exprésela con una constante del lado derecho:
2. La demanda diaria de pintura para interiores es mayor que la de pintura para exteriores en al menos 1 tonelada.
3. El uso diario de la materia prima  $M2$  es 6 toneladas cuando mucho, y 3 toneladas cuando menos.
4. La demanda de pintura para interiores no puede ser menor que la demanda de pintura para exteriores.

5. La cantidad mínima que se debe producir de pinturas para interiores y para exteriores es de 3 toneladas.
6. La proporción de pintura para interiores entre la producción total de pinturas para interiores y para exteriores no debe ser mayor que 0.5.
7. Determine la mejor solución factible entre las siguientes soluciones (factibles y no factibles) del modelo de Reddy Mikks:

$$x_1 = 1, x_2 = 4$$

$$x_1 = 2, x_2 = 2$$

$$x_1 = 3, x_2 = 1.5$$

$$x_1 = 2, x_2 = 1$$

$$x_1 = 2, x_2 = -1$$

1. Para la solución factible  $x_1 = 2, x_2 = 2$ , del modelo de Reddy Mikks, determine
  - a) La cantidad no usada de la materia prima M1.
  - b) La cantidad no usada de la materia prima M2. 4.
2. Suponga que Reddy Mikks vende su pintura para exteriores a un mayorista, con un descuento por volumen. La utilidad por tonelada es \$5000 si el mayorista no compra más de 2 toneladas diarias, y de \$4500 en los demás casos. ¿Se puede traducir esta situación a un modelo de programación lineal?

### Procedimiento

$$\begin{aligned} & \text{Maximizar } z = 5x_1 + 4x_2 + 0s_1 + 0s_2 + 0s_3 + 0s_4 \\ & \text{sujeta a} \\ & 6x_1 + 4x_2 + s_1 = 24 \text{ (materia prima M1)} \\ & x_1 + 2x_2 + s_2 = 6 \text{ (materia prima M2)} \\ & -x_1 + x_2 + s_3 = 1 \text{ (límite de demanda)} \\ & x_2 + s_4 = 2 \text{ (límite de demanda)} \\ & x_1, x_2, s_1, s_2, s_3, s_4 \geq 0 \end{aligned}$$

Las variables  $s_1$ ,  $s_2$ ,  $s_3$  y  $s_4$  son las holguras asociadas con las restricciones respectivas. A continuación, se expresará la función objetivo como sigue:

$$z - 5x_1 - 4x_2 = 0$$

De esta manera, la tabla inicial simplex se puede representar como sigue:

**Tabla 5.** Tabla Inicial Simplex

Básica	$z$	$x_1$	$x_2$	$s_1$	$s_2$	$s_3$	$s_4$	Solución	
$z$	1	-5	-4	0	0	0	0	0	Renglón $z$
$s_1$	0	6	4	1	0	0	0	24	Renglón $s_1$
$s_2$	0	1	2	0	1	0	0	6	Renglón $s_2$
$s_3$	0	-1	1	0	0	1	0	1	Renglón $s_3$
$s_4$	0	0	1	0	0	0	1	2	Renglón $s_4$

Dado que las variables no básicas  $(x_1, x_2) = (0, 0)$ , y al observar el arreglo especial 0-1 de los coeficientes de las variables básicas  $(s_1, s_2, s_3, s_4)$  en la tabla, se dispone de inmediato de la siguiente solución (sin más cálculos):  **$Z=0, s_1=24, s_2=6, s_3=1, s_4=2$**

Esta solución se muestra en la tabla, con la lista de las variables básicas en la columna básica de la izquierda, y sus valores en la columna solución de la derecha. De hecho, la tabla define el punto esquina actual especificando sus variables básicas y sus valores, así como el valor correspondiente para la función objetivo,  $z$ . Recuerde que las variables no básicas (las que no aparecen en la lista Básica) siempre son igual a cero.

¿Es óptima la solución de inicio? En la sección anterior dijimos que la variable no básica con el coeficiente más positivo en una función objetivo de maximización se selecciona para entrar a la solución básica. Esta regla se basa en expresar la función objetivo como  **$z=5x_1 + 4x_2$** .

Como la tabla simplex expresa la función objetivo en la forma  **$z - 5x_1 - 4x_2 = 0$** , la variable de entrada es  $x_1$ , porque tiene el coeficiente más negativo en la función objetivo, que es de maximización.

Si fuera el caso que todos los coeficientes de la función objetivo fueran 0, no sería posible mejorar  $z$  y eso querría decir que se habría llegado al óptimo.

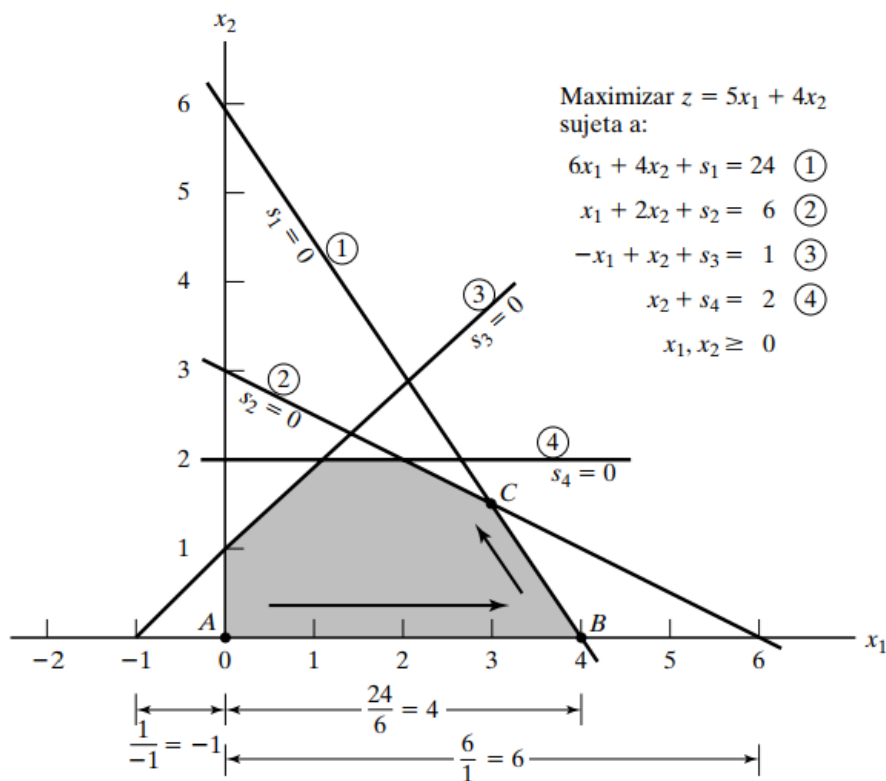
Para determinar la variable de salida, en forma directa con la tabla, se calculan las intersecciones, o coordenadas  $(x_1)$  al origen, de todas las restricciones con la dirección no negativa del eje  $x_1$  (recuérdese que  $x_1$  es la variable de entrada). Esas

intersecciones son las razones del lado derecho de las ecuaciones (columna Solución) entre los coeficientes de restricción correspondientes, abajo de la variable de entrada  $x_1$ , como se ve en la siguiente tabla:

**Tabla 6.** Cálculo de la Variable de Salida

Básica	Entra $x_1$	Solución	Razón (o intersección)
$s_1$	6	24	$x_1 = \frac{24}{6} = 4 \leftarrow$ mínimo
$s_2$	1	6	$x_1 = \frac{6}{1} = 6$
$s_3$	-1	1	$x_1 = \frac{1}{-1} = -1$ (Ignorar)
$s_4$	0	2	$x_1 = \frac{2}{0} = \infty$ (Ignorar)

Como se ve en la figura 4, las razones no negativas son iguales a las intersecciones en dirección de  $x_1$  creciente. Las razones (intersecciones) que corresponden a  $s_3$  y  $s_4$  no se toman en cuenta, porque no limitan a  $x_1$  en la dirección no negativa.



**Figura 4.** Interpretación Gráfica de las Relaciones en el Modelo de Reddy M.

Ahora se deben manipular las ecuaciones de la última tabla de modo que la columna Básica y la columna Solución identifiquen la nueva solución en el punto B. El proceso se llama operaciones de renglón de Gauss-Jordán. Los cálculos son tediosos y voluminosos, por lo que la computadora es el medio esencial para resolver los programas lineales. Se pide al lector que haga la prueba con cálculos a mano, al menos una vez, para que pueda apreciar cómo funciona el método. Después de esta experiencia es posible que nunca deba volver a usar cálculos a mano.

La siguiente es una réplica de la tabla de inicio. Asocia a la columna pivote y al renglón pivote con las variables de entrada y de salida, respectivamente. A la intersección de la columna pivote con el renglón pivote se le llama pivote o elemento pivote.

**Tabla 7.** Segunda Tabla Simplex

		↓							
Básica	z	$x_1$	$x_2$	$s_1$	$s_2$	$s_3$	$s_4$	Solución	
	z	1	-5	-4	0	0	0	0	
←	$s_1$	0	6	4	1	0	0	24	Renglón pivote
	$s_2$	0	1	2	0	1	0	6	
	$s_3$	0	-1	1	0	0	1	1	
	$s_4$	0	0	1	0	0	0	1	2
		Columna pivote							

Los cálculos de Gauss-Jordan necesarios para obtener la nueva solución básica son de dos tipos:

1. Renglón pivote  

$$\text{Nuevo renglón pivote} = \text{Renglón pivote actual} \times \text{Elemento pivote}$$
2. Todos los demás renglones, incluyendo z  

$$\text{Nuevo renglón} = (\text{Renglón actual}) - (\text{Su coeficiente en la columna pivote}) \times (\text{Nuevo renglón pivote})$$

Esos cálculos se aplican a la tabla anterior en la siguiente forma:

**Tabla 8.** Cálculos de Gauss-Jordan

↓								
Básica	z	$x_1$	$x_2$	$s_1$	$s_2$	$s_3$	$s_4$	Solución
z	1	0	$-\frac{2}{3}$	$\frac{5}{6}$	0	0	0	20
$x_1$	0	1	$\frac{2}{3}$	$\frac{1}{6}$	0	0	0	4
← $s_2$	0	0	$\frac{4}{3}$	$-\frac{1}{6}$	1	0	0	2
$s_3$	0	0	$\frac{5}{3}$	$\frac{1}{6}$	0	1	0	5
$s_4$	0	0	1	0	0	0	1	2

El nuevo valor objetivo correspondiente es z 20. Este “acondicionamiento” de la tabla es el resultado de aplicar las operaciones renglón de Gauss-Jordan.  $z = 2/3x_2 - 5/6s_1 + 20$

A continuación, los cálculos de razones de la siguiente tabla indican que  $s_2$  es la variable de salida.

**Tabla 9.** Cálculo Variables de Salida

Básica	$x_2$ entra	Solución	Razón
$x_1$	$\frac{2}{3}$	4	$x_2 = 4 \div \frac{2}{3} = 6$
$s_2$	$\frac{4}{3}$	2	$x_2 = 2 \div \frac{4}{3} = 1.5$ (mínimo)
$s_3$	$\frac{5}{3}$	5	$x_2 = 5 \div \frac{5}{3} = 3$
$s_4$	1	2	$x_2 = 2 \div 1 = 2$

Se ve que  $x_2=1.5$ , y que el aumento correspondiente en z es  $2/3 \times 1.5=1$ , dando la nueva  $z=20+1=21$ .

Dadas  $x_2$  y  $s_2$  como variables de entrada y de salida, necesitamos aplicar las siguientes operaciones de renglón de Gauss-Jordan para obtener la siguiente tabla.

1. Nuevo renglón pivote  $x_2 = \text{Renglón pivote } s_2 \text{ actual} \div \frac{4}{3}$
2. Nuevo renglón  $z = \text{Renglón actual } z - (-\frac{2}{3}) \times \text{Nuevo renglón pivote}$
3. Nuevo renglón  $x_1 = \text{Renglón } x_1 \text{ actual} - (\frac{2}{3}) \times \text{Nuevo renglón pivote}$
4. Nuevo renglón  $s_3 = \text{Renglón } s_3 \text{ actual} - (\frac{2}{3}) \times \text{Nuevo renglón pivote}$
5. Nuevo renglón  $s_4 = \text{Renglón } s_4 \text{ actual} - (1) \times \text{Nuevo renglón pivote}$

Con estos cálculos se obtiene la siguiente tabla:

**Tabla 10.** Tabla Solución Simplex

Básica	$z$	$x_1$	$x_2$	$s_1$	$s_2$	$s_3$	$s_4$	Solución
$z$	1	0	0	$\frac{3}{4}$	$\frac{1}{2}$	0	0	21
$x_1$	0	1	0	$\frac{1}{4}$	$-\frac{1}{2}$	0	0	3
$x_2$	0	0	1	$-\frac{1}{8}$	$\frac{3}{4}$	0	0	$\frac{3}{2}$
$s_3$	0	0	0	$\frac{3}{8}$	$-\frac{5}{4}$	1	0	$\frac{5}{2}$
$s_4$	0	0	0	$\frac{1}{8}$	$-\frac{3}{4}$	0	1	$\frac{1}{2}$

Como ninguno de los coeficientes del renglón  $z$  asociados con las variables no básicas  $s_1$  y  $s_2$  son negativos, esta última tabla es óptima.

Variable de decisión	Valor óptimo	Recomendación
$x_1$	3	Producir 3 toneladas diarias de pintura para exteriores
$x_2$	$\frac{3}{2}$	Producir 1.5 toneladas diarias de pintura para interiores
$z$	21	La utilidad diaria es \$21,000

**Figura 5.** Solución Óptima en la Tabla Simplex

(Taha, 1994, págs. 71-91)

## 1.6 Naturaleza de los Datos de Investigación de Operaciones

Como su nombre lo dice, la investigación de operaciones significa “hacer investigación sobre las operaciones”. Entonces, la investigación de operaciones se aplica en problemas que se refieren a la conducción y coordinación de operaciones



(o actividades) dentro de una organización. La naturaleza de la organización es esencialmente inmaterial y, de hecho, la investigación de operaciones se ha aplicado de manera extensa en áreas tan diversas como la manufactura, el transporte, la constitución, las telecomunicaciones, la planeación financiera, el cuidado de la salud, la milicia y los servidores públicos, por nombrar solo algunas cuantas. Así, la gama de aplicaciones es extraordinariamente amplia.

La investigación de operaciones usa un enfoque similar a la manera en que lleva a cabo la investigación de los campos científicos establecidos. En gran medida, se usa el método científico para investigar el problema en cuestión.

En particular, el proceso comienza por la observación cuidadosa y la formulación del problema incluyendo la recolección de los datos pertinentes. El siguiente paso es la construcción de un modelo científico (por lo general matemático) que intenta abstraer la esencia del problema real. En este punto se propone la hipótesis de que el modelo es una representación lo suficientemente precisa de las características esenciales de la situación como para que las conclusiones (soluciones) obtenidas sean válidas también para el problema real. Después, se llevan a cabo los experimentos adecuados para probar la hipótesis, modificarla si es necesario y eventualmente verificarla (generalmente este paso se conoce como validación del modelo).

Además de la investigación creativa de las propiedades fundamentales de las operaciones, la investigación de operaciones intenta resolver los conflictos de intereses entre los componentes de la organización de forma que el resultado sea el mejor para la organización completa.

Desde el punto de vista del desarrollo de investigación de operaciones los datos que se utilizan de entrada se pueden clasificar en dos categorías:

1. **Determinística:** Es en la que se considera que los datos se conocen con exactitud.
2. **Probabilística:** Es en donde los datos tienen variaciones aleatorias.

Los modelos de IO que actúan con datos determinísticos, en general son más simples que aquellos que contienen datos probabilísticos. Sin embargo, aquellos datos recabados en la realidad presentan variaciones aleatorias. No obstante, si el grado de aleatoriedad no es severo nos será posible usar aproximaciones determinísticas adecuadamente.

Es posible usar la naturaleza probabilística, usando estadísticas apropiadas, que pueden ser la base para justificar el uso de aproximaciones determinísticas.

La naturaleza probabilística:

1. Media y varianza de un conjunto de datos: El cálculo de la media y la varianza implica el primer paso para representar la naturaleza de un conjunto de datos primarios.
2. Distribución de probabilidad empírica: Éste da una interpretación resumida de la naturaleza de los datos, por medio de histogramas de frecuencia.
3. Pruebas de bondad del ajuste: Es una manera rápida de verificar si el conjunto de datos primarios se ajusta a una distribución teórica.

(Hillier & Lieberman, 1967, págs. 3-6)

## **1.7 Muestreo de Trabajo**

El muestreo de trabajo es una técnica de medición del trabajo que consiste en efectuar, durante un cierto periodo de tiempo, un gran número de observaciones instantáneas y aleatorias de un grupo de máquinas, procesos o trabajadores.

**Ventajas del método de muestreo de:**

1. No requiere observación continua por parte de un analista durante un período de tiempo largo.
2. El tiempo de trabajo de oficina disminuye
3. El total de horas-trabajo a desarrollar por el analista es generalmente mucho menor

4. El operario no está expuesto a largos períodos de observaciones cronométricas
5. Las operaciones de grupos de operarios pueden ser estudiadas fácilmente por un solo analista.

### Teoría y muestreo de trabajo.

La probabilidad de “x” ocurrencias de un evento en “n” observaciones:

$$(p + q)^n = 1$$

“p” = probabilidad de ocurrencia de un evento o suceso.

“q” = (1-p) = probabilidad de que no haya ocurrencia.

n = número de observaciones

La distribución de esta probabilidad se conoce como distribución binomial. La media es “np”, la varianza es “npq” y la desviación estándar es  $\sqrt{npq}$ . A medida que “n” aumenta, la distribución binomial tiende a la distribución normal. Los estudios de muestreo de trabajo implican muestras de gran tamaño, por lo que la distribución normal es una muy buena aproximación de la distribución binomial.

Luego es más conveniente usar:

- Media = “p”
- Desviación estándar =  $\sqrt{\frac{pq}{n}}$

En un intento para estimar “p” (porcentaje real), se toma una muestra pequeña donde se calcula “p^” por teoría elemental no se puede esperar que “p^” (de la muestra) de cada muestra sea el verdadero valor de “p”. No obstante, se puede esperar que la “p^” de una muestra se encuentre dentro del intervalo de  $p \pm 2\sigma$  aproximadamente el 95% de las veces.

$$Z = \frac{\hat{p} - p}{\sqrt{\frac{pq}{n}}}$$

Para la aproximación normal se tiene:

Como “p” es una incógnita, se puede estimar a partir de “p^” y también el intervalo dentro del cual cae “p”, empleando límites de confianza. Por ejemplo, se considera

que el intervalo definido por:  $\hat{p} \pm 2\sqrt{\frac{\hat{p}\hat{q}}{n}}$  contiene a “p” el 95% de las veces.

$$\hat{p} - 2\sqrt{\frac{\hat{p}\hat{q}}{n}} \qquad \hat{p} \qquad \hat{p} + 2\sqrt{\frac{\hat{p}\hat{q}}{n}}$$

Se puede calcular el número de observaciones necesarias a partir de:

$$\sigma_p = \sqrt{\frac{pq}{n}} = \sqrt{\frac{p(1-p)}{n}}$$

Luego:

$$n = \frac{\hat{p}(1-\hat{p})}{\sigma_p^2}$$

### Fases del Muestreo de Trabajo.

1. Seleccionar la actividad o actividades a observar.
2. Tomar una muestra preliminar de aproximadamente cien observaciones, para determinar un valor estimado del parámetro “p”.

$$P = \frac{\text{Número de observaciones trabajando}}{\text{Número total de observaciones}}$$

3. Calcular el número de observaciones requeridas, en función de “p” y de los niveles de confianza y exactitud

$$N = \frac{Z^2 p(1-p)}{E^2}$$

Z= desviación normal estándar para un nivel de confianza

p= proporción estimada de tiempo de las actividades. (Se puede usar experiencia pasada o p=0.5)

E= exactitud deseada o máximo error en % aceptado

4. Preparar una programación de observaciones aleatorias, usando tablas de números aleatorios.
5. Observar, calificar y registrar las actividades del trabajador
6. Registrar el número de unidades producidas o servicios efectuados durante el periodo del estudio
7. Determinar el tiempo normal (TN)

$$TN = \frac{(\text{Tiempo total del estudio}) \times (\% \text{ tiempo de actividad}) \times (\text{Índice de desempeño})}{\text{Número de unidades o servicios producidos}}$$

8. Calcular el tiempo estándar o tiempo tipo al ajustar el tiempo normal con los suplementos o tolerancias.

$$TS = TN * \frac{1}{1 - \text{Suplementos}}$$

### **Muestra aleatoria.**

El principio de la selección de los elementos en una muestra aleatoria es el mismo que cuando se reparten la baraja. Todos los objetos de la población tienen iguales probabilidades de ser seleccionados en la muestra. Esta probabilidad es llamada razón de muestreo (sampling rate en inglés), y es igual al número de elementos de la muestra dividido por el número de la población.

Hay métodos alternativos para crear una muestra aleatoria (en otras palabras, una "muestra de probabilidad"):

1. Muestra aleatoria simple
2. Muestra sistemática
3. Muestra aleatoria ponderada
4. Muestras no aleatorias. Entre los tipos comunes de muestras no aleatorias se incluyen:
  - Muestra de "casos típicos" o los "mejores" casos
  - Muestra de conveniencia.
  - Muestra de voluntarios
  - Muestra-bola de nieve.

Para calcular el tamaño de una muestra hay que tomar en cuenta tres factores:

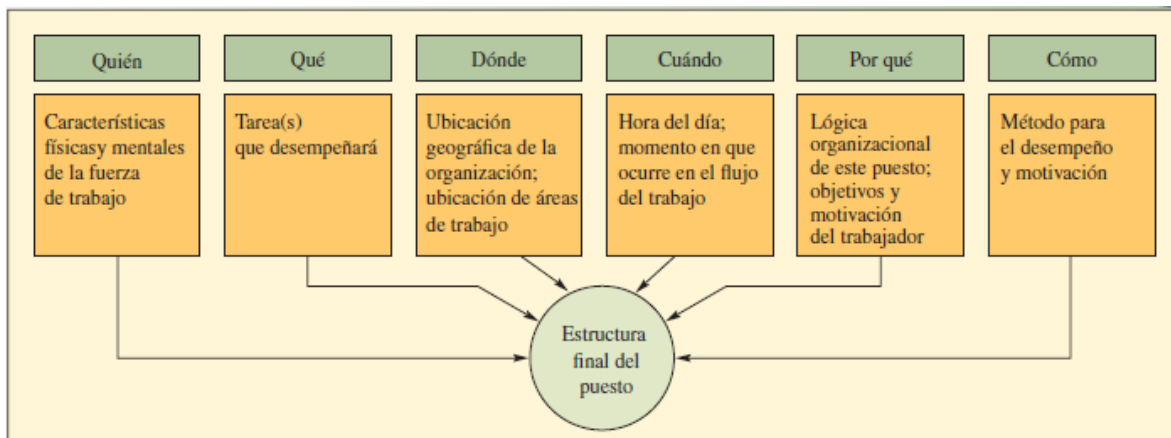
1. El porcentaje de confianza con el cual se quiere generalizar los datos desde la muestra hacia la población total.
2. El porcentaje de error que se pretende aceptar al momento de hacer la generalización.
3. El nivel de variabilidad que se calcula para comprobar la hipótesis.

La confianza o el porcentaje de confianza es el porcentaje de seguridad que existe para generalizar los resultados obtenidos. Esto quiere decir que un porcentaje del 100% equivale a decir que no existe ninguna duda para generalizar tales resultados, pero también implica estudiar a la totalidad de los casos de la población.

(Krajewski & Ritzman, 2000)

### 1.8 Diseño del Puesto de Trabajo

El diseño de puestos se define como la función de especificar las actividades laborales de un individuo o un grupo en un contexto organizacional. Su objetivo es crear estructuras laborales que cumplan las necesidades de la organización y su tecnología, y que satisfagan los requerimientos personales e individuales de la persona que ocupa el puesto. La figura 6 resume las decisiones que implica.



**Figura 6.** Decisiones del Diseño de Puestos

Las siguientes tendencias afectan estas decisiones:

1. El control de calidad como parte del puesto del trabajador. Con frecuencia llamado ahora “calidad de origen”, el control de calidad está ligado al concepto de la atribución de facultades. A su vez, el *empowerment* se refiere a que se otorga a los trabajadores la autoridad para detener una línea de producción si se presenta un problema de calidad o para entregar al cliente un reembolso de inmediato si el servicio no ha sido satisfactorio.
2. Capacitación cruzada de los trabajadores para que desempeñen trabajos que requieren múltiples habilidades. A medida que las compañías adelgazan, se espera que la fuerza de trabajo restante desempeñe más y diferentes tareas.
3. La participación del empleado y los enfoques de equipo para diseñar y organizar el trabajo. Se trata de una característica central de la administración de la calidad total (TQM) y de las actividades para la mejora continua. De hecho, cabe decir que prácticamente todos los programas de la TQM están basados en equipos.
4. “Informar” a los trabajadores comunes y corrientes por medio del e-mail e Internet, expandiendo así la naturaleza de su trabajo y su capacidad para desempeñarlo. En este contexto, informar significa más que sólo automatizar el trabajo, abarca también revisar la estructura fundamental del trabajo. Por ejemplo, el sistema de cómputo de *Northeast Utilities* es capaz de detectar un problema en un área de servicio antes de que el representante de servicio al cliente conteste el teléfono. El representante utiliza la computadora para atacar problemas graves, para ponderar la probabilidad de que otros clientes del área se hayan visto afectados y para enviar a cuadrillas de reparación incluso antes de recibir otras llamadas.
5. Amplio uso de trabajadores temporales. *Manpower*, compañía que se especializa en proporcionar empleados temporales, tiene en su nómina a más de 4.4 millones de empleados repartidos por todo el mundo.
6. Creación de “centros de trabajo alternativos”, como oficinas compartidas, trabajo a distancia y oficinas virtuales, que complementen o sustituyan los contextos tradicionales de las oficinas. Se utilizan para incrementar la

productividad, para reducir los costos de viajes y bienes inmuebles y para reclutar a los empleados y retenerlos. IBM, AT&T y American Express son importantes partidarias de este enfoque.

7. Automatización del trabajo manual pesado. Los ejemplos abundan en los servicios (los camiones de una persona para recoger basura) y las manufacturas (robots que rocían la pintura en las líneas de automóviles). Estos cambios se deben a las normas de seguridad, así como a razones económicas y referentes al personal.
8. Lo más importante es el compromiso que tiene la organización de ofrecer trabajos que tengan sentido y que satisfagan a todos los empleados.

### **Grado de Especialización Laboral**

La especialización laboral es un arma de doble filo cuando se diseñan los puestos. Por un lado, la especialización ha permitido producir a gran velocidad y bajo costo y, desde el punto de vista materialista, ha mejorado enormemente el nivel de vida. Por otro lado, la especialización extrema (como la que presentan las industrias de producción masiva) muchas veces ha tenido efectos negativos en los trabajadores, los cuales, a su vez, son trasladados a la gerencia. En esencia, el problema radica en determinar el grado de especialización que se puede calificar. ¿En qué punto las desventajas llegan a pesar más que las ventajas? (Ver la figura 7)

Investigaciones recientes sugieren que, por lo general, las desventajas dominan a las ventajas con más frecuencia de lo que se pensaba. No obstante, es muy arriesgado decir, por razones puramente humanitarias, que la especialización se debe evitar. Por supuesto que la razón es que las personas desean obtener cosas diferentes de su trabajo y que no todas están dispuestas a contribuir en igual medida.

Algunos trabajadores prefieren no tomar decisiones respecto a su trabajo, a otros les gusta soñar despiertos en su trabajo y otros más simplemente no son capaces de desempeñar un trabajo más complejo.



VENTAJAS DE LA ESPECIALIZACIÓN	
PARA LA GERENCIA	PARA LOS TRABAJADORES
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Capacitación rápida de la fuerza de trabajo</li> <li>2. Facilidad para reclutar a nuevos trabajadores</li> <li>3. Producción elevada en razón de un trabajo repetitivo sencillo</li> <li>4. Salarios bajos en razón de la facilidad de sustituir a los trabajadores</li> <li>5. Control estrecho del flujo y las cargas de trabajo</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Poca o ninguna preparación requerida para conseguir trabajo</li> <li>2. Facilidad para aprender el trabajo</li> </ol>
DESVENTAJAS DE LA ESPECIALIZACIÓN	
PARA LA GERENCIA	PARA LOS TRABAJADORES
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Dificultad para controlar la calidad porque nadie es responsable del producto completo</li> <li>2. Insatisfacción de los trabajadores que conlleva a los costos ocultos que se derivan de la rotación, el ausentismo, los retardos, las quejas de los empleados así como la interrupción intencional del proceso de producción</li> <li>3. Menor probabilidad de mejorar el proceso debido a la perspectiva limitada de los trabajadores</li> <li>4. Flexibilidad limitada para cambiar el proceso de producción a efecto de elaborar productos nuevos o mejorados</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Aburrimiento que se deriva de la esencia repetitiva del trabajo</li> <li>2. Escasa gratificación derivada del trabajo mismo en razón de la poca aportación a cada bien</li> <li>3. Escaso o ningún control del ritmo del trabajo que lleva a la frustración y la fatiga (situaciones de la línea de montaje)</li> <li>4. Pocas oportunidades para avanzar a un empleo mejor porque rara vez es posible aprender mucho de un trabajo fraccionado</li> </ol>

**Figura 7.** Ventajas y desventajas de la Especialización Laboral

Para mejorar la calidad de los trabajos, las organizaciones líderes aplican diferentes enfoques para el diseño de puestos. Dos enfoques que gozan de popularidad en la actualidad son el enriquecimiento del trabajo y los sistemas socio técnicos.

(Chase, Jacobs, & Aquilano, 2009, págs. 186-189)

### 1.9 Parámetros Básicos de un Modelo de Gestión de Inventarios (Costos Asociados)

Al tomar cualquier decisión que afecte el tamaño del inventario, es necesario considerar los costos siguientes.

1. **Costos de mantenimiento (o transporte).** Esta amplia categoría incluye los costos de las instalaciones de almacenamiento, manejo, seguros, desperdicios y daños, obsolescencia, depreciación, impuestos y el costo de

oportunidad del capital. Como es obvio, los costos de mantenimiento suelen favorecer los niveles de inventario bajos y la reposición frecuente.

2. **Costos de configuración (o cambio de producción).** La fabricación de cada producto comprende la obtención del material necesario, el arreglo de las configuraciones específicas en el equipo, el llenado del papeleo requerido, el cobro apropiado del tiempo y el material, y la salida de las existencias anteriores.

Si no hubiera costos ni tiempo perdido al cambiar de un producto a otro, se producirían muchos lotes pequeños. Esto reduciría los niveles de inventario, con un ahorro en los costos.

3. **Costos de pedidos.** Estos costos se refieren a los costos administrativos y de oficina por preparar la orden de compra o producción. Los costos de pedidos incluyen todos los detalles, como el conteo de piezas y el cálculo de las cantidades a pedir. Los costos asociados con el mantenimiento del sistema necesario para rastrear los pedidos también se incluyen en esta categoría.

4. **Costos de faltantes.** Cuando las existencias de una pieza se agotan, el pedido debe esperar hasta que las existencias se vuelvan a surtir o bien es necesario cancelarlo. Se establecen soluciones de compromiso entre manejar existencias para cubrir la demanda y cubrir los costos que resultan por faltantes. En ocasiones, es muy difícil lograr un equilibrio, porque quizá no sea posible estimar las ganancias perdidas, los efectos de los clientes perdidos o los castigos por cubrir pedidos en una fecha tardía. Con frecuencia, el costo asumido por un faltante es ligeramente más alto, aunque casi siempre es posible especificar un rango de costos.

Establecer la cantidad correcta a pedir a los proveedores o el tamaño de los lotes en las instalaciones productivas de la empresa comprende la búsqueda

del costo total mínimo que resulta de los efectos combinados de cuatro costos individuales: costos de mantenimiento, costos de configuración, costos de pedidos y costos de faltantes. Desde luego, la oportunidad de estos pedidos es un factor crítico que puede tener un impacto en el costo del inventario.

(Chase, Jacobs, & Aquilano, 2009, pág. 549)

### **Parámetros para proponer un modelo de gestión de inventarios**

Los parámetros a considerar para proponer un modelo de gestión de inventario son:

**Los costos asociados:** Son aquellos costos que afectan la gestión del inventario, también son llamados costos relevantes y están asociados a las decisiones que toma el encargado de la gestión, estos son:

1. **El costo de preparación, lanzamiento o pedido (cp):** En este se solicita la cantidad de uno o varios artículos a nuestros proveedores a fin de reaprovisionar el almacén. Incluyendo los costos de elaboración de las especificaciones del pedido, su registro y seguimiento, procesamiento de facturas, informes de planta y reparación del pago.  
En el caso de pedidos de fabricación hay dos componentes básicos adicionales al costo de pedido: la mano de obra de montaje y los costos de eventual inactividad de las máquinas, que configuran lo que se conoce como costo de montaje.
2. **El costo de almacenamiento (cs):** El cual está asociado a la disponibilidad de artículos en el almacén incluye los costos de capital, seguros, impuestos, robos y deterioros, obsolescencia, amortización de almacenes u utillaje y mano de obra.  
Suele ser el más elevado de todos los costos asociados a la gestión de los inventarios y, en la mayoría de los casos, puede expresarse por un porcentaje del valor de los artículos almacenados, que no suelen bajar de 20 por 100.

3. **El costo de ruptura o penuria (cr):** Se asocia a la situación derivada de no poder satisfacer la demanda de algún cliente por carácter de la cantidad suficiente de artículos solicitados.
- **La demanda:** El modelo de la demanda juega un papel esencial a la hora de establecer y aplicar un modelo de gestión. La demanda de un artículo puede ser continua o discreta en el tiempo, determinista o aleatoria y de la naturaleza independiente, dependiente o mixta.
  - **El plazo de entrega:** Es el tiempo que transcurre desde la emisión del pedido a nuestro proveedor y la recepción del mismo en el almacén. Puede ser determinista o aleatorio. (Viejo, 1996)

### 1.10 JIT (Sistema de Producción Tipo “Pull”)

#### Sistema de Producción de Toyota

El sistema de producción inventado y promovido por Toyota Motor Corporation ha sido adoptado por muchas empresas japonesas como consecuencia de la crisis del petróleo de 1973. La finalidad principal del sistema es eliminar a través de las actividades de mejora varias clases de despilfarro que yacen ocultas en el interior de la empresa.

#### Método de Producción Justo a Tiempo (Just in Time)

El método Just in Time (JIT) consiste fundamentalmente en producir los elementos necesarios en las cantidades necesarias y en el momento necesario. La automatización que a menudo se abrevia en “Jidoka” puede interpretarse aproximadamente como control autónomo de los defectos. Apoyar al JIT al no permitir nunca que unidades defectuosas de un proceso pasen al proceso posterior y lo perturben (véase la figura 8).

### **Sistema de producción Pull**

El método JIT, aplicado al montaje de automóviles significa que los subconjuntos necesarios producidos en los procesos anteriores han de llegar a la cadena de montaje en el momento en que se necesitan y en las cantidades necesarias. Si el JIT se lleva a cabo en toda la empresa, se eliminarán completamente las existencias innecesarias en la fábrica, lo que hará innecesarios los almacenes. Los costos que entraña la posesión de existencias disminuirán y la rotación del capital aumentará. Sin embargo, es muy difícil llevar a cabo el JIT en todos los procesos para un producto como un automóvil si se utiliza simultáneamente el enfoque de la planificación central (push system o sistema de empuje) que determina los programas de producción y los difunde entre todos los procesos.

Por consiguiente, en el sistema de Toyota es necesario examinar el flujo de producción a la inversa. Dicho de otro modo: Las personas de un determinado proceso se dirigen al proceso anterior para retirar las piezas necesarias en las cantidades necesarias y en el momento necesario. En el proceso anterior solamente se producen unidades suficientes para reemplazar las que han sido retiradas. Este método se denomina sistema de atracción (pull system)

La estrategia logística basada en un sistema de flujo pull consiste en optimizar los inventarios y el flujo del producto de acuerdo al comportamiento real de la demanda.

En estos sistemas el proceso logístico inicia con el pedido del cliente, y aunque sea el sistema ideal por optimización de inventarios, la apuesta por conocer la demanda en tiempo real y flexibilizar la cadena para responder a sus necesidades es una apuesta compleja. Sin embargo, al igual que la mayoría de las prácticas logísticas de vanguardia gran número de casos de éxito se fundamentan en la aplicación de un sistema de flujo pull.

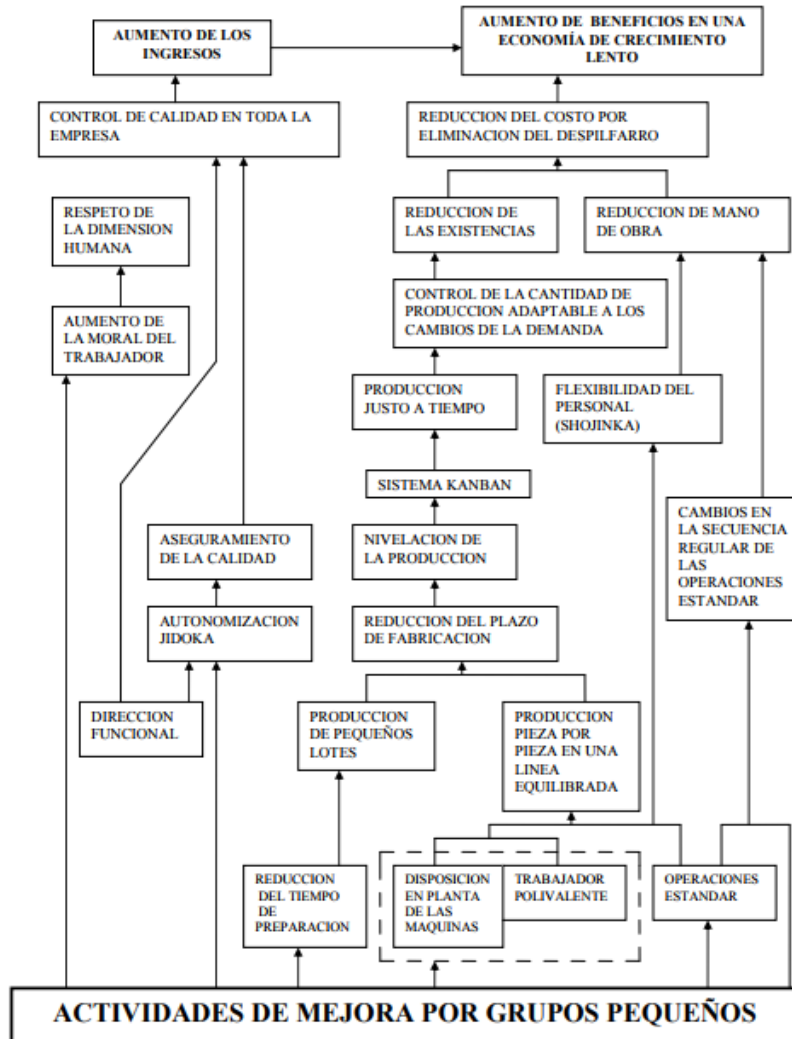


Figura 8. Esquema de mejoras con el TPS

### Sistema Push-Pull

En una estrategia Push – Pull, algunas etapas del proceso de la cadena, típicamente las primeras del suministro operan basadas en Push (demandas determinadas mediante modelos de pronóstico a mediano y largo plazo), mientras que las demás operan con un sistema Pull (demanda real determinada mediante un ágil sistema de información). El objetivo fundamental de la aplicación del sistema Pull dentro de la estrategia es el de alcanzar el más alto grado de diferenciación del producto final lo más cercano al cliente posible. (Monden, 1996, págs. 21-26)

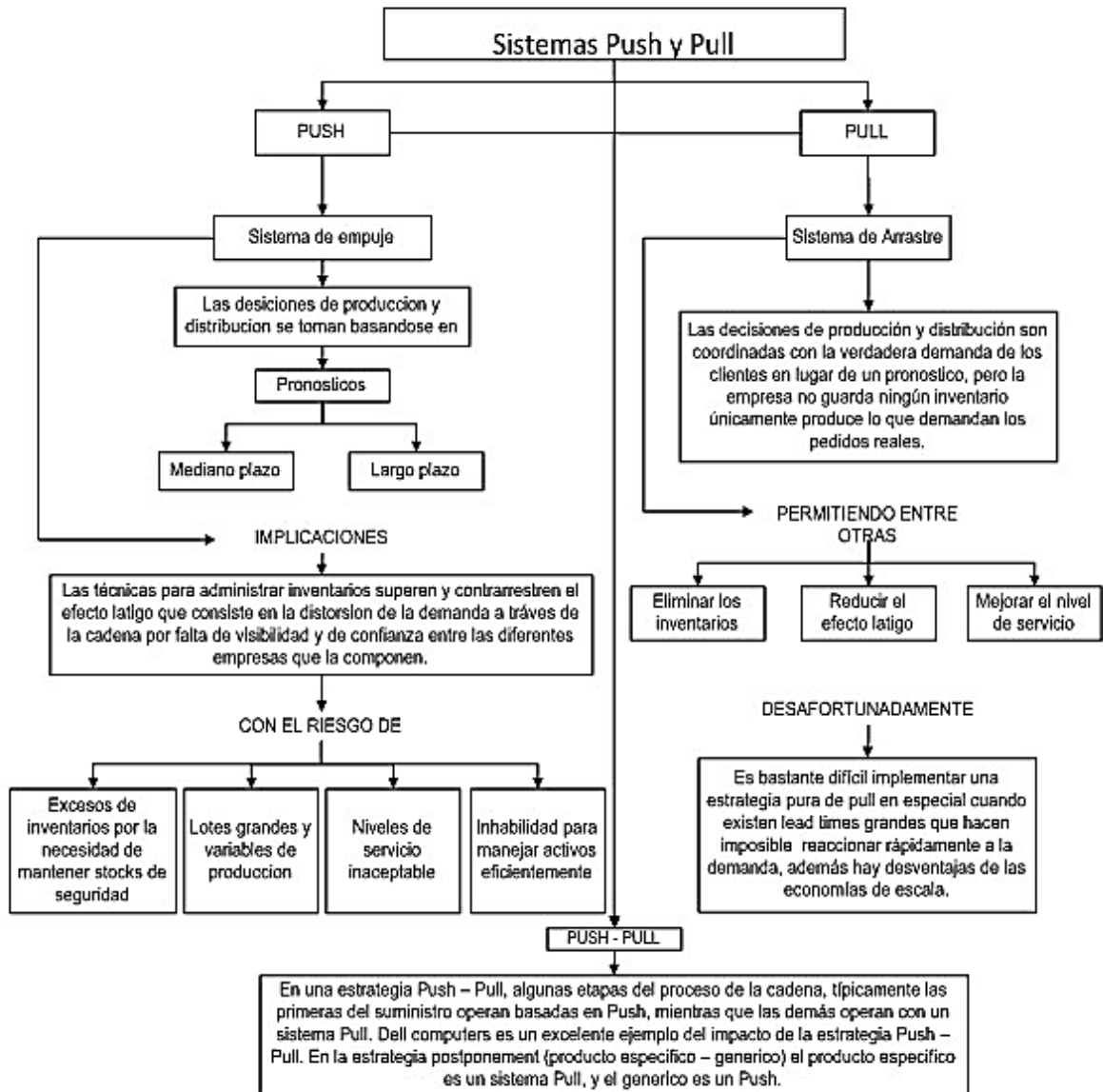


Figura 9. Sistema Push-Pull

### 1.11 JIT (One-Piece-Flow)

Cuando Eiji Toyoda y sus directivos hicieron sus doce semanas de viaje de estudios por plantas de estados unidos en 1950, se esperaban quedar deslumbrados por sus progresos en producción. Por lo contrario, quedaron sorprendidos al comprobar que el desarrollo de las técnicas de producción en masa no había cambiado mucho desde los años treinta. De hecho, el sistema de producción tenía muchos fallos

inherentes. Lo que vieron fueron grandes cantidades de equipos, haciendo grandes cantidades de productos, que eran guardados en almacenes, solo para ser movidos más tarde a otro departamento donde grandes equipos procesaban el producto, y así paso a paso. Vieron como los pasos discretos del proceso se basaban en grandes volúmenes, con interrupciones entre ellos, lo que provocaba que grandes cantidades de material en stock debieran esperar. Constataron los altos costos en equipos y su llamada eficiencia en producción, basada en la reducción del costo por pieza y en trabajadores ocupados que mantenían el equipamiento ocupado.

Se fijaron en las mediciones tradicionales de contabilidad que seguían los directivos, que producían grandes cantidades de piezas y mantenían las máquinas y los trabajadores ocupados, cuyo resultado era la sobreproducción y el flujo muy poco consistente, con defectos escondidos en estos grandes lotes que podían pasar desapercibidos durante semanas. Puestos de trabajo completos estaban desorganizados y fuera de control. Con grandes carretillas movían montañas de materiales por todos lados y las fabricas se parecían más a almacenes que otra cosa.

La misión de Ohno era “atrapar la productividad de Ford pero no podía seguir los mismos errores, tenía que focalizarse en mejorar el sistema de fabricación Toyota dentro del protegido mercado japonés, así que estudio los ineficientes métodos de producción por lotes que creaban enormes cantidades de stock a través de la cadena de valor y empujaban el producto al siguiente paso, así que Toyota determinó que podía usar la idea original de Ford del flujo de material continuo para desarrollar un sistema de flujo pieza a pieza que podía ser cambiado de manera flexible según la demanda del cliente y que fuera eficiente al mismo tiempo. La flexibilidad requería conducir metódicamente la ingenuidad de los trabajadores para mejorar los procesos de manera continua.



### **Ventajas del Flujo Pieza a Pieza**

La primera ventaja es la fabricación de calidad. Cuando se trabaja en flujo cada operario actúa también como inspector de forma que cada fallo se detecta prácticamente de inmediato y es evaluado y corregido lo más rápido posible evitando que se arrastre el error a etapas posteriores. De esta forma se consiguen productos con una alta calidad.

Otra de las ventajas que se encuentra al trabajar en flujo pieza a pieza es la creación de flexibilidad. Resulta mucho más sencillo adaptarse a las necesidades del cliente y absorber las variaciones en su demanda cuando el lead time alcanzado es pequeño.

La productividad también se ve incrementada cuando se trabaja en una célula de flujo pieza a pieza. Es más sencillo detectar que operario está ocupado o cuál está ocioso, cuánto tiempo de valor añadido se tiene y cuánta gente haría falta para trabajar al ritmo deseado. Con todo esto se consigue aumentar la productividad de cada operario ya que los problemas “salen a la luz” y no se esconden como ocurre cuando se trabaja con la sobreproducción de piezas.

Además, el flujo pieza a pieza reduce la necesidad de grandes espacios en la planta para el almacenamiento y evita los espacios desperdiciados como ocurre cuando la planta está distribuida por departamentos. En una planta que trabaja en flujo todo está cerca, organizado y el espacio desperdiciado es prácticamente nulo.

La seguridad también se ve enormemente beneficiada de forma indirecta al trabajar pieza a pieza. Los lotes son mucho más pequeños y por tanto se evita la utilización de grandes equipos de manutención que son la principal causa de accidentes laborales en la mayor parte de las empresas.

Cuando se trabaja pieza a pieza cada trabajador realiza un elevado porcentaje de actividad de valor añadido lo que les permite ver de forma fácil los resultados de su trabajo en el producto final. Por este motivo, los trabajadores se sienten más

motivados y satisfechos con las tareas realizadas en su puesto de trabajo lo que repercute directamente en su estado de ánimo y actitud.

Por último, el hecho de trabajar pieza a pieza hace que se reduzca notablemente la cantidad de inventario. Esto además de provocar una reducción en la necesidad de espacio también implica una reducción en costos y en riesgos de obsolescencia y/o deterioro de producto.

(Liker, 2006)

### **1.12 JIT (Takt Time)**

Los conceptos de Lead-Time y nivelación (HEIJUNKA) son básicos para la aplicación del concepto de takt-time en la implantación del lean manufacturing. Takt, en alemán, significa entre otras cosas ritmo, compás. Se define como takt time la cadencia a la cual un producto debe ser fabricado para satisfacer la demanda del cliente.

El departamento de planificación o control de producción realiza la nivelación de los pedidos de manera que en fábrica durante un periodo determinado (un turno, una semana, un trimestre, etc.) se trabaja a un ritmo nivelado o promediado de las demandas del cliente.

Si tenemos un puesto o una línea o un taller que produce a un ritmo inferior al del cliente, es decir que el tiempo de ciclo es superior al takt time, necesitaremos horas extras, turnos adicionales para poder conseguir la producción que el cliente nos pide. Si por el contrario producimos a un ritmo superior al del cliente, es decir que el tiempo ciclo es inferior al takt time tendremos tiempos de espera, o tendremos que desplazar a los operarios a otros puestos y estaremos generando producción en más.

Por lo tanto, nuestro objetivo al organizar la producción o diseñar un puesto de trabajo es hacer coincidir al máximo el tiempo de ciclo con el tiempo "tacto". Dado que las demandas de producción son cambiantes a lo largo del tiempo deberemos

definir formas de trabajos flexibles que mantengan su eficacia al acoplarse a los cambios, permanentes o cíclicos, previsibles o imprevisibles del tiempo takt o demanda del cliente.

Como calcular el Takt Time

$$TT = \frac{\text{Tiempo disponible de trabajo (turno menos recesos o reuniones)}}{\text{Demanda del cliente (Cantidad requerida del producto en el periodo)}}$$

$$= \text{minutos por unidad}$$

(mtmingenieros)

### 1.13 Jidoka (Autocontrol)

El término jidoka usado en el TPS (Toyota Production System) puede definirse como "automatización con un toque humano". La palabra jidoka remonta sus raíces a la invención del telar automático por Sakichi Toyoda, fundador del Grupo Toyota.

El término "jido" de Toyota se aplica a una máquina con un dispositivo incorporado para hacer juicios, mientras que el término japonés regular "jido" (automatización) se aplica simplemente a una máquina que se mueve por sí misma. Jidoka se refiere a "la automatización con un toque humano", en contraposición a una máquina que simplemente se mueve bajo la supervisión y supervisión de un operador.

(Toyota, 2017)

La característica principal es que cada operario tiene la responsabilidad de lo que ocurra en su puesto de trabajo, por eso mismo él tiene el permiso para parar y reparar la máquina si detecta algún error en su funcionamiento o en el producto. Este sistema mejora la calidad de los productos, evitando unidades defectuosas y por lo tanto desechos de material por productos apartados, ya que los problemas se detectarán rápido y se resolverán en ese mismo momento.

Para su ejecución es necesaria la correcta capacitación de los operarios (requisito de la norma **ISO 9001:2015**). La calidad se ve mejorada puesto que son muy pocas

las unidades a reparar o desechar y se disminuye la posibilidad que éstas sigan en la línea de producción.

Para llegar a un sistema productivo de cero errores con calidad 100%, es necesario evitar que cualquier pieza o producto defectuoso avance.

### **Objetivos Jidoka**

- 1. Manejo efectivo del personal:** se cuenta sólo con el personal necesario que siga una metodología automatizada y un operario se puede encargar de varias máquinas y funciones. Dependiendo del tipo de empresa de producción que se trate, la asignación de tareas y funciones puede alternarse con otras herramientas de planificación de producción y equipos como el método Kanban. También es importante conocer las competencias de los diferentes operarios, y además que varios operarios sean capaces de sustituirse entre sí, para ello os recomiendo el uso de la matriz de competencias.
- 2. Garantizar la calidad de los productos:** no sólo un departamento de calidad se encarga de detectar los errores, sino todos los operarios, y en el caso de ser necesario un control de calidad externo, éste debe realizarse en la misma línea de producción, para ello también serán necesarios protocolos y procedimientos específicos de cómo deben realizarse, así de cómo debe quedar evidencia documental de este proceso.
- 3. Disminución del tiempo de producción:** al ser un proceso automatizado se reducen los tiempos de producción, ya que la maquinaria quedará el menor tiempo posible parada.
- 4. Disminución de las unidades defectuosas:** cada vez que se detecta un fallo, éste se repara de forma inmediata, con lo que no se generan unidades con defecto, o bien las mínimas. Las empresas que aplican este método

suelen disponer de maquinarias con posibilidad de paro (automático o manual), flexibles y pequeñas.

- 5. Disminución de los costos:** al eliminar departamentos y disminuir el personal con la automatización se reducen los costos a largo plazo.

### **Ventajas**

1. Operario cualificado
2. Se reducen costes a medio y largo plazo
3. Autocontrol de calidad
4. Clientes satisfechos
5. Incrementa la calidad y el rendimiento de la producción
6. Reduce el desperdicio
7. Asegura las entregas a tiempo

### **Desventajas**

1. Despido de trabajadores
2. Resistencia al cambio por parte de los trabajadores. Los operarios deberán tener más funciones y responsabilidades, y seguramente con el mismo sueldo. También deberán formarse. Muchas veces este punto es conflictivo y el sistema puede fallar por el comportamiento de los trabajadores.
3. Altos costes iniciales por los despidos del personal, diseño de la planta, cambios en la distribución, formación del personal, paros constantes en la producción, etc.

### **Cómo Aplicar Jidoka**

1. Detectar el problema: puede ser detectado por el propio operario, y éste detener la maquinaria; o bien, la máquina puede tener los mecanismos necesarios de detección de anomalías, sistemas luminosos o sonoros de aviso y detención automática.

2. Detener la producción de la línea momentáneamente (Ya sea por sensores u operarios).
3. Corregir el problema: se buscan soluciones rápidas mientras se busca una solución definitiva
4. Investigar las causas raíz del problema: para determinar la causa raíz y corregir el problema se suelen utilizar herramientas como los diagramas de afinidad o los 5 porqués.
5. Se implanta una solución definitiva realizando mejoras para que no se vuelva a repetir. (Gómez, 2017)

### **1.14 Heijunka (Producción Equilibrada)**

Heijunka es una técnica que busca equilibrar las líneas de producción para flexibilizar el sistema productivo, permitiendo una mezcla de productos que vienen a satisfacer las variantes requeridas por los diferentes clientes.

El ideal es poder producir pieza a pieza (one piece flow) donde cada producto pasa de una estación de trabajo a la siguiente en el mismo momento en que se termina de procesar sin tener que esperar a la formación de un lote. Se busca que fluya lo más continua y rápidamente por cada una de las operaciones del proceso, tratando de evitar acumulaciones entre máquinas y eliminando los grandes WIP's (trabajos en progreso o inventarios intermedios).

El concepto Heijunka engloba dos ideas de estabilización de la manufactura:

- a) Equilibrar el volumen de la producción.
- b) Nivelar por tipo de producto o mezcla de productos.

Con lo anterior se tiene una inmediata visibilidad de cualquier problema que surja en la línea de producción, ya que al haber una pieza defectuosa y no existir (o solo ser muy reducido) el material adicional en WIP's, se parará la producción, exigiéndose la resolución inmediata de la causa raíz que originó el problema.

El uso de Heijunka obliga a la estandarización para asegurar que no se vuelva a repetir un mismo problema, debiéndose perfeccionar:

1. SMED para efectuar los cambios rápidos.
2. Poka Yoke para prevenir y evitar errores
3. TPM para prevenir fallos en la maquinaria
4. Andon para una inmediata visualización de la operación y el rápido enfoque de cualquier problema que surja
5. Kanban para tener la cantidad con la calidad requerida
6. Personal Versátil
7. Capacitación Continua.

Si no se cuenta con dichas herramientas bien desarrolladas, no será posible la adecuada implementación de la caja Heijunka para realizar la mezcla de productos en una producción esbelta multiproducto. (Calva, pág. 247)

### Caja de Pedido Heijunka

En el ejemplo utilizado para explicar el principio de nivelación de la producción (heijunka), el plan mensual es mostrado en una tabla, ver figura 10.

**Plan de producción de nivelación**

Semana 1					Semana 2					Semana 3					Semana 4				
1	5	2	2	9	1	5	2	2	9	1	5	2	2	9	1	2	2	2	9
1	1	3	3	10	1	1	3	3	10	1	1	3	3	10	2	3	3	3	10
2	2	4	4	11	2	2	4	4	11	2	2	4	4	11	3	1	4	4	11
1	3	5	5	12	1	3	5	5	12	1	3	5	5	12	1	2	5	5	12
2	4	6	6	13	2	4	6	6	13	2	4	6	6	13	2	3	6	6	13
3	5	7	7	14	3	5	7	7	14	3	5	7	7	14	3	4	7	7	14
4	1	1	8	15	4	1	1	8	15	4	1	1	8	15	1	1	1	8	15

**Tiempo total de producción de todos los lotes 20 Días.**

Figura 10. Ejemplo Caja de Pedido Heijunka

En esta tabla se muestran las horas disponibles de cada día en columna para todo el mes de 20 días.

Cada hora (celda) se puede procesar un número de orden de producción. La tabla permite una gestión visual de la planificación de la producción.

Una caja Heijunka es una caja con celdas que representan una duración especificada, basada en el mismo principio que la tabla. Aquí, cada celda representa una hora. Todas las órdenes de producción se establecen en las celdas, de acuerdo con la programación.

El operador del proceso líder toma las órdenes de la celda correspondientes al tiempo real y procesa los pedidos como la programación que los configuran. Este sistema muy simple también es muy flexible, ya que la reprogramación es fácil de hacer, el intercambio de pedidos en las células.

(Hohmann, 2010)

### **1.15 Shojinka (Flexibilidad en el Trabajo)**

Shojinka significa "línea de mano de obra flexible" y la capacidad de ajustar la línea para satisfacer las necesidades de producción con cualquier número de trabajadores y los cambios de la demanda. A veces se denomina "manpower savings" en inglés para referirse a la capacidad de una línea de montaje para ser equilibrada incluso cuando el volumen de producción fluctúa hacia arriba o hacia abajo.

(Institute, 2014)

Una de las técnicas Lean más utilizada, más barata y que supone un mayor incremento de la eficiencia de los procesos es el Shojinka o polivalencia del personal. Según Yasuhiro Monden en su obra "El Just In Time hoy en Toyota" la verdadera significación de Shojinka es la aptitud para modificar rápidamente el número de trabajadores en cada área a fin de adaptarse a los cambios de la demanda. Exige que los trabajadores sean capaces de responder a los cambios en los tiempos de duración de las actividades (tiempos de ciclo), a los cambios en el orden de las operaciones y, en muchos casos, a los cambios en el propio contenido de las tareas. Con el fin de responder rápidamente, el trabajador debe ser polivalente, es decir, ha de estar capacitado para trabajar con eficiencia en cualquier



tipo de tarea y en cualquier proceso. Esto implica ser “multi skill no multi task”, es decir, tener polivalencia, pero realizar “sólo” una tarea a la vez.

El sistema de rotación de tareas definido por Toyota se compone de tres partes principalmente:

1. En primer lugar, todos los jefes y encargados deben pasar también por todos los puestos de trabajo y demostrar su pericia a los trabajadores de a pie. Este tipo de rotación permite situar al personal responsable de los trabajadores en el gemba (lugar de trabajo), haciéndoles partícipes de los problemas del día a día y permitiendo detectar tareas que no aportan valor añadido (mudas) de forma directa, al realizarlas en primera persona.
2. En segundo lugar, cada trabajador de un área pasa por los distintos puestos y se le capacita para que ejecute las tareas correspondientes.
3. El paso final es coordinar a los trabajadores a través de la rotación en los puestos de trabajo con una frecuencia de varias veces al día. Aunque este sistema de rotación se considera interesante cuando las tareas que implican cada puesto sean muy limitadas y repetitivas. (González Rodríguez, Muñoz Machín, & Torrubiano, 2010)

Yasuhiro Monden cita en su libro *El just in time hoy en Toyota*, dos conceptos que también son esenciales para el sistema de producción de Toyota que son la flexibilidad del personal (“shojinka” en japonés que significa variar el número de trabajadores con arreglo a los cambios de la demanda) y el pensamiento creativo o las ideas innovadoras (“soikofu”, que significa utilizar provechosamente las ideas de los trabajadores). Para hacer realidad estos conceptos.

#### **Toyota ha establecido los siguientes sistemas y métodos:**

1. El sistema kanban, para mantener la producción JIT (Just in Time).
2. El método de nivelación de la producción, para adaptarse a los cambios de la demanda.
3. El acortamiento del tiempo de preparación, para reducir el plazo de la fabricación.

4. La estandarización de las operaciones, para lograr el equilibrio de la cadena de producción.
5. La disposición en planta de las máquinas y la polivalencia de los trabajadores, para lograr la flexibilidad del personal.
6. Las actividades de mejora por pequeños grupos y el sistema de sugerencias, para reducir la plantilla de personal y elevar su moral.
7. El sistema de control visual, para lograr la autonomía.
8. El sistema de dirección funcional, para promover el control de la calidad y la gestión de los costos en toda la empresa. (Monden, 1996)

### **1.16 Soikufu (Pensamiento Creativo)**

Dentro del sistema de producción Toyota, Soikufu, significa programa de recogida y aprovechamiento de las ideas y sugerencias de todos los trabajadores de la empresa.

La dirección promueve el Soikufu fundamentalmente mediante el fomento de la formación, organización y motivación de los empleados para participar en los círculos de calidad. Las sugerencias de los trabajadores se orientan principalmente al diseño de sistemas y técnicas para la identificación temprana de defectos en la producción (Jidoka), a la reducción de los tiempos de preparación de máquinas, a la mejora en la maquinaria, a la mejora y reducción de tiempo en las operaciones de producción, a la mejora de la distribución en planta en la empresa, en suma, a la mejora de la productividad y calidad.

La recogida y aplicación de las sugerencias de los trabajadores, los mejores conocimientos de su puesto de trabajo, y el reconocimiento de las mejoras logradas, contribuyen a elevar la moral de los empleados, su identificación con la empresa y a motivarles para la aportación de más sugerencias.

La dirección ofrece cursos para mejorar las técnicas de pensamiento creativo y resolución de problemas en grupo que favorezca el nacimiento y elaboración de nuevas ideas y sugerencias prácticas.

Efectos de la aplicación de los cuatro grandes programas (JIT, JIDOKA, SHOJINKA, SOIKUFU), interrelaciones mutuas. Los objetivos complementarios, como se ha expuesto, no es posible alcanzar una producción Just in Time sin conseguir identificar los defectos en cada una de las fases de producción y eliminar las piezas defectuosas del flujo de materiales, esto es, sin la aplicación de Jidoka. Ambos programas, requieren la aplicación de dispositivos prácticos y técnicas “ad hoc” en el proceso industrial específico, que es imposible diseñar sin la colaboración y la aportación de ideas de sus mejores conocedores. Por tanto, no puede establecerse esta Producción ni completar el programa Jidoka, sin el Soikufu.

El reconocimiento del valor de las ideas aportadas y su aplicación, refuerzan la identificación de los trabajadores con la empresa y sus objetivos, y favorece su disposición a adaptarse a diferentes puestos de trabajo ante cambios de la demanda (Shojinka), lo que obliga a aumentar la formación de los trabajadores y disminuye el tedio de las tareas repetitivas, aumentando su identificación con la empresa y sus objetivos.

Como se ve, los grandes programas de actuación están fuertemente relacionados entre sí y deben ser aplicados simultáneamente si se quieren reducir los costos mediante la eliminación de los innecesarios de producción. Además de la reducción de costos que esto implica, el sistema tiene tres objetivos complementarios:

1. **Control de la calidad producida** que permita al Sistema adaptarse diaria y mensualmente a las fluctuaciones de la demanda en términos de cantidad y variedad.
2. **Garantía de calidad** que asegure que cada proceso suministrará solamente unidades correctas a los procesos siguientes.
3. **Identificación de los empleados** de la empresa con objetivos de la misma, que se consigue por la aplicación del Soikufu, por el estilo de

dirección basada en el respeto hacia la dimensión humana (racional y creativa) de los trabajadores de la empresa que el sistema implica. Puesto que los hombres y mujeres de la empresa son el único recurso con inteligencia y voluntad propia de los puestos utilizados por el Sistema, su identificación con los objetivos de la Empresa y su aportación derivada de ésta, es fundamental.

(Facultad de Derecho de la Universidad de Málaga, España.)

### **1.17 Mapeo de la Cadena de Valor (VSM – Value Stream Mapping)**

El mapeo de flujo de valor es una herramienta que sirve para ver y entender un proceso e identificar sus desperdicios, permitiendo detectar fuentes de ventaja competitiva. Ayuda a establecer un lenguaje común entre todos los usuarios del mismo y comunica ideas de mejora, enfocado al uso de un plan priorizando los esfuerzos de mejoramiento. Un flujo de valor muestra la secuencia y el movimiento de lo que el cliente valora. Incluye los materiales, información y procesos que contribuyen a obtener lo que al cliente le interesa y compra.

Una vez que se concluye el SIPOC (Proveedor→ Entradas→ Salidas→ Cliente) completo mostrando todos los proveedores, todos los procesos y todos los clientes, se procede a seleccionar la ruta crítica a mapear para el VSM para mejorar el proceso o el sistema en base al plan estratégico de la empresa, o a las condiciones financieras de la línea de productos que contribuye con un mayor porcentaje en los ingresos, o en base a desarrollar una línea de productos que está teniendo mayor auge en el mercado dentro de la gama de procesos que se manejan y que se provee podría modificar la estructura de los ingresos o algún otro aspecto de alta relevancia de la dirección.

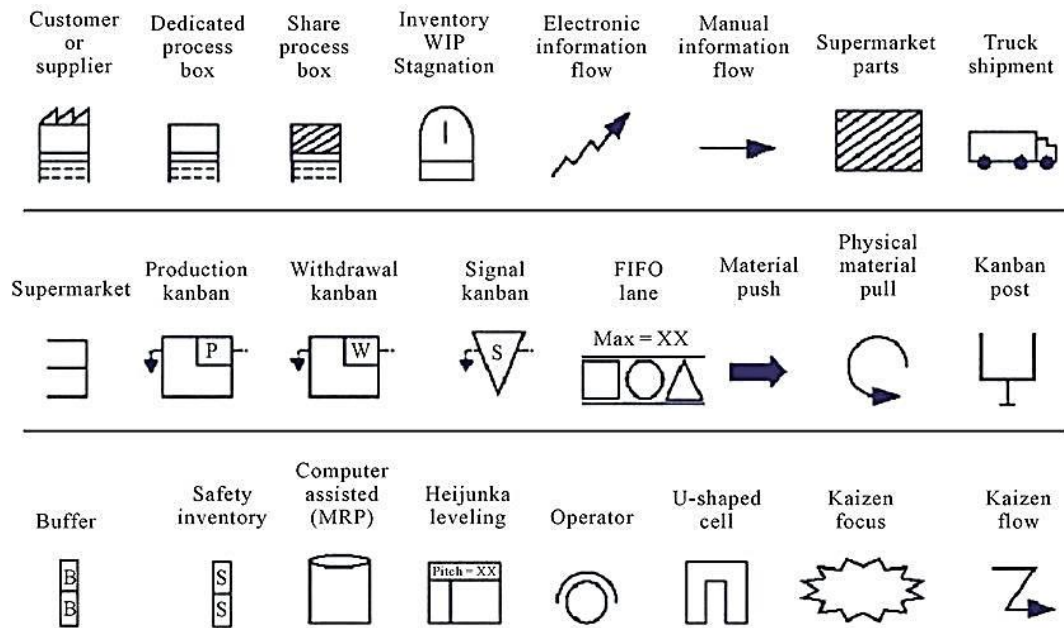


Figura 11. Simbología VSM

## Elaboración de un VSM

### Etaapa 1: Identificar La Familia Del Producto

1. Seleccionar un grupo de 3 a 5 personas que conozcan el proceso que se va a mapear. Deben recorrer el proceso o sistema buscando captar todos los detalles. “personas con una actitud positiva al cambio y mente abierta”, Seleccionar de entre ellos al líder que coordinará las actividades y que tenga la capacidad de mantener al equipo enfocado en lograr resultados.
2. Después de que el equipo seleccionado conoce el procedimiento a seguir deberá caminar varias veces a lo largo de toda la cadena de valor que será mapeada, de principio a fin, es decir, de puerta de entrada de las materias primas de los proveedores a la puerta de salida de los productos al cliente, viendo todos los detalles del proceso (incluyendo posibles errores de la operación misma). “Ver la realidad Actual”. Debiendo usar las “5W” (who, when, where, y why) para comprender en detalle por qué se hacen las cosas como se hacen actualmente.
3. Seleccionar uno de los criterios que se pueden utilizar para agrupar productos cuando existe una gamma muy grande de los mismos, algunas posibilidades se muestran a continuación en la siguiente tabla:

**Tabla 11.** Criterios de Identificación

<b>Criterio de Identificación</b>	<b>Macro-familias de productos</b>	<b>Ejemplos</b>
<b>1. Tipo de producto</b>	Cada familia la conforman productos del mismo tipo o función	Motores y Generadores
<b>2. Mercado</b>	Geográfico o tipo de cliente: Final, distribuidor, otro.	PEMEX, COPETROL, PETROVEN, SHELL, etc. U.E., USA, Cono Sur, etc.
<b>3. Clientes</b>	Familias de productos que se venden a uno o varios clientes	Una familia para dos clientes dominantes y el resto de productos constituyen una 3ra familia.
<b>4. Grado de contacto con el cliente</b>	Agrupar productos por el grado de influencia del cliente en el producto final.	Todos los productos fabricados en una familia bajo pedido. Productos fabricados sin pedido para abrir nuevos mercados.
<b>5. Volumen de venta</b>	Se agrupan por cantidad de piezas, utilidad, etc.	Alto o bajo volumen. Alto o bajo margen de utilidad.
<b>6. Patrones de pedido</b>	Formas de recepción de patrones o secuencias de pedidos.	Series largas y repetitivas o cortas e irregulares. Estacionales o continuas
<b>7. Base Competitiva</b>	En base a argumentos de ventas	Bajo costo y rápida entrega o alto costo por personalización de los productos
<b>8. Tipo de proceso</b>	Productos con similares procesos en la misma familia	Por un lado, todos los que requieren montajes en campo y los que no lo requieren. Los que usan maquinaria similar y los que usan otras máquinas.
<b>9. Características de los productos</b>	Similitud de características físicas o materias primas, etc.	Grandes o pequeños, pesados o ligeros, etc.

Se recomienda aplicar la regla de Pareto (20% de los tipos de proceso manejan el 80% de los productos; 20% de los clientes consumen el 80% de un producto, o una regla similar) para cuando el número de criterios y posibles familias es alto.

Con lo cual nos permite tener una mejor visualización de la familia más conveniente a emplear en nuestro mapeo.

Se debe limitar el mapa solo a una familia de productos. Elegir la familia de productos que tengan un mayor impacto en los requisitos del negocio,

preferentemente que tengan un flujo común mínimo de un 70% y/o un tiempo Takt mucho mayor de 25 segundos.

Preferentemente se busca que no haya muchos tipos de productos en la familia para facilitar el mapeo, sobre todo las primeras veces que se emplea esta herramienta, siendo conveniente que la familia de productos sea de alto volumen y/o frecuencia. Una familia es un grupo de productos que pasan a través de procesos similares y equipos en común, haciendo uso del criterio N°8 de la tabla anterior: Tipo de Proceso vs. Productos

	TIPOS DE PROCESO							
	1	2	3	4	5	6	7	8
PRODUCTOS	A	X	X	X		X	X	
	B	X	X	X	X	X	X	
	C	X	X	X		X	X	X
	D		X	X	X			X
	E		X	X	X			X
	F	X		X		X	X	X
	G	X		X		X	X	X

FAMILIA

Figura 12. Matriz de Proceso y Producto

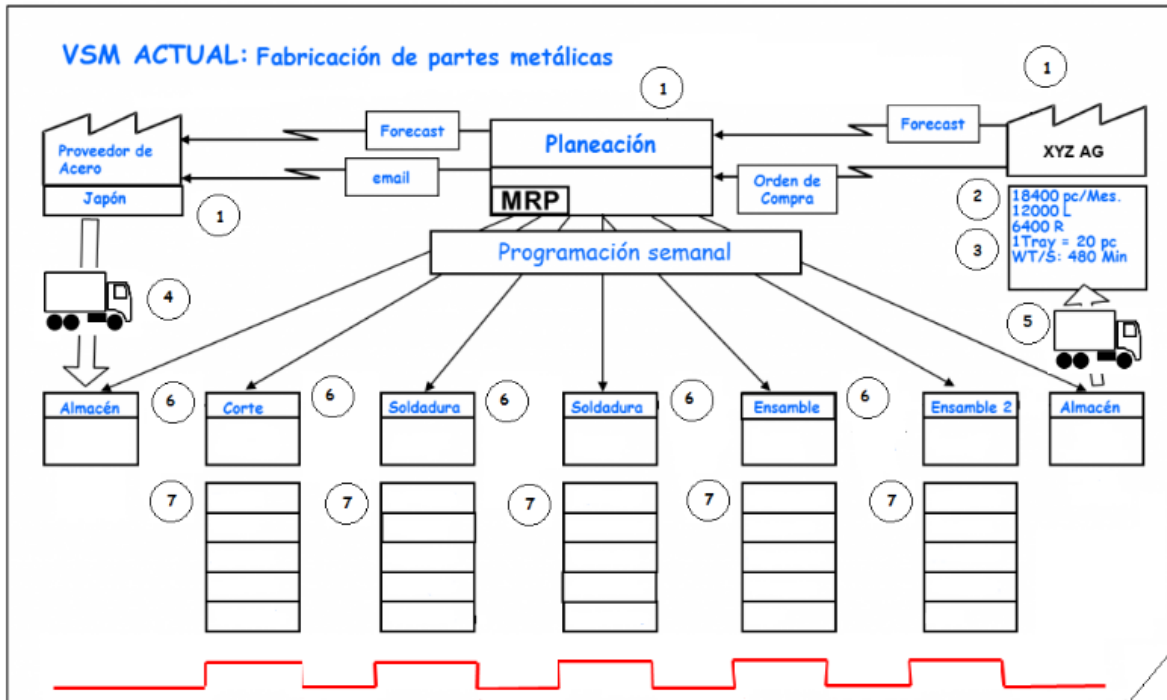
Se acostumbra a usar una matriz de proceso y producto para facilitar la identificación de la familia de producto. Cumpliéndose con el parámetro de que los productos pasen por un mínimo de 70 a 80% de los procesos. Equivalente a la matriz de: Cantidad de Producto/Ruta del producto.

### Etapa 2: Diagrama del Estado Actual

Un mapa del estado actual muestra los procesos/sistemas de trabajo como actualmente existen, para entender las necesidades para el cambio y para entender donde se encuentran las oportunidades de mejora.

El grupo seleccionado en la etapa 1 deberá confiar exclusivamente en sus observaciones, tiempos cronometrados por ellos e información que los miembros del grupo obtengan, debiéndose apegar en sus anotaciones y observaciones de lo que se hace actualmente y no a lo que se debería estar haciendo en base a su criterio. Ya que lo que se desea es corregir en un futuro próximo malos hábitos y

procedimientos mal entendidos y usados porque “siempre se ha hecho así”, etc. El grupo seleccionado en la etapa 1 debe ejecutar este ejercicio.



**Figura 13.** Creación del Diagrama Actual 1

1. Dibujar los iconos del cliente, proveedor y control de producción.
2. Ingresar los requisitos del cliente por mes y por día.
3. Calcular la producción diaria y los requisitos de contenedores.
4. Dibujar el icono que entra a recibo de materiales del proveedor, el camión y la frecuencia de entrega.
5. Dibujar el icono que sale de embarque al cliente y el camión con la frecuencia de entrega.
6. Agregar las cajas de los procesos en secuencia, de izquierda a derecha.
7. Agregar las cajas de datos debajo de cada proceso y la línea de tiempo debajo de las cajas.



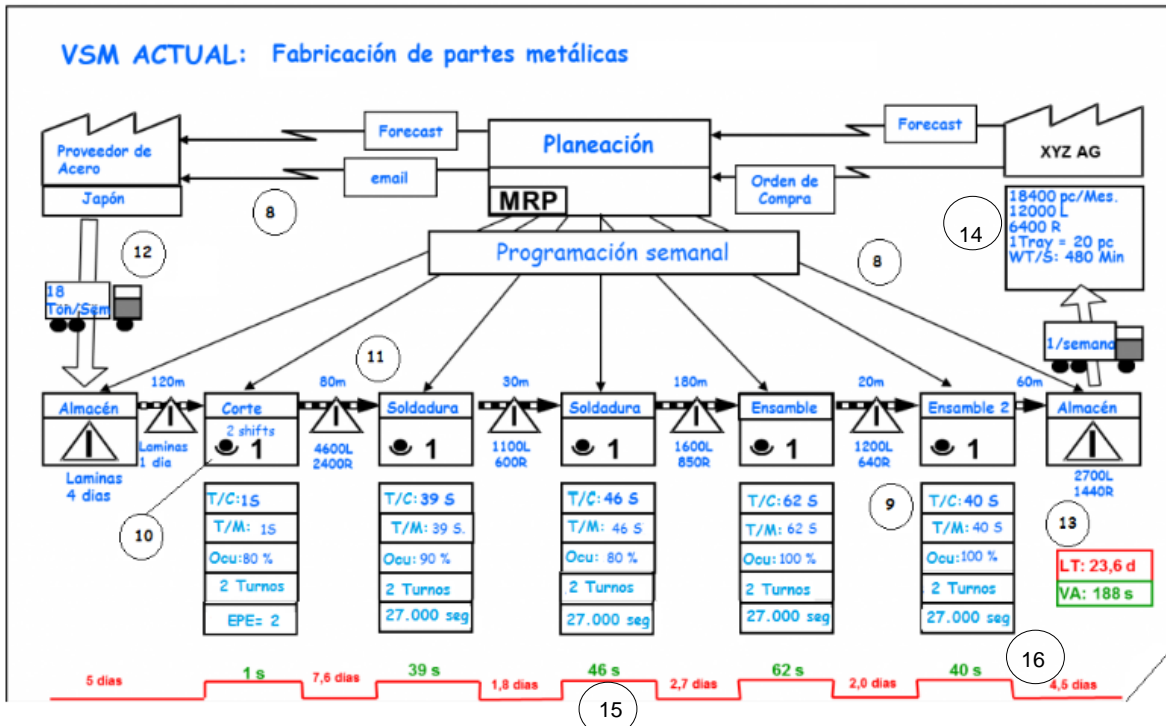


Figura 14. Creación del Diagrama Actual 2

8. Agregar las flechas de comunicación y anotar los métodos y frecuencias
9. Obtener los datos de los procesos y agregarlos a las cajas de datos. Obtenerlos directamente cronometrándolos.
  - El tiempo del Ciclo (CT) es el tiempo que pasa entre la fabricación de una pieza o producto completo y la siguiente.
  - El tiempo del valor agregado (VA) es el tiempo de trabajo dedicado a las tareas de producción que transforman el producto de tal forma que el cliente esté dispuesto a pagar por el producto.
  - El tiempo de cambio de modelo (C/O) es el tiempo que toma para cambiar un tipo de proceso a otro. Tiempo de puesta a punto. (Un cambio de color a otro, etc.)
  - El número de personas (NP) el número de personas requeridas para realizar un proceso particular.
  - Tiempo disponible para trabajar (EN) Es el tiempo de trabajo disponible del personal restando descansos por comidas, ir al baño, etc.

- El plazo de entrega “Lead Time” (LT) Es el tiempo que se necesita para que una pieza o producto cualquiera recorra un proceso o una cadena de valor de principio a fin.
- Porcentaje del tiempo funcionando (Uptime) porcentaje de tiempo de utilización o funcionamiento de las maquinas. Confiabilidad de maquina
- Cada pieza cada (CPC) Es una medida del lote de producción, cada cuanto cambia de modelo (Cada día, cada turno, cada hora, cada tarima, cada charola, etc.) Determinar qué datos reunir y reunir el mismo conjunto de datos en cada paso del proceso. Las medidas del tiempo siempre deben estar en segundos por consistencia y fácil comparación.

10. Agregar los símbolos y el número de los operadores.

11. Agregar los sitios de inventario y niveles en días de demanda y el grafico o icono más abajo. Los niveles de inventario se pueden convertir a tiempo en base a:

$$a) \text{ Niv. De inv.} = \frac{(\text{Cantidad de inventario}) * (\text{Tiempo takt})}{\text{Tiempo diario disponible}}$$

$$b) \text{ Niv. De inv.} = \frac{\text{Cantidad de inventario}}{\text{Requerimiento diario del cliente}}$$

$$c) \text{ Tiempo Takt} = \frac{\text{Tiempo disponible por día}}{\text{Demanda del cliente por día}}$$

- ✓ El tiempo takt o takt time es el ritmo al cual cada proceso debe estar produciendo. Es sincronizar el ritmo de la producción con el ritmo de las ventas.

12. Agregar las flechas de empuje, de jalar y de primeras entradas primeras salidas (PEPS).

13. Agregar otra información que pueda ser útil.

14. Agregar los datos de tiempo, turnos al día, menos tiempos de descanso y tiempo disponible.

15. Agregar los tiempos de trabajo de valor agregado y tiempos de entrega en la línea de tiempo ubicada al pie de los procesos.
16. Calcular el tiempo de ciclo de valor agregado total y el tiempo total de procesamiento.

### **Etapa 3 Mapeo del Estado Futuro**

El mapeo del estado futuro de la cadena de valor ayuda a desarrollar la Estrategia de Manufactura Esbelta.

Es conveniente contar con conocimientos de las demás herramientas del pensamiento esbelto. Para diseñar un estado futuro ayuda el conocer: Kanban, Células de Manufactura, SMED, Poka Yoke, etc. Aun y cuando no es indispensable y pudiese crear confusión, como sucede cuando se mapea un proceso administrativo.

Lo único que se busca es establecer que es lo que se necesita que ocurra y cuando debe ocurrir para mejorar el proceso actual. Para construir el mapa del estado futuro se parte del mapa del estado actual.

Se estima una reducción del tiempo estándar de un 85% y un incremento en la productividad de un 25%, el inventario disminuirá cerca de un 85%, etc.

Por este medio se puede establecer la viabilidad global del total del proceso o del sistema.

Para poder elaborar el mapa de estado futuro es necesario:

- Crear una gráfica del ciclo Tiempo Takt Time
- Con los datos recolectados y calculados durante la elaboración del estado actual del VSM se puede tratar la gráfica del ciclo tiempo takt, esta grafica compara los ciclos de tiempo individual dentro del ciclo de tiempo takt del proceso/sistema total. Lo cual ayuda a determinar ¿Cómo y qué? Se debe mejorar.
- Identificar el proceso cuello de botella (restricción).

- El proceso cuello de botella es la operación con el tiempo de ciclo de valor agregado que exceda el takt time. Es importante monitorear este tipo de condiciones para prever acciones y tener un plan de contingencia, ya que un embudo determina la producción del sistema total y llega a ser el punto primario del programa
- El tiempo de ciclo está sobre el eje vertical para cada operación

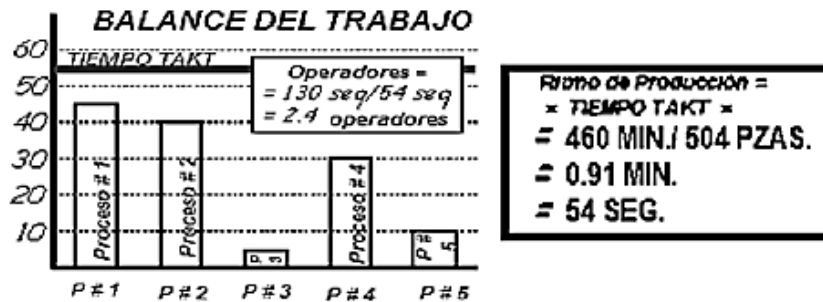
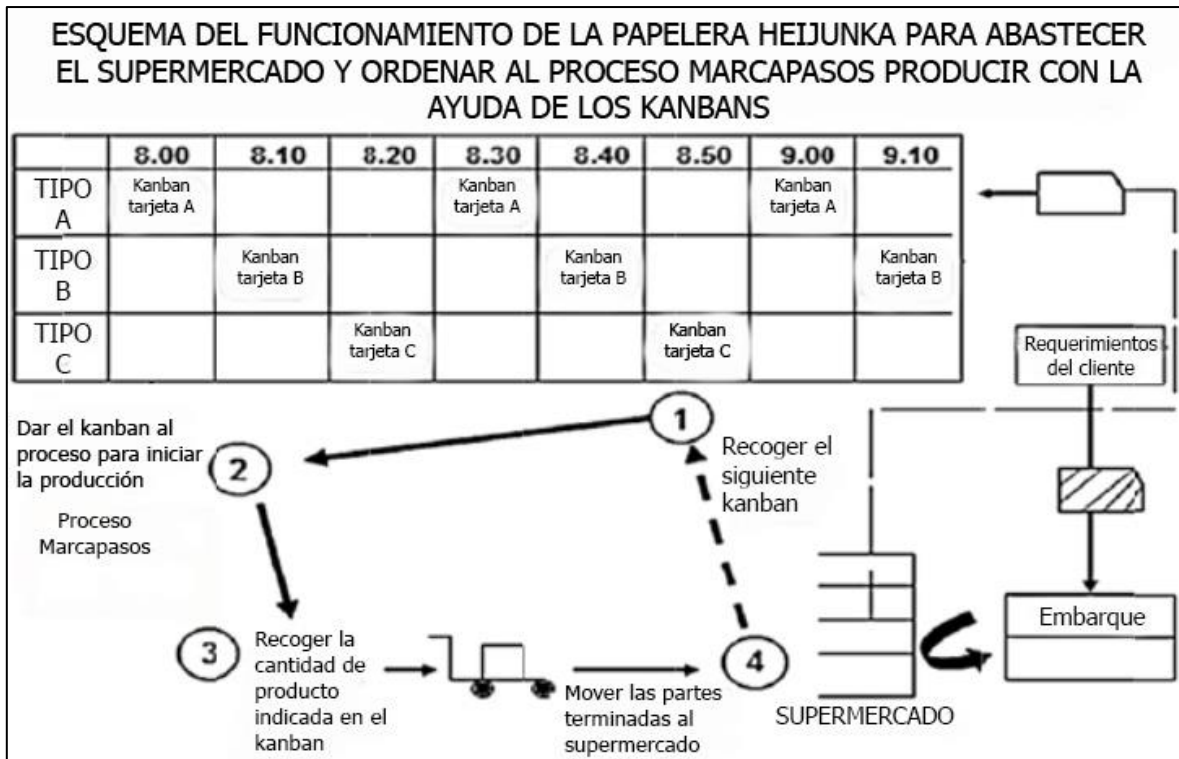


Figura 15. Tiempo Ciclo

- Calcular el tamaño óptimo de operaciones (célula de manufactura) e identificar las estaciones de trabajo potenciales.
- Decidir si se crea un aprovisionamiento de supermercado o se envía al cliente por pedido. Se debe decidir qué tipo de modelo de distribución se desarrollará.
- Nivelación de la mezcla de la producción en un proceso marcapaso. Distribuir equitativamente la producción de los diferentes productos en el proceso marcapaso.
- Determinar la localización de KANBAN y papelera Heijunka. Establece el orden inmediato de: Qué y cuánto se debe producir.
- Mejorar las comunicaciones y programación del marcapasos. Ahora corresponde mejorar la información y las comunicaciones. En lugar de programar cada proceso en forma individual, se lleva a cabo en forma global como un todo, partiendo del marcapasos hasta concluir el sistema total.



**Cuestionamiento que debe uno hacer para complementar el Estado Futuro.**

- a) ¿Cuál es el tiempo takt basado en el tiempo de trabajo disponible del proceso más cercano al cliente?
- b) ¿Llevará a cabo un supermercado de productos terminados desde el cual el cliente los dejará o serán embarcados directamente al cliente?
- c) ¿Dónde se pueden usar un procesamiento de flujo continuo?
- d) ¿Dónde se necesitará usar un sistema de jalar del supermercado a fin de controlar la producción de los procesos anteriores, corriente arriba que parten desde el proveedor?
- e) ¿En qué punto específico de la cadena de producción (el proceso de marcapaso, el que establece el ritmo del tiempo takt), se programara la producción?
- f) ¿Cómo se nivelará la mezcla de producción en el proceso marcapaso?
- g) ¿Qué incremento de trabajo se liberará y se llevará sistemáticamente al proceso marcapaso?

- h) ¿Qué mejoras al proceso serían necesarias para que el flujo de la cadena de valor sea el diseño deseado para el estado futuro?
- i) ¿Se pueden agregar todas las preguntas que permitan una mejor visualización del VSM del estado futuro para cada caso en particular, las anteriores son ejemplificativas y no limitativas?

#### Etapa 4: Implementación del Estado Futuro, Pasos Para la Implementación

1. Divida su mapa de estado futuro en segmentos o circuitos, como se describe abajo:

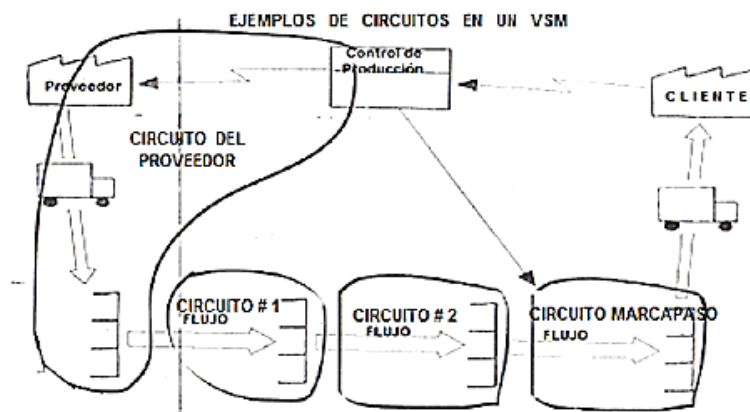


Figura 17. Visualización Mapa del Estado Futuro

2. El circuito marcapaso: incluye el flujo de material e información entre el cliente y su proceso marcapaso.
3. Circuitos adicionales: hacia arriba del circuito del marcapaso están los circuitos de jalar del flujo de material e información, es decir, cada sistema de supermercado en su cadena de valor usualmente corresponde con el final del circuito anterior.

Ejemplo:

**Circuito 1:** Circuito del proceso marcapasos (soldadura/ensamble).

Objetivos:

- Desarrollar el flujo continuo desde soldadura hasta ensamble
- Elementos de trabajo Kaizen para reducir el tiempo de ciclo total a 168 segundos
  - a. Eliminar el tiempo de cambio de herramientas (SMED)

- b. Mejorar la efectividad de la máquina de soldadura 2
- c. Desarrollar un sistema tipo Pull con un supermercado de piezas terminadas.
- d. Desarrollar las rutas de manejo de material entre los supermercados y las estaciones

Metas:

- Tener solo 2 días de inventario en el supermercado de piezas terminadas
- No tener inventario entre las estaciones de trabajo
- Operar la estación con 3 personas

**Circuito 2:** Circuito de Troquelado o corte

Objetivos:

- Establecer el sistema de jalar con un supermercado de partes cortadas.
- Reducir el tamaño de lote a 300 piezas izquierdas y 160 piezas derechas.
- Reducir el tiempo de cambio a menos de 10 min.

Metas:

- Tener solo 1,5 días de inventario en el supermercado de producto terminado
- Tamaño de lotes de 300 y 160 piezas entre cambios

**Circuito 3:** Circuito del proveedor.

Objetivos:

- Desarrollar un sistema de jalar con un supermercado de rollos de acero.
- Introducir entregas diarias de rollos

Metas:

- Tener solo 1,5 días de inventario en el supermercado de rollos.

VSM futuro: para/Fecha: 02/06/2014 / Fabricación de partes metálicas

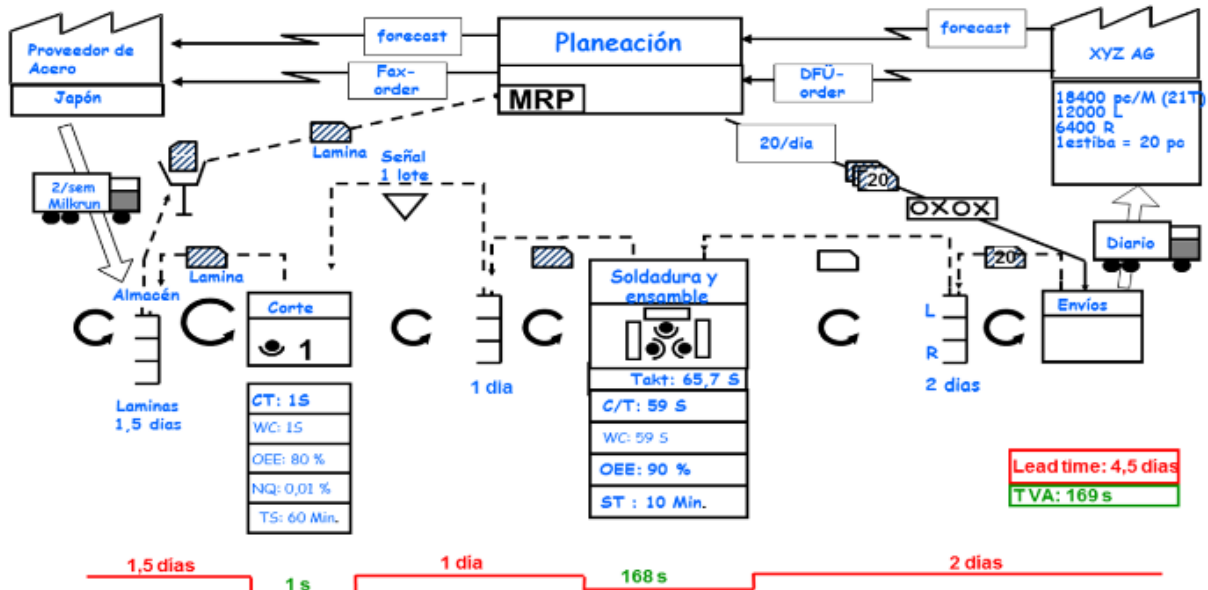


Figura 18. VSM Estado Futuro

(Cabrera Calva, TPS Americanizado: Manual de Manufactura Esbelta, 2014, págs. 183-241)

### 1.18 Control Visual (ANDON)

“Andon” es una palabra japonesa utilizada para referirse a los farolillos o lámparas forrados de papel que todos asociamos al folclore japonés. El Andon tiene la característica de emitir luz y por tanto resaltar un texto, diseño, imagen, etc.

En el TPS (Toyota Production System), el Andon es un dispositivo que de forma visual advierte de una anomalía. El modo más simple sería una señal luminosa que resalta un texto o un color con un significado predefinido (avería, necesidad de ayuda, desviación del objetivo...)

Los colores usados son:

**Rojo:** Máquina descompuesta

**Azul:** Pieza defectuosa

**Blanco:** Fin de lote de producción



**Amarillo:** Esperando por cambio de modelo

**Verde:** Falta de Material

**No luz:** Sistema operando normalmente

Hay muchos tipos distintos de Andon, si bien todos deben tener una serie de características en común:

- Permiten conocer con facilidad si las condiciones de funcionamiento de los equipos son o no las óptimas. (Y en algunos casos nos da información también sobre el tipo de anomalía)
- Es una señal destinada a desencadenar una reacción inmediata para la corrección de anomalías.

Atención a este segundo punto: Un error frecuente en la implantación del Andon suele ser dejarlo en una mera señal de anomalía. Si no se define qué debe hacer quién en el caso de la aparición de la señal, la implantación no habrá alcanzado todo su potencial.

El Andon es la herramienta que advierte de que el flujo está en peligro. Si se toma en serio nos ayudará a mantener el flujo y nos beneficiaremos de ello. Si no, perderá su significado y será poco menos que inútil. Por tanto, primero debemos preguntarnos si consideramos importante y estamos preparados para reaccionar ante las desviaciones de los objetivos establecidos, de modo que el Andon sea una ayuda a una forma de trabajar previamente establecida.

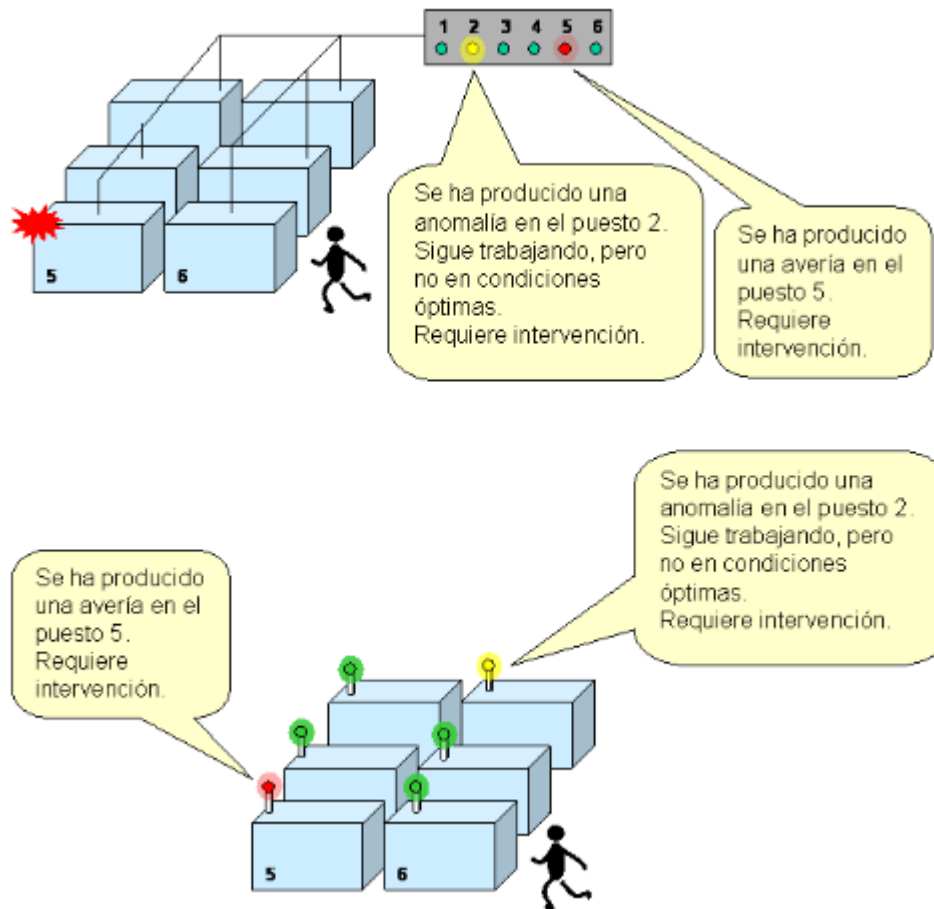


Figura 19. Visualización del ANDON

Debemos tener en cuenta que el Andon es una señal. No nos garantiza que el problema vaya a resolverse. No asegura que la anomalía no propague defectos en el proceso. Todo depende de la reacción del personal ante la advertencia.

**Factores clave para el éxito de la implementación del Andon:**

1. El Andon debe ser simple y fácil de entender (no se requiere alta tecnología) se debe dejar claro qué se pretende conseguir, lo cual nos dirá cuáles son los indicadores sobre los que se hará el seguimiento continuo que disparará las alarmas.
2. En función de la importancia de las operaciones o los productos, puede que existan Andons distintos con reacciones distintas. No todos los problemas tienen la misma importancia ni requieren por tanto la misma movilización de recursos.

3. Es preciso definir con claridad el procedimiento a seguir: la “cadena de ayuda” que puede hacer intervenir sucesivamente a distintas personas en el problema en unos plazos definidos para reducir al mínimo el tiempo de reacción. Si la resolución de las anomalías requiere acciones a medio-largo plazo, éstas deben quedar bien definidas y el estado de resolución debe estar a la vista. (Guerrero, 2016)

### **Implementación del sistema Andon**

El sistema Andon se implementa en una planta de producción en 12 pasos:

1. **Capacitar al personal involucrado** en los principios, características y beneficios de utilizar la herramienta de producción ANDON.
2. **Verificar prerequisites e identificar restricciones**
3. **Verificación de prerequisites:** No existen prerequisites específicos para la aplicación del ANDON, pero se tienen que tener en cuenta algunos aspectos generales como: Designar lugares específicos que permitan gran visibilidad de todos los centros de trabajo. Especificar claramente a todos los trabajadores los significados de las señales y los colores para una buena ejecución. Los trabajadores se les debe inculcar autonomía al momento de evaluar señales y colores.
4. **Identificación de restricciones:** El ANDON es una herramienta cuya instalación es muy simple, esto es por que consta de colores y señales fáciles de interpretar por personal no especializado en las operaciones de fabricación y activarlas cuando se presenten las fallas en las operaciones.
5. **Establecer alcance de la herramienta:** Una vez hecho el estudio de lo que es la ingeniería básica, determinando cuellos de botella, problemas y amenazas del proceso productivo, se pasa a determinar cuáles son los puntos críticos del proceso y se hace énfasis en la aplicación del ANDON en estos centros de trabajo.
6. **Redactar el objetivo de la herramienta** en términos del proceso productivo a trabajar y asociar cada proceso con el beneficio principal que se desea conseguir en dicho punto del proceso: Se parte desde el objetivo de ANDON,

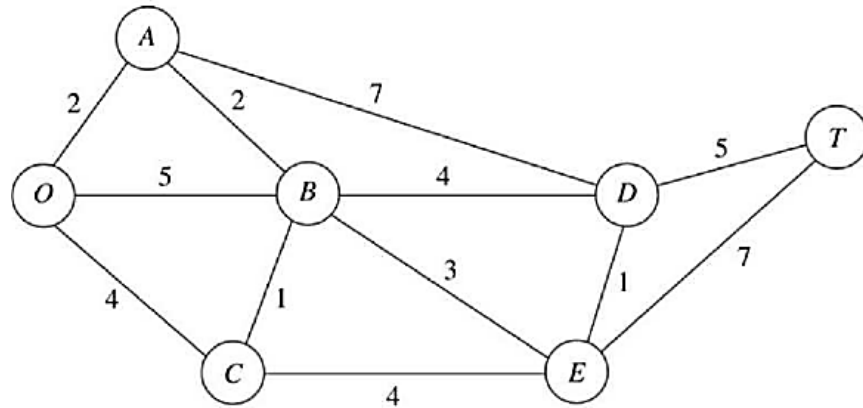
se busca la comprensión del mismo y el contar con la meta común por parte de todas las personas involucradas en el proceso.

7. **Identificar situaciones anormales** diferentes a los procesos de producción: Además de los defectos en la línea de producción que debieron ser identificados con la ingeniería básica, se deben de identificar, reconocer y designar las posibles anomalías en el proceso productivo en donde se aplicara ANDON.
8. **Validación del código de colores** asignado para las situaciones de las estaciones de trabajo: Después de identificar las posibles anomalías que pueden ocurrir en la producción, es vital que todos los trabajadores dominen el código de colores establecidos para estar informados de cada situación.
9. **Establecer los procesos o áreas de trabajo** que contarán con indicadores luminosos para indicar las condiciones de trabajo.
10. **Medir la frecuencia y el tiempo de respuesta actual** frente a los tipos de situaciones anormales.
11. **Realizar pruebas piloto** donde se mida la frecuencia y el tiempo de respuesta ante los tipos de situaciones anormales.
12. **Realizar una comparación de los datos obtenidos** en los dos pasos anteriores (8 y 9), para así concluir si fue beneficioso el uso de la herramienta.
13. **Iniciar operación con la herramienta:** Con los ajustes realizados, con las pruebas piloto evaluadas y con los equipos de trabajo informados, la herramienta se pone en marcha.
14. **Monitorear los logros alcanzados:** Además de la publicación constante de los resultados y logros obtenidos, se debe de estar actualizando las metas dependiendo de los objetivos logrados. (Unalmed, 2013)

### 1.19 Diagrama de Red

Una red consiste en un conjunto de puntos y un conjunto de líneas que unen ciertos pares de puntos. Los puntos se llaman nodos (o vértices); por ejemplo, la red de la

figura 20 tienen siete nodos representados por siete círculos. Las líneas se llaman arcos (o ligaduras, aristas o ramas); por ejemplo, la red de la figura 20 tiene doce arcos que corresponden a los doce caminos del sistema del parque. Los arcos se etiquetan para dar nombre a los nodos en sus puntos terminales; por ejemplo, en la figura 20, AB es el arco entre los nodos A y B.



**Figura 20.** Sistema de Caminos de un Parque

Los arcos de una red pueden tener un flujo de algún tipo que pase por ellos; por ejemplo, el flujo de camionetas sobre los caminos del parque. La figura 20 proporciona varios ejemplos de flujos de redes. Si el flujo a través de un arco se permite solo en una dirección (como en una calle de un sentido), se dice que el arco es un arco dirigido”. La dirección se indica al agregar una cabeza de flecha al final de la línea que representa el arco. Cuando se etiqueta un arco dirigido con el nombre de los nodos que une, siempre se pone primero el nodo de donde viene y después el nodo hacia dónde va, esto es, un arco dirigido del nodo A al nodo B debe etiquetarse como AB y no como BA. Otra manera de etiquetarlo es  $A \rightarrow B$

<b>Nodos</b>	<b>Arcos</b>	<b>Flujo</b>
Cruceros	Caminos	Vehículos
Aeropuertos	Líneas aéreas	Aviones
Puntos de conmutación	Cables, canales	Mensajes
Estaciones de bombeo	Tuberías	Fluidos
Centros de trabajo	Rutas de manejo de materiales	Trabajos

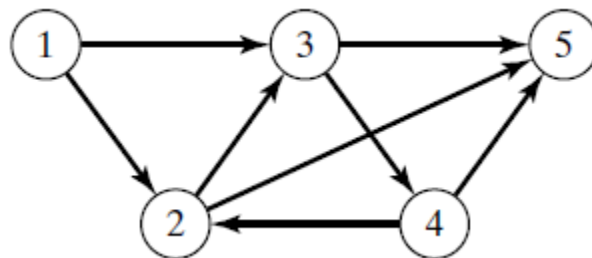
**Figura 21.** Componentes de Redes Representativas

Si el flujo a través de un arco se permite en ambas direcciones (como una tubería que se puede usar para bombear fluido en ambas direcciones), se dice que el arco es un “arco no dirigido”. Para ayudar a distinguir entre los dos tipos de arcos, con frecuencia se hará referencia a los arcos no dirigidos con el sugestivo nombre de “ligadura”. Una red que tiene solo arcos dirigidos se llama red dirigida. De igual manera, si una red tiene todos sus arcos no dirigidos, se dice que se trata de una red no dirigida. Una red con una mezcla de arcos dirigidos y no dirigidos (o incluso si tiene todos sus arcos no dirigidos), se puede convertir en una red dirigida si se desea, mediante la sustitución de cada arco no dirigido por un par de arcos dirigidos en direcciones opuestas. (Hillier & Lieberman, 1967, págs. 376-377)

La notación para describir una red es  $(N, A)$ , donde  $N$  es el conjunto de nodos y  $A$  es el conjunto de arcos. Por ejemplo, la red de la figura 22 se describe como sigue:

$$N = \{1, 2, 3, 4, 5\}$$

$$A = \{(1,2), (1,3), (2,3), (2,5), (3,4), (3,5), (4,2), (4,5)\}$$



**Figura 22.** Ejemplo de una Red  $(N, A)$

Una red conectada es aquella en que cada dos nodos distintos están enlazados al menos por una ruta. La red de la figura 20 es un ejemplo de este tipo. Un árbol es una red conectada que puede consistir solo en un subconjunto de todos los nodos en ella, donde no se permiten ciclos, y un árbol de expansión es un árbol que enlaza todos los nodos en ella, donde no se permiten ciclos, y un árbol de expansión es un árbol que enlaza todos los nodos de la red, también sin permitir ciclos. En la figura 23 se ven ejemplos de un árbol y de un árbol de expansión para la red de la figura 22.

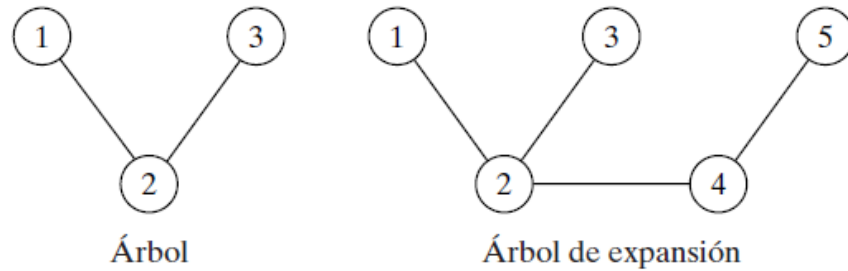


Figura 23. Ejemplos de un Árbol y de un Árbol de Expansión

### Algoritmo de Árbol de Expansión Mínima

El algoritmo de árbol de expansión mínima enlaza los nodos de una red, en forma directa o indirecta, con la mínima longitud de las ramas enlazantes. Una aplicación característica es en la construcción de carreteras pavimentadas que unen varias poblaciones. El camino entre dos poblaciones puede pasar por uno o más poblaciones adicionales. El diseño más económico del sistema de caminos indica que se minimice la distancia total de caminos pavimentados, resultado que se obtiene implementando el algoritmo de árbol de expansión mínima.

#### Pasos del procedimiento de implementación:

Sea  $N = \{1, 2, \dots, n\}$  el conjunto de nodos de la red, y se definen

→  $C_k =$  Conjunto de nodos que se han conectado en forma permanente en la iteración  $k$

→  $\hat{C}_k =$  Conjunto de nodos que todavía se deben conectar en forma permanente

#### Paso Cero (0): Conceptualización Del Algoritmo

Definir los conjuntos  $C_0 = \{\emptyset\}$  y  $\check{C}_0 = \{N\}$ , es decir que antes del paso 1 no se han enlazado de forma permanente nodo alguno, y por ende el conjunto que representa a los nodos que hacen falta por enlazarse de forma permanente es igual a la cantidad de nodos que existen en la red.

#### Paso 1:

Se debe de escoger de manera arbitraria un nodo en el conjunto  $\check{C}_0$  llamado  $i$  el cual será el primer nodo permanente, a continuación se debe de actualizar el conjunto  $C_1 = \{i\}$ , que significa que al tiempo en que el conjunto  $C_1$  gana el elemento  $i$  el

conjunto  $\check{C}_0$  pierde el elemento  $i$  por ende ahora será igual a  $\check{C}_1 = N - \{ i \}$ , además se debe actualizar el subíndice de los conjuntos  $k$ , el cual ahora será igual a 2.

## Paso 2: Paso General "K"

Se debe de seleccionar un nodo  $j$  del conjunto  $\check{C}_{k-1}$  ("k-1" es el subíndice que indica que se está haciendo referencia al conjunto de la iteración inmediatamente anterior) el cual tenga el arco o ramal con menor longitud con uno de los nodos que se encuentran en el conjunto de nodos de enlace permanente  $C_{k-1}$ . Una vez seleccionado se debe de enlazar de forma permanente lo cual representa que pasa a formar parte del conjunto de enlaces permanentes y deja de formar parte del conjunto que todavía se debe conectar para lograr la expansión. Al actualizar el algoritmo en este paso los conjuntos deben de quedar de la siguiente forma.

$$C_k = C_{k-1} + \{ j \} \text{ mientras que } \check{C}_k = \check{C}_{k-1} - \{ j \}$$

El paso general que define  $k$  que al mismo tiempo representa a las iteraciones debe de ejecutarse toda vez que el conjunto  $\check{C}_k$  no sea vacío, cuando este conjunto sea igual a vacío se tendrá el árbol de expansión mínima.

## Reglas para Elaborar un diagrama de red

1. Toda red de actividades se inicia con un evento inicial de la red y termina con un evento final de la red de actividades
2. Cada actividad debe estar representada solamente por un arco.
3. Las primeras actividades que se deben ingresar a la red, son aquellas que no tengan precedencias. Luego se debe evaluar el nivel de prioridad de las actividades:
  - a) Primera prioridad: Aquella actividad que tiene como precedencia solamente una actividad y es factible de ingresar a la red.
  - b) Segunda prioridad: Aquella actividad que tiene como precedencia dos actividades y es factible de ingresar a la red, etc.
4. Dos actividades no pueden identificarse con los mismos eventos.
5. La longitud de los arcos no necesita ser proporcional a la duración de las actividades, ni tiene que dibujarse como una línea recta.



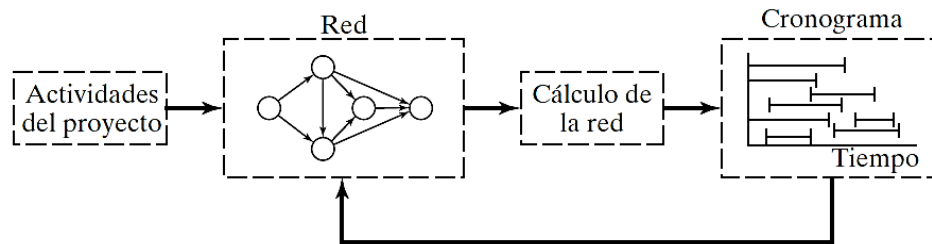
6. Ninguna actividad precede al evento inicial, pero él si precede a una o varias actividades.
7. Después de construir la red inicial, se debe depurar la red, de tal manera que tenga un solo evento terminal y lo mínimo de arcos artificiales, sin que varíe la precedencia. Una actividad ficticia no se puede eliminar sí:
  - a) El evento inicial de la actividad ficticia, es evento inicial de otra actividad
  - b) Al eliminarse la actividad ficticia, dos actividades quedan determinadas con los mismo eventos.
8. Debe evitarse los cruces de las actividades, en el momento de la construcción de la red.
9. Todo evento se identifica por un número y la actividad por su evento inicial y evento terminal.

(Taha, 1994, págs. 214-216)

## **1.20 PERT – CPM**

Los métodos CPM (método de la ruta crítica o del camino crítico, critical path method) y PERT (técnica de evaluación y revisión de programa, program evaluation and review technique) se basan en redes, y tienen por objeto auxiliar en la planeación, programación y control de proyectos. Se define un proyecto como conjunto de actividades interrelacionadas, en la que cada actividad consume tiempo y recursos.

El objetivo del CPM y del PERT es contar con un método analítico para programar las actividades. En la figura 24 se resumen los pasos de estas técnicas. Primero se definen las actividades del proyecto, sus relaciones de precedencia y sus necesidades de tiempo.



**Figura 24.** Fases de Planeación de un Proyecto con CPM o PERT

A continuación, el proyecto se traduce en una red que muestre las relaciones de precedencia entre las actividades. El tercer paso implica cálculos específicos de redes, que forman la base del desarrollo del programa del proyecto en función del tiempo.

Durante la ejecución del proyecto, podría no cumplirse el programa que estaba planeado, causando que algunas de las actividades se adelanten o se atrasen. En este caso será necesario actualizar el programa para que refleje la realidad. Ésta es la razón de incluir un bucle, lazo o ciclo de retroalimentación entre la fase de programa y la fase de red, como se ve en la figura 24.

Las dos técnicas, CPM y PERT, que se desarrollaron en forma independiente, difieren en que en el CPM se supone duraciones determinísticas de actividad, mientras que en PERT se suponen duraciones probabilísticas. Esta presentación comenzará con el CPM y después se presentarán los detalles del PERT.

#### Diferencias entre PERT y CPM

La principal diferencia entre PERT y CPM es la manera en que se realizan los estimados de tiempo. PERT supone que el tiempo para realizar cada una de las actividades es una variable aleatoria descrita por una distribución de probabilidad. CPM por otra parte, infiere que los tiempos de las actividades se conocen en forma determinísticas y se pueden variar cambiando el nivel de recursos utilizados.

#### CPM

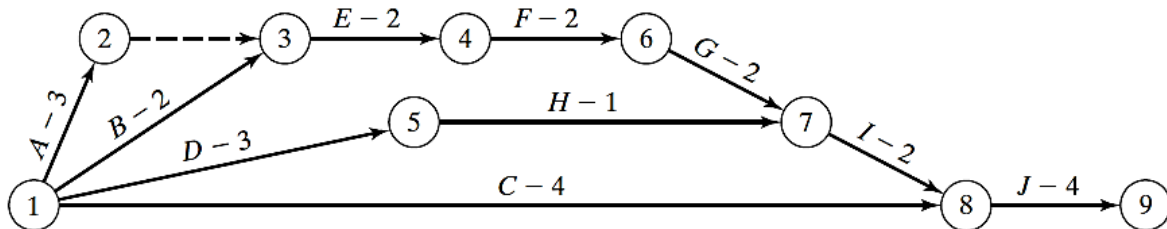
Para entender cómo se trabaja con el método de la ruta crítica para determinar el tiempo más largo en que se realizará el proyecto utilizaremos el siguiente ejemplo:

**Ejemplo:** Un editor tiene un contrato con un autor, para publicar su libro de texto. Las actividades (simplificadas) relacionadas con la producción del libro se ven a continuación. Formular la red asociada al proyecto.

**Tabla 12.** Ejemplo PERT-CPM

Actividad	Predecesor(es)	Duración (semanas)
A: Lectura del manuscrito por el editor	—	3
B: Preparación de páginas muestra por el tipógrafo	—	2
C: Diseño de la portada del libro	—	4
D: Preparación de las figuras del libro	—	3
E: Aprobación por el autor del manuscrito editado y las páginas muestra	A, B	2
F: Tipografía del libro	E	2
G: Revisión por el autor de las páginas tipografiadas	F	2
H: Revisión de las figuras por el autor	D	1
I: Producción de las placas de impresión	G, H	2
J: Producción y encuadernación del libro	C, I	4

La figura 25 muestra la red que describe las relaciones de precedencia entre las diversas actividades. Con la actividad ficticia (2, 3) se obtienen nodos finales únicos para las actividades concurrentes A y B. La numeración de los nodos se hace en forma que indique el avance en el proyecto.



**Figura 25.** Red del Proyecto Para el Ejemplo

### Cálculos Para la Ruta Crítica (CPM)

El resultado final de CPM es la formulación o construcción del programa del proyecto (véase la figura 24). Para lograr este objetivo en una forma adecuada, se hacen cálculos especiales con los que se obtiene la siguiente información:

1. Duración total necesaria para terminar el proyecto.
2. Clasificación de las actividades del proyecto en críticas y no críticas.

Se define lo siguiente:

$\square_j$  = Tiempo más temprano de ocurrencia del evento j

$\Delta_j$  = Tiempo más tardío de ocurrencia del evento j

$D_{ij}$  = Duración de la actividad (i, j)

Los cálculos de ruta crítica implican dos pasos: el **paso hacia adelante** determina los tiempos más tempranos o de ocurrencia de los eventos, y el **paso hacia atrás** calcula sus tiempos más tardíos de ocurrencia.

**Paso hacia adelante** (tiempos más tempranos de ocurrencia o tiempos más próximos, de ocurrencia,  $\square$ ). Los cálculos se inician en el nodo 1 y avanzan en forma recursiva hasta el nodo final n.

**Paso inicial.** Poner  $\square_1 = 0$ , para indicar que el proyecto se inicia cuando el tiempo es 0.

**Paso general j.** Dado que los nodos p, q, ..., y v están enlazados directamente con el nodo j por las actividades de entrada (p, j), (q, j), ..., y (v, j) y que los tiempos más tempranos de ocurrencia de los eventos (nodos) p, q, ..., y v ya se han calculado, entonces se calcula el tiempo más temprano de ocurrencia del evento j como sigue:

$$\square_j = \text{máx} \{ \square_p + D_{pj}, \square_q + D_{qj}, \dots, \square_v + D_{vj} \}$$

El paso hacia adelante se termina cuando se calcula  $\square_n$  en el nodo n. Por definición,  $\square_j$  representa la ruta (duración) más larga al nodo j.

**Paso hacia atrás** (tiempos más tardíos de ocurrencia o tiempos más lejanos de ocurrencia,  $\Delta$ ). Después de terminar el paso hacia adelante, los cálculos del paso hacia atrás comienzan en el nodo n y terminan en el nodo 1.

**Paso inicial.** Igualar  $\Delta_n = \square_n$  para indicar que las ocurrencias más temprano y más tardío del último nodo en el proyecto son iguales.

**Paso general j.** Dado que los nodos p, q, ... y v están enlazados en forma directa con el nodo j por actividades de salida (j, p), (j, q), y (j, v), y que ya se calcularon los

tiempos más tardíos de los nodos p, q, y v, el tiempo tardío del nodo j se calcula como sigue:

$$\Delta_j = \text{mín} \{ \Delta_p - D_{jp}, \Delta_q - D_{jq}, \dots, \Delta_v - D_{jv} \}$$

El paso hacia atrás se termina cuando se calcula 1 en el nodo 1.

Con base en los cálculos anteriores, una actividad (i, j) será crítica si satisface tres condiciones:

1.  $\Delta_i = \square_i$
2.  $\Delta_j = \square_j$
3.  $\Delta_j - \Delta_i = \square_j - \square_i = D_{ij}$

Las tres condiciones indican que los tiempos más tempranos y más tardíos de ocurrencia de los nodos i y j son iguales, y que la duración  $D_{ij}$  se ajusta exactamente al intervalo especificado de tiempo. Una actividad que no satisface las tres condiciones es no crítica.

Las actividades críticas de una red deben formar una trayectoria no interrumpida que abarque toda la red, desde el inicio hasta el final. Ver figura 26.

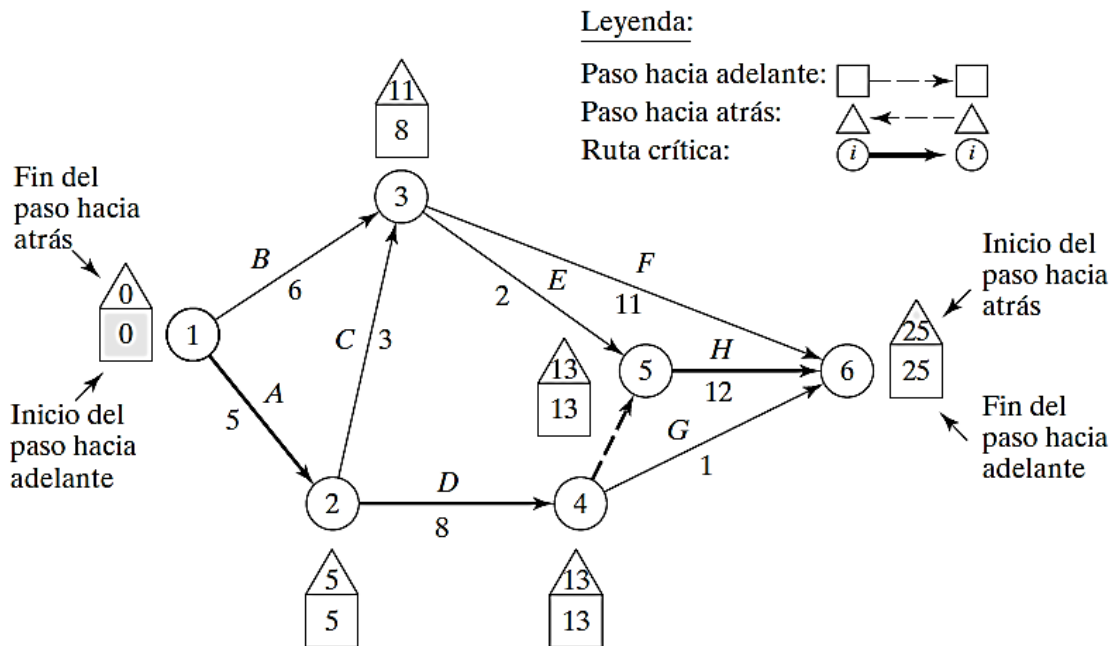


Figura 26. Ejemplo Cálculo de la Ruta Crítica

### PERT (Project Evaluation and Review Techniques)

La distribución de tiempo que supone el PERT para una actividad es una distribución beta. La distribución para cualquier actividad se define por tres estimados:

1. El estimado de tiempo más optimista, **a**, donde se supone que la ejecución va extremadamente bien.
2. El estimado de tiempo más probable, **m**, donde se supone que la ejecución se hace bajo condiciones normales.
3. El estimado de tiempo más pesimista, **b**, donde se supone que la ejecución va extremadamente mal.

Se supone que el intervalo (a, b) abarca todas las estimaciones posibles de la duración de una actividad. Por consiguiente, el estimado m debe estar en algún lugar dentro del intervalo (a, b). Con base en los estimados (o estimaciones), el tiempo promedio de duración  $\bar{D}$ , y la varianza  $v$ , se calculan como sigue:

$$\bar{D} = \frac{a + 4m + b}{6}$$

$$v = \left( \frac{b - a}{6} \right)^2$$

Ahora es posible estimar la probabilidad de que un nodo “x” en la red suceda en un tiempo programado especificado con anterioridad

Ejemplo:

Se tiene el siguiente proyecto del ejemplo anterior. Se seleccionaron los valores de a, m y b en la tabla siguiente, de tal modo que  $\bar{D}_{ij} = D_{ij}$  para toda i y j en el ejemplo anterior

**Tabla 13.** Tabla Inicial PERT

Actividad	<i>i-j</i>	( <i>a, m, b</i> )	Actividad	<i>i-j</i>	( <i>a, m, b</i> )
<i>A</i>	1-2	(3, 5, 7)	<i>E</i>	3-5	(1, 2, 3)
<i>B</i>	1-3	(4, 6, 8)	<i>F</i>	3-6	(9, 11, 13)
<i>C</i>	2-3	(1, 3, 5)	<i>G</i>	4-6	(1, 1, 1)
<i>D</i>	2-4	(5, 8, 11)	<i>H</i>	5-6	(10, 12, 14)

La media  $\bar{D}_{ij}$  y la varianza  $V_{ij}$  de las distintas actividades se ve en la tabla de abajo. Observe que para una actividad ficticia (a, b, m) (0, 0, 0), y en consecuencia su media y varianza también son iguales a cero.

**Tabla 14.** Tabla Cálculo de Media y Varianza

Actividad	$i-j$	$\bar{D}_{ij}$	$V_{ij}$	Actividad	$i-j$	$\bar{D}_{ij}$	$V_{ij}$
<i>A</i>	1-2	5	0.444	<i>E</i>	3-5	2	0.111
<i>B</i>	1-3	6	0.444	<i>F</i>	3-6	11	0.444
<i>C</i>	2-3	3	0.444	<i>G</i>	4-6	1	0.000
<i>D</i>	2-4	8	1.000	<i>H</i>	5-6	12	0.444

La tabla siguiente muestra la trayectoria más larga del nodo 1 a los distintos nodos, junto con su media y varianza asociados.

**Tabla 15.** Tabla Cálculo de Rutas

Nodo	Ruta más larga basada en duraciones medias	Media de la ruta	Desviación estándar de la ruta
2	1-2	5.00	0.67
3	1-2-3	8.00	0.94
4	1-2-4	13.00	1.20
5	1-2-4-5	13.00	1.20
6	1-2-4-5-6	25.00	1.37

Por último, en la tabla siguiente se calcula la probabilidad de que cada nodo se realice en un tiempo  $S_j$  preestablecido, especificado por el analista.

**Tabla 16.** Tabla Final Cálculo de Ruta Crítica

Nodo $j$	Ruta más larga	Media de la ruta	Desviación estándar de la ruta	$S_j$	$K_j$	$P\{z \leq K_j\}$
2	1-2	5.00	0.67	5.00	0	.5000
3	1-2-3	8.00	0.94	11.00	3.19	.9993
4	1-2-4	13.00	1.20	12.00	-.83	.2033
5	1-2-4-5	13.00	1.20	14.00	.83	.7967
6	1-2-4-5-6	25.00	1.37	26.00	.73	.7673

(Taha, 1994, págs. 266-285)

## 1.21 Sistema Kanban

Se denomina Kanban a un sistema de control y programación sincronizada de la producción basado en tarjetas (en japonés, Kanban), aunque pueden ser otro tipo de señales. Utiliza una idea sencilla basada en un sistema de tirar de la producción (pull) mediante un flujo sincronizado, continuo y en lotes pequeños, mediante la utilización de tarjetas. Kanban se ha constituido en la principal herramienta para asegurar una alta calidad y la producción de la cantidad justa en el momento adecuado.

El sistema consiste en que cada proceso retira los conjuntos que necesita de los procesos anteriores y éstos comienzan a producir solamente las piezas, subconjuntos y conjuntos que se han retirado, sincronizándose todo el flujo de materiales de los proveedores con el de los talleres de la fábrica y, a su vez, con la línea de montaje final. Las tarjetas se adjuntan a contenedores o envases de los correspondientes materiales o productos, de forma que cada contenedor tendrá su tarjeta y la cantidad que refleja la misma es la que debe tener el envase o contenedor.

De esta forma, las tarjetas Kanban se convierten en el mecanismo de comunicación de las órdenes de fabricación entre las diferentes estaciones de trabajo. Estas tarjetas recogen diferente información, como la denominación y el código de la pieza a fabricar, la denominación y el emplazamiento del centro de trabajo de procedencia de las piezas, el lugar donde se fabricará, la cantidad de piezas a producir, el lugar donde se almacenarán los artículos elaborados, etc.

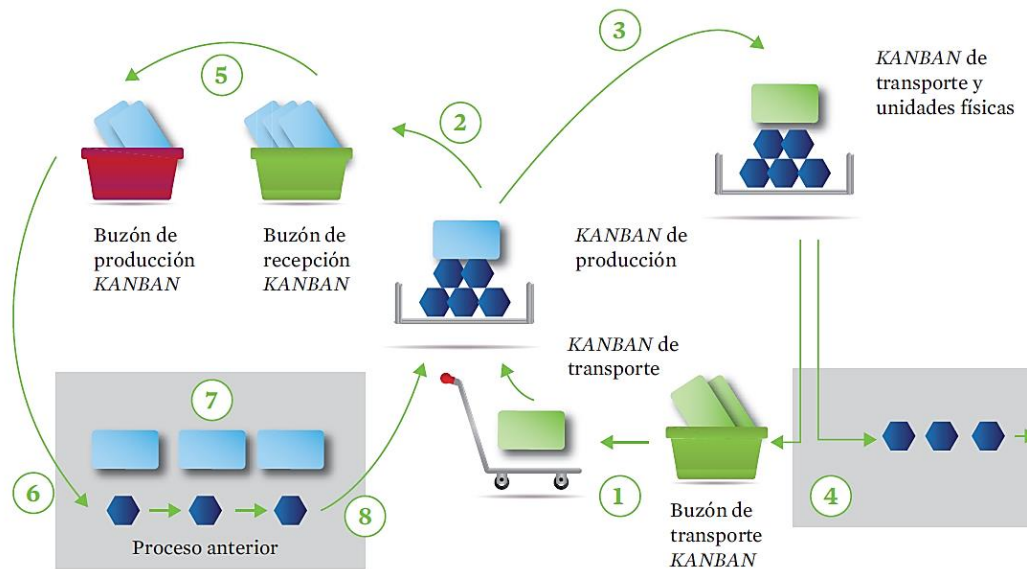
En la figura 27 se distinguen dos tipos de kanban:

El kanban de producción, que indica qué y cuánto hay que fabricar para el proceso posterior.

El kanban de transporte, que indica qué y cuánto material se retirará del proceso anterior.



La principal aportación del uso de estas tarjetas es conseguir el reaprovisionamiento único del material vendido, reduciéndose de este modo, los stocks no deseados.



**Figura 27.** Esquema del Sistema Kanban

(Hdez. Matías & Vizán Idoipe, 2013, págs. 75-77)

**Kanban se implementa en cuatro fases:**

**Fase 1:** Entrenar a todo el personal en los principios de KANBAN, y los beneficios de usarlo.

**Fase 2:** Implementar KANBAN en aquellos componentes con más problemas para facilitar su manufactura y para resaltar los problemas escondidos. El entrenamiento con el personal continúa en la línea de producción.

**Fase 3:** Implementar KANBAN en el resto de los componentes, esto no debe ser problema ya que para esto los operadores ya han visto las ventajas de KANBAN, se deben tomar en cuenta todas las opiniones de los operadores ya que ellos son los que mejor conocen el sistema. Es importante informarles cuando se va estar trabajando en su área.

**Fase 4:** Esta fase consiste de la revisión del sistema KANBAN, los puntos de re orden y los niveles de re orden, es importante tomar en cuenta las siguientes recomendaciones para el funcionamiento correcto de KANBAN:

- a. Ningún trabajo debe ser hecho fuera de secuencia.
- b. Si se encuentra algún problema notificar al supervisor inmediatamente.  
(Champagnat, 2004)

### **Pasos Para Configurar tu Estrategia de Kanban**

- 1. Definir el Flujo de Trabajo de los Proyectos:** para ello, simplemente deberemos crear nuestro propio tablero, que deberá ser visible y accesible por parte de todos los miembros del equipo. Cada una de las columnas corresponderá a un estado concreto del flujo de tareas, que nos servirá para saber en qué situación se encuentra cada proyecto. El tablero debe tener tantas columnas como estados por los que pasa una tarea, desde que se inicia hasta que finaliza (Por ejemplo: diagnóstico, definición, programación, ejecución, testing, etc.).
  
- 2. Visualizar las fases del ciclo de producción.** Kanban se basa en el principio de desarrollo incremental, dividiendo el trabajo en distintas partes. Esto significa que no hablamos de la tarea en sí, sino que lo dividimos en distintos pasos para agilizar el proceso de producción.  
Normalmente cada una de esas partes se escribe en un post-it y se pega en el tablero, en la fase que corresponda. Dichos post-its contienen la información básica para que el equipo sepa rápidamente la carga total de trabajo que supone: normalmente descripción de la tarea con la estimación de horas. Además, se pueden emplear fotos para asignar responsables, así como también usar tarjetas con distintas formas para poner observaciones o indicar bloqueos (cuando una tarea no puede hacerse porqué depende de otra). Al final, el objetivo de la visualización es clarificar al máximo el trabajo a realizar, las tareas asignadas a cada equipo de trabajo (o departamento), así como también las prioridades y la meta asignada.

3. **Stop Starting; start finishing (Detener el arranque; comenzar a terminar).** Este es el lema principal de la metodología Kanban. De esta manera, se prioriza el trabajo que está en curso en vez de empezar nuevas tareas. Precisamente, una de las principales aportaciones del Kanban es que el trabajo en curso debe estar limitado y, por tanto, existe un número máximo de tareas a realizar en cada fase. no se puede abrir una nueva tarea sin finalizar otra.
  
4. **Control del Flujo.** la metodología Kanban no se aplica a un único proyecto, sino que mezcla tareas y proyectos. Se trata de mantener a los trabajadores con un flujo de trabajo constante, las tareas más importantes en cola para ser desarrolladas y un seguimiento pasivo para no tener que interrumpir al trabajador en cada momento. Asimismo, dicha metodología de trabajo nos permite hacer un seguimiento del trabajo realizado, almacenando la información que nos proporcionan las tarjetas. (Gilibets, 2013)



Figura 28. Ejemplo de Tablero y Tarjeta Kanban

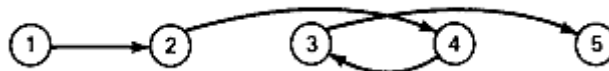
## 1.22 Diagrama de Recorrido

Los diagramas de flujo (vea las figuras 29 y 30) muestran la trayectoria que recorre cada parte, desde la recepción, los almacenes, la fabricación de cada parte, el subensamble, el ensamble final, el empaque, el almacenamiento y el envío. Estas trayectorias se dibujan en una distribución de la planta.

El diagrama de flujo pondrá de manifiesto factores como tráfico cruzado, retrocesos y distancia recorrida.

**Tráfico Cruzado:** El tráfico cruzado ocurre donde las líneas de flujo se cruzan. Es indeseable y una mejor distribución tendrá pocas trayectorias que se intersequen. Cualquier cruce de tráfico es un problema, debido a las complicaciones de congestión y seguridad que provoca. La mayor parte del tráfico cruzado se elimina con la colocación apropiada del equipo, los servicios y los departamentos.

**Retroceso:** El retroceso es el movimiento hacia atrás del material en la planta. Los materiales deberían moverse siempre hacia el extremo de envíos de la planta. Si se mueve hacia la recepción, va hacia atrás. El retroceso cuesta lo triple que el flujo correcto. Por ejemplo, considere cinco departamentos así:



¿Cuántas veces se movió el material entre los departamentos 3 y 4? ¡Tres veces! Dos veces hacia adelante y una hacia atrás. Si esta planta se reacomodara y cambiara alrededor de los departamentos 3 y 4, se tendría el flujo directo, así:



### Distancia recorrida

Recorrer distancia cuesta dinero. Entre menor distancia de viaje haya, mejor. El diagrama de flujo se desarrolla sobre una distribución, y es fácil darle una escala para calcular la distancia de recorrido. Con el reacomodo de máquinas o departamentos es posible disminuir las distancias de viaje. El objetivo es poner de manifiesto todas las distancias que recorre una parte y encontrar maneras de reducir el total.

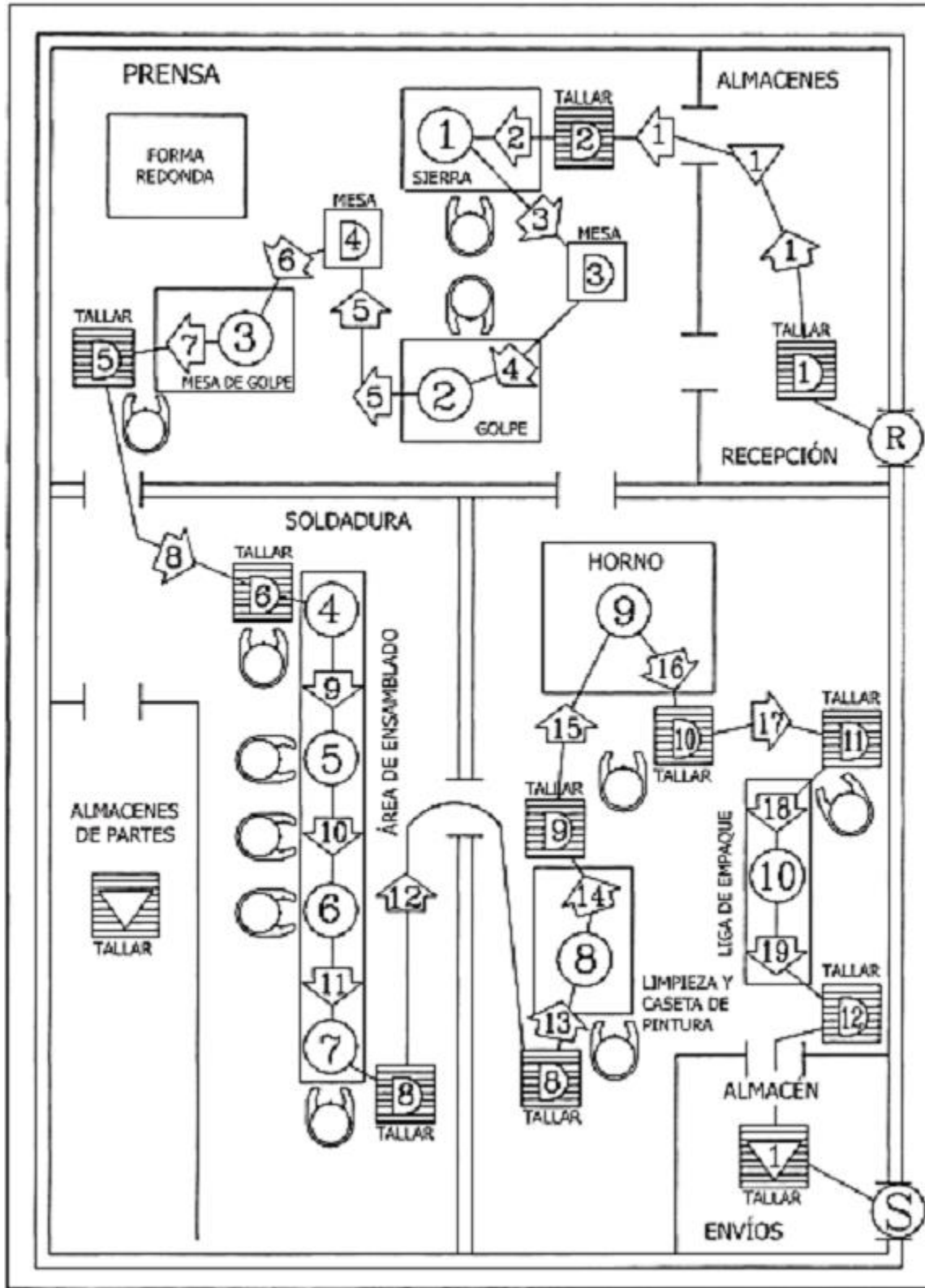
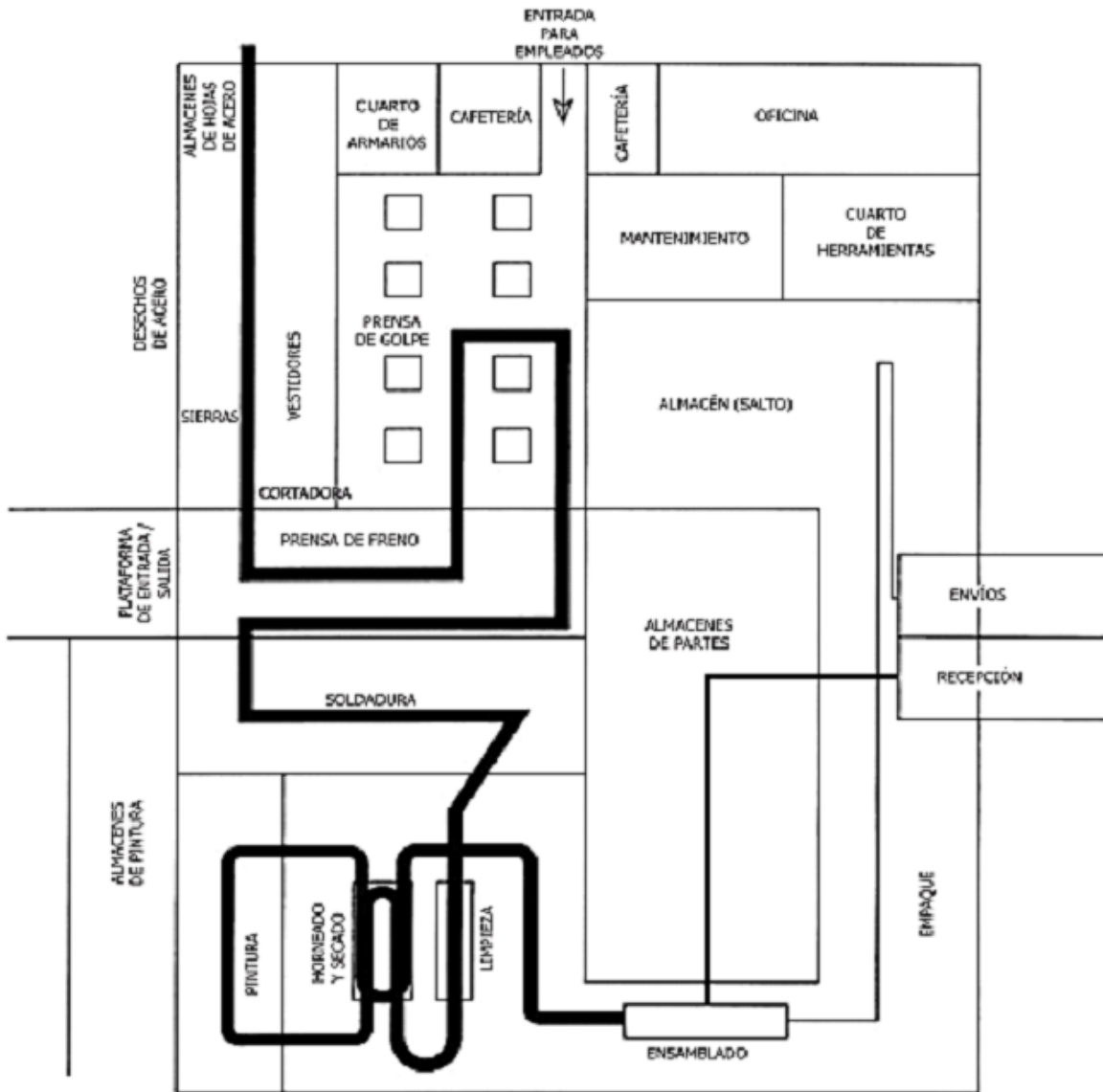


Figura 29. Diagrama de Flujo



**Figura 30.** Diagrama de Flujo, Planta de Cajas de Herramientas

El diagrama de flujo se desarrolla a partir de la información de una hoja de ruta, el balanceo de la línea de ensamble y los planos. La hoja de ruta especifica la secuencia de fabricación de cada parte del producto. Esta secuencia de etapas necesaria para fabricar una parte es muy práctica y da cabida a la flexibilidad. Una etapa puede tener lugar antes o después de otra, dependiendo de las condiciones. Si es posible, la secuencia de etapas debe ser cambiada para adaptarla a la distribución, porque esto requiere sólo el cambio del trabajo realizado en papel. Pero si la secuencia de operaciones no puede modificarse y el diagrama de flujo muestra



retrocesos, quizá sea necesario mover los equipos. El objetivo siempre será “hacer una parte de alta calidad del modo más barato y eficiente posible”.

### **Procedimiento Paso a Paso Para Desarrollar un Diagrama de Flujo**

**Paso 1.** El diagrama de flujo comienza con una distribución, existente o propuesta, dibujada a escala.

**Paso 2.** A partir de la hoja de ruta, se dibuja cada etapa de la fabricación de cada parte, se conecta con una línea y se emplean códigos de color u otros métodos para distinguir los elementos diferentes.

**Paso 3.** Una vez que todas las partes han sido fabricadas, se reúnen en una secuencia específica en la línea de ensamblado. La posición de la línea estará determinada por el punto del que provienen las partes individuales. En la línea de ensamblado todas las líneas de flujo se reúnen y van como una sola hacia el empaclado, el almacén y el envío. Un diagrama de flujo bien pensado será la mejor técnica para desarrollar la distribución de la planta.

(Meyers & Stephens, 2006, págs. 152-155)

## **1.23 Diagrama de Precedencias**

### **Balanceo de la Línea de Ensamble**

Los propósitos de la técnica de balanceo de la línea de ensamble son los siguientes:

1. Igualar la carga de trabajo de los ensambladores.
2. Identificar la operación que constituya el cuello de botella.
3. Establecer la velocidad de la línea de ensamble.
4. Determinar el número de estaciones de manufactura.
5. Calcular el costo de la mano de obra de ensamblado y empaque.
6. Establecer la carga de trabajo porcentual de cada operador.
7. Auxiliar en la distribución de la planta.
8. Reducir el costo de producción.


La técnica de balanceo de la línea de ensamble construye sobre la gráfica de ensamble los estándares de tiempo y la tasa de producción de la planta (tasa del proceso, o valor R) se calcula en la última sección.

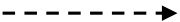
El objetivo del balanceo de la línea de ensamble es dar a cada operador una cantidad de trabajo lo más parecida posible. Esto puede lograrse sólo con el desglose de las tareas en los movimientos básicos que se requieren para hacer cada pieza de trabajo y re ensamblar las tareas en labores con casi el mismo valor en cuanto a tiempo. La estación (o estaciones) con el requerimiento más grande de tiempo se denota como la estación del 100 por ciento, y limita la salida de la línea de ensamble. Si los ingenieros industriales quieren mejorar la línea (reducir costos), se concentran en dicha estación. Si en el ejemplo anterior se redujera la estación del 100% por debajo del 1%, se ahorraría el equivalente de 0.25 personas, es decir, un factor de 25 a 1. (Meyers & Stephens, págs. 109-106)

### **Definición de las Actividades**

Definir las Actividades es el proceso de identificar y documentar las acciones específicas que se deben realizar para generar los entregables del proyecto. El beneficio clave de este proceso es el desglose de los paquetes de trabajo en actividades que proporcionan una base para la estimación, programación, ejecución, monitoreo y control del trabajo del proyecto.

Existen dos tipos de actividades:

**Reales:** representadas por una flecha de línea continua y representa una actividad que consume recursos a la vez indica una relación de precedencia. 

**Ficticias:** que no consumen recursos, pero si indica una relación de precedencia. 

### **Secuenciar las Actividades**

Secuenciar las Actividades es el proceso que consiste en identificar y documentar las relaciones entre las actividades del proyecto. El beneficio clave de este proceso



reside en la definición de la secuencia lógica de trabajo para obtener la máxima eficiencia teniendo en cuenta todas las restricciones del proyecto.

### **Lista de Actividades**

La lista de actividades es una lista exhaustiva que incluye todas las actividades del cronograma necesarias para el proyecto. La lista de actividades incluye para cada actividad, el identificador de la misma y una descripción del alcance del trabajo, con el nivel de detalle suficiente para que los miembros del equipo del proyecto comprendan el trabajo que deben realizar. Cada una de las actividades debería tener un título único que describa su ubicación dentro del cronograma, aun cuando ese título de actividad se muestra fuera del contexto del cronograma del proyecto.

### **Atributos de las Actividades**

Los atributos de las actividades amplían la descripción de la actividad, al identificar los múltiples componentes relacionados con cada una de ellas. Los componentes de cada actividad evolucionan a lo largo del tiempo. Durante las etapas iniciales del proyecto, estos atributos incluyen el identificador de la actividad (ID), y la etiqueta o el nombre de la actividad; una vez terminadas, pueden incluir códigos de actividad, descripción de actividad, actividades predecesoras, actividades sucesoras, relaciones lógicas, adelantos y retrasos, requisitos de recursos, fechas obligatorias, restricciones y supuestos.

### **Método de Diagramación por Precedencia**

El método de diagramación por precedencia (PDM) es una técnica utilizada para construir un modelo de programación en el cual las actividades se representan mediante nodos y se vinculan gráficamente mediante una o más relaciones lógicas para indicar la secuencia en que deben ser ejecutadas.

El PDM incluye cuatro tipos de dependencias o relaciones lógicas: ***Dependencias obligatorias, discrecionales, externas, internas.***

Una actividad predecesora es una actividad que precede desde el punto de vista lógico a una actividad dependiente de la misma en un cronograma. Una actividad sucesora es una actividad dependiente que ocurre de manera lógica después de otra actividad en un cronograma. A continuación, se enlistan las relaciones lógicas para el diagrama de precedencia.

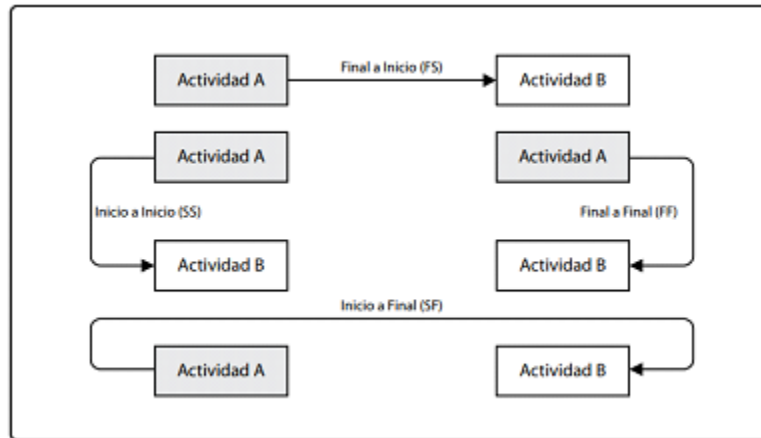
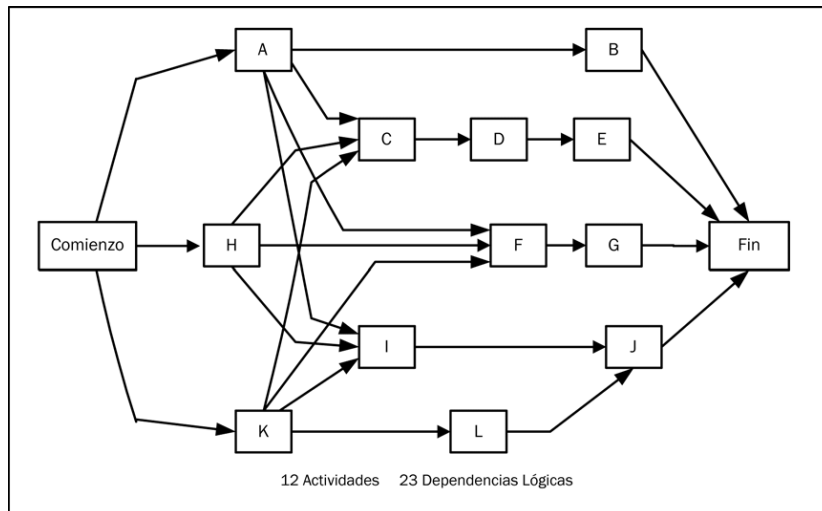


Figura 31. Tipos de Relaciones del Método (PDM)

- **Final a Inicio (FS).** Se trata de una relación lógica en la cual una actividad sucesora no puede comenzar hasta que haya concluido una actividad predecesora. Ejemplo: La ceremonia de entrega de premios (sucesora) no puede dar comienzo mientras la carrera (predecesora) no haya concluido.
- **Final a Final (FF).** Se trata de una relación lógica en la cual una actividad sucesora no puede finalizar hasta que haya concluido una actividad predecesora. Ejemplo: Es necesario terminar de redactar un documento (predecesora) antes de que pueda finalizar su edición (sucesora).
- **Inicio a Inicio (SS).** Se trata de una relación lógica en la cual una actividad sucesora no puede comenzar hasta que haya comenzado una actividad predecesora. Ejemplo: Nivelar el cemento (sucesora) no puede comenzar antes de comenzar a verter los cimientos (predecesora).
- **Inicio a Final (SF).** Una relación lógica en la cual una actividad sucesora no puede finalizar hasta que la predecesora haya comenzado. Ejemplo: El primer turno de vigilancia de seguridad (sucesora) no puede finalizar mientras no haya comenzado el segundo turno (predecesora).

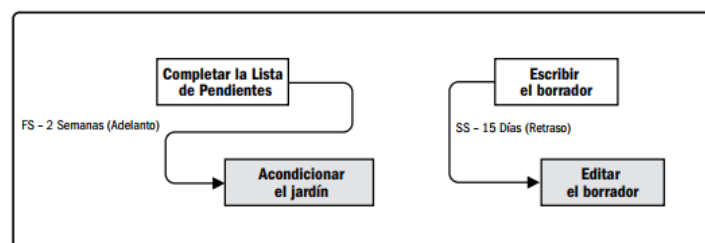


**Figura 32.** Método de Diagramación por Precedencia (PDM)

### Adelantos y Retrasos

Un adelanto es la cantidad de tiempo en que una actividad sucesora se puede anticipar con respecto a una actividad predecesora. Esto se representaría como una relación lógica final a inicio, con un adelanto de dos semanas, tal y como se muestra en la figura 33.

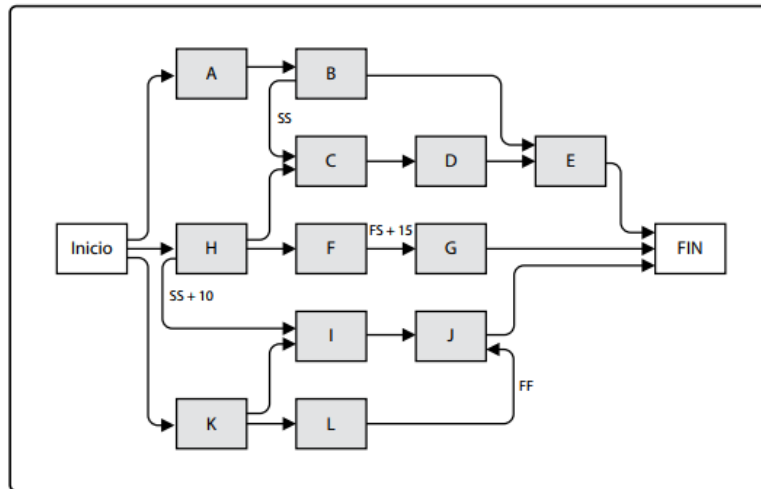
Un retraso consiste en la cantidad de tiempo en que una actividad sucesora se retrasa con respecto a una actividad predecesora. Esto se puede representar como una relación lógica inicio a inicio con un retraso de 15 días, como muestra la figura 34, el retraso se puede representar en un diagrama de red del cronograma del proyecto; tal es el caso de la relación entre las actividades H e I, como indica la nomenclatura SS+10 (inicio a inicio más 10 días de retraso) aunque no se muestra la desviación en relación con una escala de tiempo.



**Figura 33.** Ejemplos de Adelantos y Retrasos

### Diagramas de Red del Cronograma del Proyecto

Un diagrama de red del cronograma del proyecto es una representación gráfica de las relaciones lógicas, también denominadas dependencias, entre las actividades del cronograma del proyecto.



**Figura 34.** Diagrama de Red del Cronograma del Proyecto

### Estimar la Duración de las Actividades

1. Estimación Análoga
2. Estimación Paramétrica
3. Estimación por Tres Valores: Más probable, Optimista, Pesimista

(PMI, 2013, págs. 149-170)

### 1.24 Método Kilbridge y Wester (Método de las Columnas)

El método Kilbridge and Wester considera restricciones de precedencia entre las actividades, buscando minimizar el número de estaciones para un tiempo de ciclo dado.

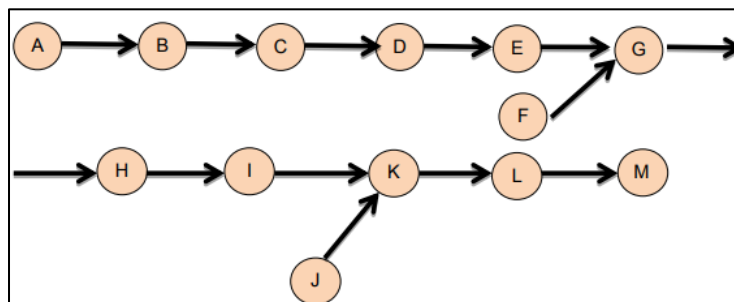
Ejemplo de Aplicación

**Empresa Nicole S.A.**

**Tabla 17.** Tabla de Tiempos por Tarea y Tabla de Precedencias

	OPERACIONES	REFERENCIA OPERACIÓN	MÁQUINA	ESTÁNDAR		OPERACIONES	PRECEDENCIA	TIEMPO
A	MARQUILLAR ESPALDA	MAESOL	PLANA	0,206	A	MARQUILLAR ESPALDA	-	0,206
B	UNIR 1 HOMBRO	UN1HFIL	FILETEADORA	0,18	B	UNIR 1 HOMBRO	A	0,18
C	SESGAR CUELLO	SECUSE	SESGADORA	0,337	C	SESGAR CUELLO	B	0,337
D	UNIR 2 HOMBRO	UN2HFI	FILETEADORA	0,206	D	UNIR 2 HOMBRO	C	0,206
E	REMATAR 2DO HOMBRO	RE2HPL	FILETEADORA	0,149	E	REMATAR 2DO HOMBRO	D	0,149
F	DOBLADILLAR MANGAS	DOMA2A	RECUBRIDORA	0,474	F	DOBLADILLAR MANGAS	-	0,474
G	MONTAR MANGAS	MOMAFI	FILETEADORA	0,612	G	MONTAR MANGAS	E, F	0,612
H	CERRAR LADOS CASA RAYAS	CELACAFI	FILETEADORA	1,188	H	CERRAR LADOS CASA RAYAS	G	1,188
I	DOBLADILLAR RUEDO	DORU2A	RECUBRIDORA	0,493	I	DOBLADILLAR RUEDO	H	0,493
J	REMATAR MANGAS	REMAPL	PLANA	0,215	J	REMATAR MANGAS	-	0,215
K	PULIR	PUXMN	MANUAL	0,5	K	PULIR	I, J	0,5
L	REVISAR PRENDA		MANUAL	0,3	L	REVISAR PRENDA	K	0,3
M	EMPACAR PRENDA		MANUAL	0,733	M	EMPACAR PRENDA	L	0,733
	<b>TOTAL</b>			<b>5,593</b>				

Diagrama de precedencias:



**Figura 35.** Diagrama de Precedencias

La producción esperada en un turno de 8 horas es de 813 unidades, por lo tanto, el Tiempo Ciclo es calculado de la siguiente forma:

$$TC = \frac{\text{Tiempo de producción por día}}{\text{Output por día (en unidades)}} \qquad TC = \frac{8 \frac{hr}{día} \times 60 \frac{min}{hr}}{813 \frac{unid}{día}}$$

$$TC = 0.59 \approx 0.6 \frac{min}{unid}$$

Para el cálculo del número mínimo de estaciones a asignar al proceso de producción se utiliza el siguiente procedimiento:

$$NME = \frac{\text{Suma de tiempo de tareas (T)}}{\text{Tiempo ciclo (C)}} \qquad NME = \frac{5.593 \text{ min}}{0.59 \frac{min}{unid}}$$

$$NME = 9.47 \approx 10 \text{ unid}$$

Con la relación de precedencia establecida en la figura x, se realizará la respectiva aplicación del método Helgeson and Birnie, ya que se realizará los pesos posicionales de cada operación dentro del proceso.

**Aplicación del Método Heurístico Kilbridge and Wester.**

	OPERACIONES	PRECEDENCIA	TIEMPO	TAREAS ACUMULADAS	TIEMPO ACUMULADO
A	MARQUILLAR ESPALDA	NA	0,206	A- B- C- D- E-G-H-I-K-L-M	4,904
B	UNIR 1 HOMBRO	A	0,18	B- C- D- E-G-H-I-K-L-M	4,698
C	SESGAR CUELLO	B	0,337	C- D- E-G-H-I-K-L-M	4,518
D	UNIR 2 HOMBRO	C	0,206	D- E-G-H-I-K-L-M	4,181
E	REMATAR 2DO HOMBRO	D	0,149	E-G-H-I-K-L-M	3,975
F	DOBLADILLAR MANGAS	NA	0,474	F-G-H-I-K-L-M	4,3
G	MONTAR MANGAS	E, F	0,612	G-H-I-K-L-M	3,826
H	CERRAR LADOS CASA RAYAS	G	1,188	H-I-K-L-M	3,214
I	DOBLADILLAR RUEDO	H	0,493	I-K-L-M	2,026
J	REMATAR MANGAS	NA	0,215	J-K-L-M	1,748
K	PULIR	I, J	0,5	K-L-M	1,533
L	REVISAR PRENDA	K	0,3	L-M	1,033
M	EMPACAR PRENDA	L	0,733	M	0,733

**Figura 36.** Tareas Acumuladas

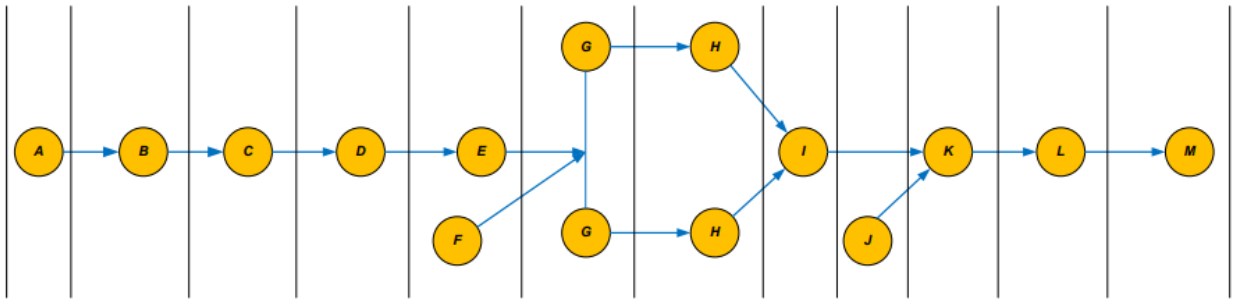
	OPERACIONES	PRECEDENCIA	TIEMPO	ACUMULADO
A	MARQUILLAR ESPALDA	NA	0,21	4,904
B	UNIR 1 HOMBRO	A	0,18	4,698
C	SESGAR CUELLO	B	0,34	4,518
F	DOBLADILLAR MANGAS	NA	0,47	4,300
D	UNIR 2 HOMBRO	C	0,21	4,181
E	REMATAR 2DO HOMBRO	D	0,15	3,975
G	MONTAR MANGAS	E, F	0,61	3,826
H	CERRAR LADOS CASA RAYAS	G	1,19	3,214
I	DOBLADILLAR RUEDO	H	0,49	2,026
J	REMATAR MANGAS	NA	0,22	1,748
K	PULIR	I, J	0,50	1,533
L	REVISAR PRENDA	K	0,30	1,033
M	EMPACAR PRENDA	L	0,73	0,733

**Figura 37.** Precedencias y Tiempo Acumulado.

Teniendo en cuenta lo anterior, el método se efectúa bajo la siguiente estructura lógica:

**Paso 1:** Construya el diagrama de precedencia de tal manera que los nodos, representando los elementos de trabajo de idéntica precedencia, estén ordenados

verticalmente en columnas.

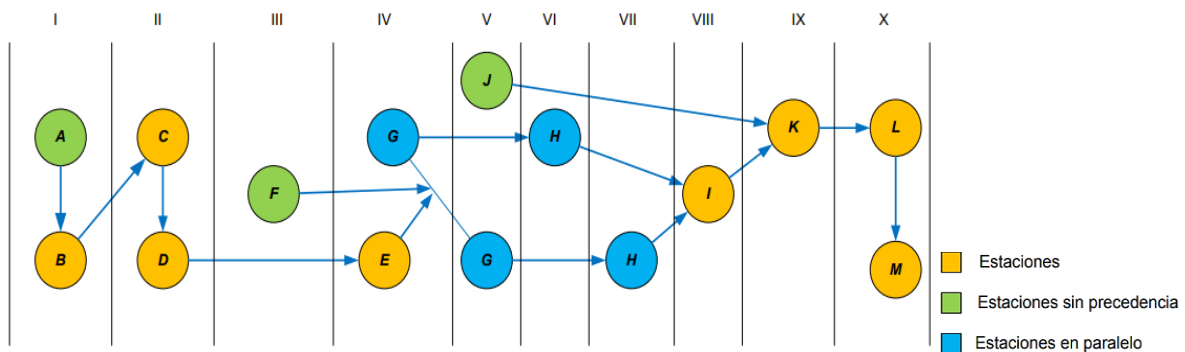


**Figura 38.** Diagrama de Precedencias Método Kilbridge and Wester.

**Paso 2:** Liste los elementos en el orden de la columna a que corresponden, columna 1 encabezando la lista. Si un elemento puede ubicarse en más de una columna, liste todas las columnas para tal elemento, indicando de este modo la transferibilidad del mismo.

- Incluya también la tabla.
- El valor de tiempo para cada elemento.
- La suma de los valores de tiempo para cada columna.

**Paso 3:** para asignar los elementos a las estaciones de trabajo, comience con los elementos de la columna 1. Se continúa la asignación en el orden del número de la columna, hasta que el tiempo de ciclo sea alcanzado o bien que el candidato correspondiente provoque que dicho tiempo se exceda. El proceso de asignación continúa en esta forma hasta terminar con todos los elementos.



**Figura 39.** Diagrama de Asignación de Tareas con el Método Kilbridge and Wester

ESTACIÓN	TAREAS	TIEMPOS	TIEMPO TOTAL	TIEMPO ACUMULADO
I	A,B	0,21; 0,18	0,39	0,39
II	C,D	0,34; 0,21	0,55	0,94
III	F	0,47	0,47	1,41
IV	E,G	0,15; 0,3	0,45	1,86
V	G,J	0,3; 0,22	0,52	2,38
VI	H	0,59	0,59	2,97
VII	H	0,59	0,59	3,56
VIII	I	0,49	0,49	4,05
IX	K	0,5	0,5	4,55
X	L,M	0,3	0,3	4,85

**Figura 40.** Precedencias y Tiempo Acumulado Método Kilbridge and Wester.

El Método Heurístico Kilbridge and Wester como se puede apreciar en el análisis anterior, puede ser muy útil cuando se necesite realizar un balance de línea de manera rápida; aunque cabe resaltar que éste modelo por ser de solución gráfica va a depender mucho de la apreciación que tenga el investigador o la persona encargada de realizar el estudio.

El cálculo de la eficiencia se efectúa según la siguiente fórmula:

$$\%Eficiencia = \frac{\text{Suma de tiempo acumulado en estaciones } (T)}{\text{Núm. real de estaciones de trabajo } (N) \times \text{Tiempo ciclo } (C)}$$

$$\%Eficiencia = \frac{4.85min}{10 \text{ Estaciones} \times 0.6 \frac{min.}{unidad}}$$

$$\%Eficiencia = 0.808 \frac{unidades}{estación}$$

$$Eficiencia = 80.8\%$$

(Pinzón Salazar & Santa Luna, 2013)

### 1.25 Teoría de Restricciones y Tiempo Tacto (TOC)

Al gestionar una empresa, muchas personas cometen el error de pensar en la organización como un conjunto de partes y no como un todo, donde las acciones de cada departamento repercuten en el desempeño global.



Un ejemplo, en una fábrica de zapatillas, sería: el área comercial recibe un pedido de determinadas unidades. Sin embargo, las limitaciones en la gestión de logística no permiten a la organización abastecerse de la materia prima necesaria, ralentizando la producción y perjudicando la distribución y posterior comercialización. El desempeño global de la empresa se ve perjudicado por la ineficiente gestión de un departamento. Casos como este son explicados a través de la teoría de las restricciones, conocida también por su acrónimo en inglés: TOC (Theory of Constraints).

Formulada por el físico y empresario israelí Eliyahu M. Goldratt, la teoría de las restricciones es una filosofía de gestión que se basa en los métodos de la ciencia para interpretar y optimizar sistemas integrados. Esta teoría postula que, en un proceso multitarea, independientemente del ámbito en el que se desarrolle, el ritmo será dictado por el 'engranaje' más lento. Si se toma como referencia el ejemplo anterior, es claro que el ritmo de producción, distribución y comercialización se ve limitado por la velocidad de las tareas de abastecimiento. Este último se convierte en una restricción que perjudica el proceso. (ESAN, 2015)

Eliyahu Goldratt cómo resumiría la teoría de las restricciones en una frase: “Focus” (focalizar). Focalizar es una de las claves de TOC: centrarse incluso más que con la habitual regla 80/20. De hecho, el principio de Pareto en un sistema de variables dependientes se acerca más a un comportamiento de 99/1. Esto refleja que, en un sistema que actúa como una cadena donde su rendimiento está limitado por su eslabón más débil (la restricción), sólo habrá un eslabón que sea el más débil y que una pequeña parte del sistema tiene un elevado impacto en el resultado final. Cuando la restricción del sistema es un cuello de botella relativamente fácil de identificar de forma objetiva (por ejemplo, una restricción física como una máquina o el espacio de un almacén), se puede aplicar the five focusing steps (o focalizar en cinco pasos):

### **The Five Focusing Steps**

**Paso 1. Identificar la restricción inicial del sistema.** Determinar la capacidad máxima operativa de cada proceso en volumen de producción por unidad de tiempo; una vez obtenidas las capacidades, se determina cual es la más crítica para el sistema, la que más restringe al sistema. Si lo que estamos gestionando son los cuellos de botella sucesivos de un proceso individual, efectuamos un VSM actual para determinar todas las operaciones que afectan al proceso actualmente para mejorarlo en el futuro y se hace un “barrido” del actual y los posibles futuros cuellos de botella o restricciones.

Se determina el tiempo ciclo de cada una de las operaciones y se comparan contra el takt time o ritmo a que el cliente necesita se le suministren sus requerimientos. Cualquier tiempo de ciclo de cualquier operación que sea mayor que el takt time es una restricción y deben ser solventadas (priorizándolas) para poder satisfacer los requerimientos del cliente.

Las restricciones pueden ser muy diferentes para cada familia de productos de cada empresa. Como normalmente los recursos son limitados en todas las empresas, se debe optar por comenzar con el proceso y familia de productos que más le interesa a la organización mejorar.

**Paso 2. Decidir cómo explotar las restricciones del sistema.** Implica buscar la forma de obtener la mayor producción posible de la restricción.

Lean manufacturing (Manufactura Esbelta) busca gestionar las restricciones a través de medios simples y sencillos, empleando principalmente el talento humano, usando las herramientas y conceptos de LM en lugar de proceder a realizar grandes inversiones. Las soluciones de LM son: TPM, SMED, Células de trabajo, Kaizen, personal versátil, etc. Una alternativa adicional podría ser la utilización de outsourcing para complementar el trabajo que no alcanza a realizar el cuello de botella o representa una debilidad.

**Paso 3. Subordinar todo a la restricción anterior.** Este paso consiste en obligar al resto de los recursos a funcionar a un ritmo que marca la restricción del sistema

(habiendo tomado en cuenta el procedimiento que se usara para explotarla), según fue definido en el paso anterior. Como la empresa es un sistema, existe interdependencia entre los recursos que la componen, por tal motivo no tiene sentido exigir a cada recurso que actúe obteniendo el máximo rendimiento respecto de su capacidad individual propia, solo se le debe exigir que actúe de manera que las restricciones puedan ser explotadas según lo enunciado en el segundo paso.

Lo que debería controlar es el takt time, pero existe el cuello de botella, este último es el que realmente controla la velocidad de producción y lo que se busca como mínimo, es igualar el ritmo del cuello de botella controlante con el ritmo del takt time. Si el takt time es mayor que los tiempos de ciclo de las operaciones, significa que se dispone de capacidad de operación excedente para una mayor producción de lo requerido por los clientes actuales y es conveniente, dependiendo del excedente disponible, pensar en nuevos clientes (mayor consumo nacional, exportación, dedicarla a nuevos productos, etc.).

**Paso 4. Elevar las restricciones del sistema.** Ejemplos típicos de elevar las restricciones del sistema son: la compra de una nueva máquina equivalente, complementaria o de mayor capacidad a la restricción, la contratación de más personas con habilidades adecuadas, la incorporación de un nuevo proveedor de los materiales que actualmente son restricción, el cambio de ubicación para satisfacer una demanda de crecimiento. La subcontratación del servicio en el que se tiene la restricción o al menos la parte complementaria, etc.

En general, la tendencia de las empresas es realizar este paso sin haber completado el segundo y tercer paso. Procediendo de este modo estamos aumentando la capacidad del sistema sin haber obtenido aún el máximo provecho del mismo, según como estaba definido originalmente.

**Paso 5. Si en las etapas previas se elimina la restricción, volver al primer paso.**

En cuanto se ha elevado una restricción debemos preguntarnos si ésta sigue siendo tal o si ahora existen otras operaciones con capacidad restrictiva, habiendo pasado

a ser nuevos cuellos de botella bajo las nuevas condiciones. De ser así, se debe volver al primer paso y comenzar nuevamente el proceso de gestión de las nuevas restricciones prioritarias. Como se puede ver, presentando con el formato de TOC realmente existe una gran similitud con los conceptos externados en “Teoría de Restricciones” /TOC Theory Of Constrains) de Eliyahu M. Goldratt y la metodología LM referente a lograr el takt time adecuado que satisfaga el ritmo que establece el cliente. Una pequeña diferencia es que LM busca primero solucionar las restricciones o cuellos de botella en base a sus sencillas herramientas, sin embargo, no descarta otras alternativas como realizar parte del trabajo de un cuello de botella con recursos externos o la adquisición de equipo como medida extrema. Sin embargo, la gran diferencia del TOC con LM es la forma en la que maneja los conceptos contables referentes a todo lo que involucra el aspecto de “Inventario” y la introducción del concepto “Throughput”.

### **TOC Thinking Process**

Cuando las restricciones del sistema no son físicas (por ejemplo, patrones de comportamiento, filosofías de gestión desactualizadas, falta de información, problemas de comunicación interna, etc.) resulta más difícil identificarlas y, en lugar del sistema de focalización de cinco pasos, resulta más útil el proceso de razonamiento de TOC (TOC Thinking Process en inglés).

El TOC Thinking Process es un conjunto de herramientas de razonamiento lógico causa-efecto que ayudan de forma metodizada a responder a las preguntas:

1. What to change? (¿Qué cambiar?)
2. What to change to? (¿Hacia qué cambiar?)
3. How to cause the change? (¿Cómo provocar el cambio?)

Goldratt decía que mientras las dos primeras preguntas eran técnicas, la última, el cómo provocar el cambio, era principalmente psicológica, debido a la resistencia al cambio con la que siempre habrá que lidiar.

(ATOX, 2017)

## 1.26 Diagrama de Ensamble de Operaciones

La gráfica de ensamble (figura 42) muestra la secuencia de operaciones para juntar las partes del producto. El diseñador de la distribución hará el diagrama del proceso de ensamble con el uso del dibujo de desglose (diagrama de operaciones) de la figura 41 y la lista de partes para el producto. La secuencia de ensamble tiene varias alternativas. Para decidir cuál es la mejor, se requieren los estándares de tiempo. Este proceso se conoce como balanceo de la línea de ensamble.

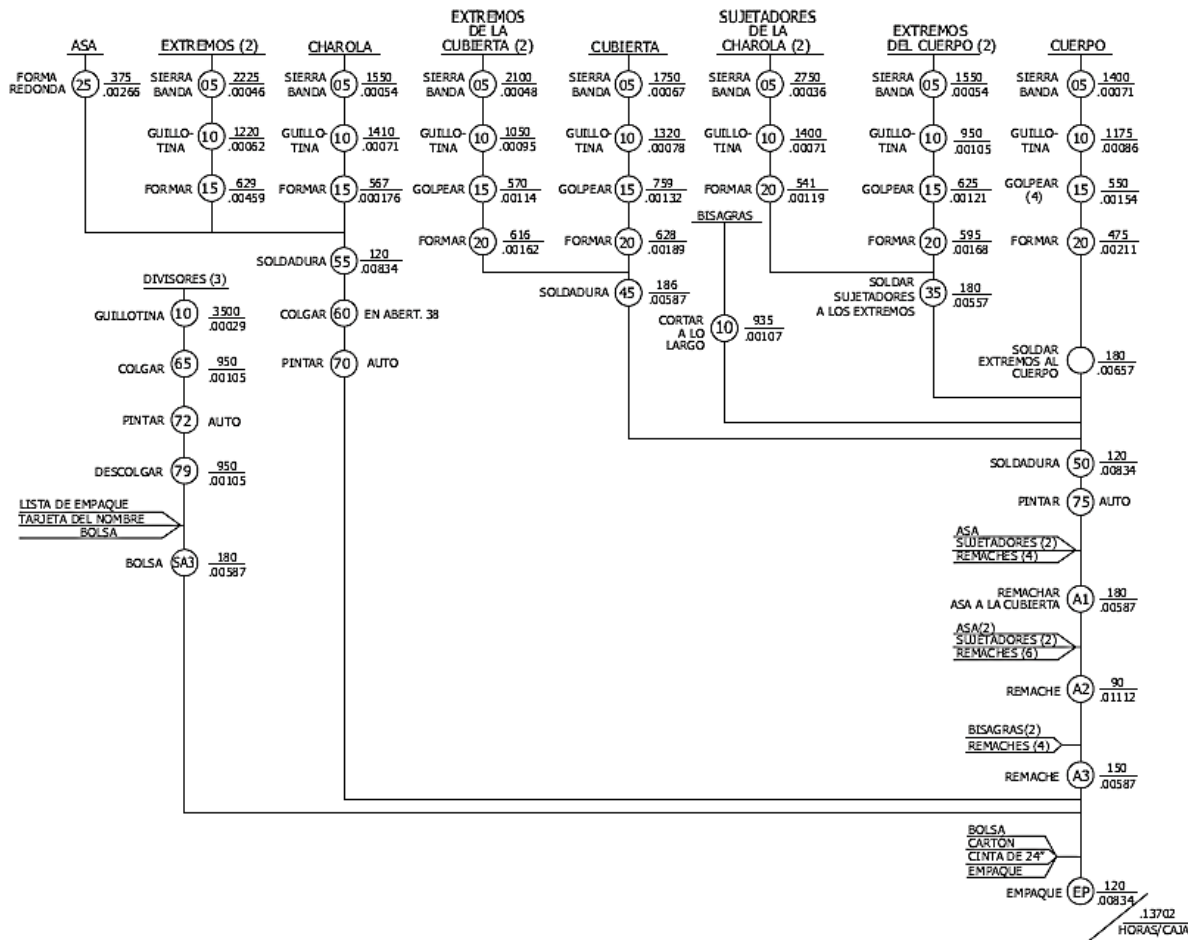


Figura 41. Muestra de Gráfica de Operaciones, Ejemplo de Sub-ensamble.

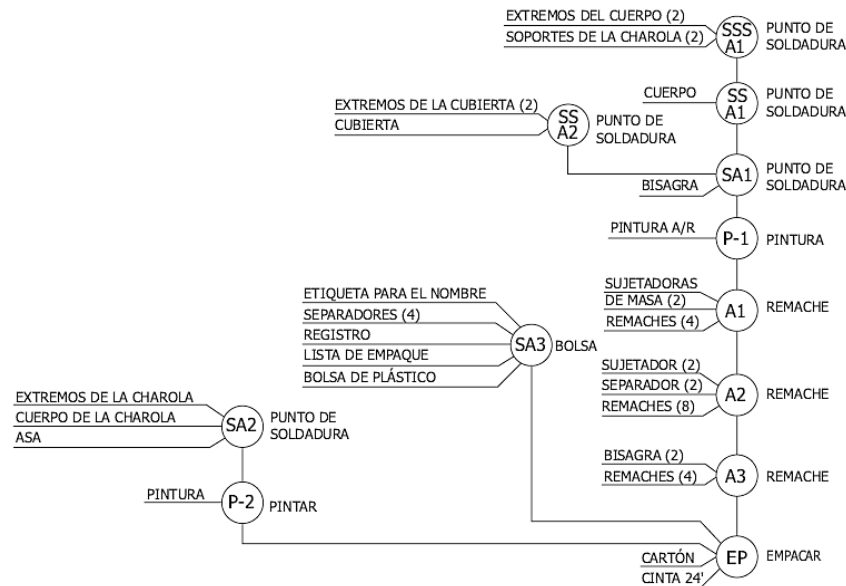


Figura 42. Diagrama de Ensamble

### Estándares de tiempo para cada tarea

Las tareas deben ser tan pequeñas como sea posible, de modo que el diseñador de instalaciones tenga la flexibilidad de dar una a varios ensambladores diferentes (vea la figura 43). Las técnicas para establecer los estándares de tiempo usados en el diseño de la línea de ensamble provienen ya sea de un sistema de estándares de tiempo predeterminados o de datos estándar. Si se tuvieran que ensamblar 10 tornillos, se querría contar con un tiempo estándar (minutos decimales) por tornillo, y otro tiempo separado para mover la tuerca hacia abajo y apretarla, porque este proceso da la máxima flexibilidad. (Meyers & Stephens, 2006)

Núm. de operación	Descripción de la operación	Minutos
SSSA1	Ensamblar y poner dos puntos de soldadura entre dos soportes de la charola y dos extremos del cuerpo	.153 cada uno
SSA1	Soldar dos extremos del cuerpo al cuerpo	.291
SSA2	Soldar dos extremos de la cubierta al cuerpo de la cubierta	.260
SA1	Soldar la bisagra al cuerpo, soldar la cubierta a la bisagra y colgar un transportador elevado	.356
P1	Limpiar, pintar y hornear	automático
A1	Remachar el asa y dos sujetadores a la cubierta	.310
A2	Remachar dos sujetadores para cubrir los del cuerpo	.555
A3	Remachar dos bisagras al cuerpo y la cubierta	.250
SA2	Soldar los extremos de la charola a ésta y agregar el asa. Colgar en el transportador elevado	.415
P2	Limpiar, pintar y hornear la charola	automático
SA3	Bolsa de partes sueltas	.250
EP	Empacar la charola dentro de la caja de herramientas, colocar bolsa de plástico dentro de la caja de herramientas y cerrar. Formar cartón y empacar la caja de herramientas.	.501

Figura 43. Estándares de tiempo del ensamble

## 1.27 Balanceo de Líneas (Heurística de la Utilización Incremental)

En las investigaciones del balanceo de línea se utilizan modelos matemáticos, como es, la programación lineal, la programación entera y la programación dinámica para definir las situaciones que se presentan.

El método heurístico, es decir el método basado en reglas simples, se utiliza para desarrollar buenas soluciones a las situaciones que se presentan, tal vez no las óptimas, pero sí muy buenas soluciones. Entre los métodos heurísticos que se ocupan se encuentran la Heurística de la Utilización Incremental (IU, por sus siglas en inglés) y la Heurística del Tiempo de la Tarea más Larga (LTT, por sus siglas en inglés).

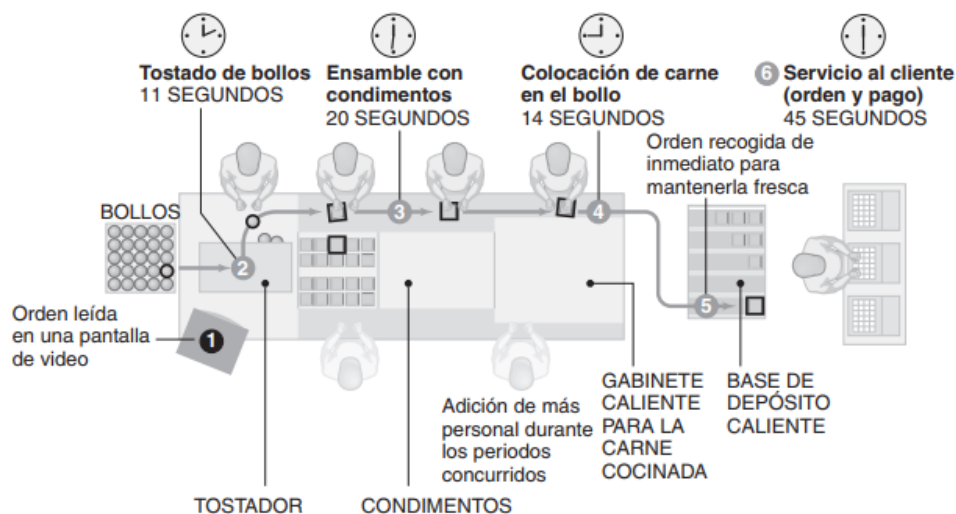
La heurística de la utilización incremental, simplemente va agregando tareas a una estación de trabajo según su orden de procedencia (una a la vez), hasta que se observa una utilización del 100 por ciento o ésta se reduce. Entonces se repite el procedimiento en la siguiente estación de trabajo con las tareas que quedan. La heurística de la utilización incremental es apropiada cuando uno o más tiempos de tarea es igual o mayor que el tiempo del ciclo. (Meyers, 2000, págs. 70-72)

El balanceo de líneas se realiza comúnmente para minimizar el desequilibrio entre máquinas y personal al mismo tiempo que se cumple con la producción requerida de la línea. Con el fin de producir a una tasa especificada, la administración debe conocer las herramientas, el equipo y los métodos de trabajo empleados. Después debe determinar los requerimientos de tiempo para cada tarea de ensamble (por ejemplo, taladrar un agujero, apretar una tuerca o pintar con aerosol una parte). La administración también necesita conocer la relación de precedencia entre las actividades, es decir, la secuencia en que deben realizarse las diferentes tareas.

Una vez construida la gráfica de precedencia que resume las secuencias y los tiempos de ejecución, pasamos a la etapa de agrupar las tareas en estaciones de trabajo para lograr la tasa de producción especificada.

**Tabla 18.** Distribución heurística para asignar tareas en el balanceo de líneas

Distribución Heurística Para Asignar Tareas a las Estaciones de Trabajo	
1. Tiempo más largo para una tarea (operación).	De las tareas disponibles, elegir la que tenga el tiempo más grande (más largo).
2. Más tareas subsecuentes.	De las tareas disponibles, elegir la que tenga el mayor número de tareas subsecuentes.
3. Ponderación de la posición.	De las tareas disponibles, elegir la tarea cuya suma de tiempos para las tareas subsecuentes sea la mayor. (Por ejemplo, veremos que la ponderación de la posición de la tarea C = $5(C) + 3(F) + 7(G) + 3(I) = 18$ , mientras que la ponderación de la posición de la tarea D = $4(D) + 3(F) + 7(G) + 3(I) = 17$ ; por lo tanto, C debe elegirse primero).
4. Tiempo más corto para una tarea.	De las tareas disponibles, elegir la que tenga el tiempo más corto.
5. Menor número de tareas subsecuentes.	De las tareas disponibles, elegir la que tenga el menor número de tareas subsecuentes.



**Figura 44.** Ejemplo: línea de Ensamble de Hamburguesas McDonal's



Tomar las unidades requeridas (demanda o tasa de producción) por día y dividir entre el tiempo productivo disponible por día (en minutos o segundos). Esta operación nos proporciona lo que se denomina tiempo del ciclo a saber, el tiempo máximo permitido en cada estación de trabajo si debe lograrse la tasa de producción:

$$TC = \frac{\text{Tiempo de producción por día}}{\text{Producto requerido por día (en unidades)}}$$

Determine el número mínimo de estaciones de trabajo ( $Nt$ ) que, en teoría, se requiere para cumplir el límite de tiempo del ciclo de la estación de trabajo utilizando la siguiente fórmula (advierta que se debe redondear al siguiente entero más alto).

$$Nt = \frac{\text{Suma de tiempos de las tareas (T)}}{\text{Tiempo del ciclo (C)}}$$

Balancear la línea asignando tareas de ensamble específicas a cada estación de trabajo. Un balanceo eficiente permite completar el ensamble requerido, seguir la secuencia especificada, y mantener al mínimo el tiempo muerto en cada estación de trabajo. Un procedimiento formal para hacer esto es el siguiente:

Identificar una lista maestra de tareas.

- ✓ Eliminar las tareas que se han asignado.
- ✓ Eliminar las tareas cuya relación de precedencia no ha sido satisfecha.
- ✓ Eliminar las tareas para las que el tiempo disponible en la estación de trabajo es inadecuado.

Usar una de las técnicas “heurísticas” de balanceo de líneas descritas en la tabla anterior. Las cinco posibilidades son (1) tiempo más largo para una tarea; (2) más tareas subsecuentes; (3) ponderación de la posición; (4) tiempo más corto para una tarea, y (5) menor número de tareas subsecuentes. Recuerde que, aunque las técnicas heurísticas proporcionan soluciones, no garantizan una solución óptima.

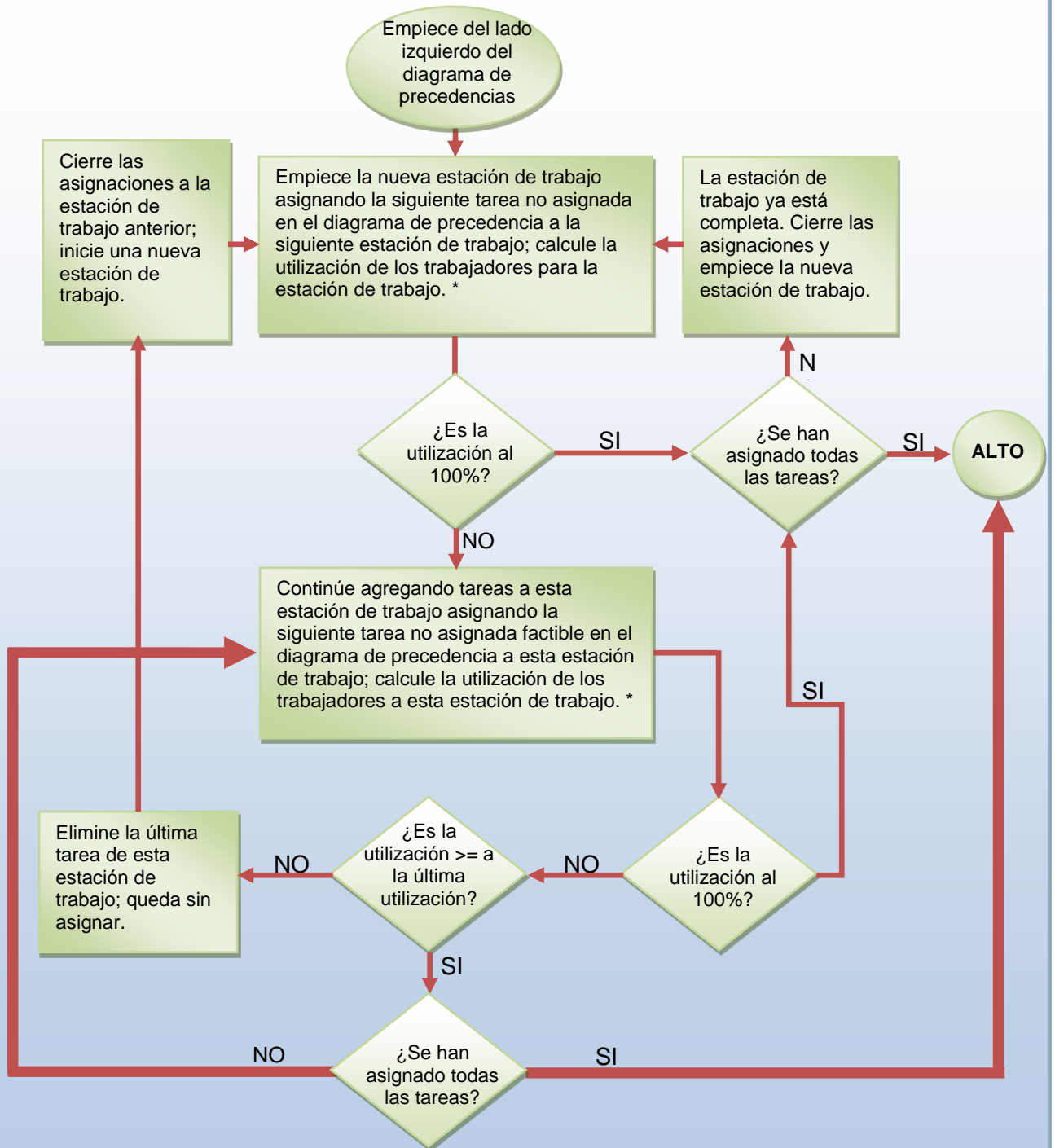
Evalúe la eficiencia del balanceo obtenido empleando la fórmula:

$$E = \frac{\text{Suma de los tiempos de las tareas (T)}}{\text{Núm real de estaciones de trabajo} * \text{Tiempo del ciclo de la estación de trabajo (C)}}$$

Si la eficiencia no es satisfactoria, vuelva a equilibrar utilizando otra regla de decisión.

(Heizer & Render, 2009, págs. 366-369)

### PASOS EN LA HEURÍSTICA DE LA UTILIZACIÓN INCREMENTAL \*



\*Utilización =  $\frac{\text{Número mínimo de estaciones de trabajo}}{\text{Número real de estación de trabajo}} \times 100$

## 2. PRÁCTICAS DEL LABORATORIO

### Práctica 1 “Extractor Identificación y Estandarización”

#### Sustento teórico

Ver tema 1.1 Estandarización y Normatividad

#### Objetivo

El objetivo es que el usuario reconozca todos los componentes que conforman el extractor, familiarizándose así, para poder aplicar las dinámicas que se presentarán más adelante, facilitando tanto al instructor como al usuario un desarrollo posterior.

#### Formatos Sugeridos

No aplica

#### Material didáctico

1. Mesas de analistas grupo de trabajo 3 (GT3) “Traslado”.
2. 2 exprimidores.
3. Hoja y pluma.

#### Problemática

No aplica

#### Actividades del usuario

Los usuarios se reunirán en equipos con 2 extractores (para poder comparar armado y piezas), deberán desensamblar y reconocer cada pieza que lo compone y su función, poniéndole nombre y realizando un formato donde se describa cada uno, posteriormente rearmarán y realizarán dos instructivos de armado del mismo.

1. Realizar el listado con foto (preferentemente), dando una descripción y con un nombre cada componente.
2. Realizar dos instructivos de armado con foto (preferentemente).

**Nota:** Preferentemente equipos de 6 personas

### **Actividades del instructor**

El instructor deberá proporcionar el material didáctico a los usuarios, podrá asesorarlos acerca de las actividades a desarrollar, así como evaluar los resultados de la dinámica.

### **Entregables**

1. Formato con descripción y partes del extractor.
2. Dos instructivos estructurados de diferente manera del extractor.
3. Reflexiones grupales contestadas.

### **Reflexiones finales**

1. ¿Consideras necesario este tipo de reconocimiento de ensambles? ¿Por qué?
2. ¿Cuáles son los datos que consideras importantes que deba contener un instructivo?
3. ¿Crees que sea necesario poner en los datos quién lo realizó? ¿Por qué?

## Práctica 2 “Cautín Identificación y Estandarización”

### Sustento teórico

Ver tema 1.1 Estandarización y Normatividad

### Objetivo

El objetivo es que el usuario reconozca todos los componentes que conforman al cautín, familiarizándose así, para poder aplicar las dinámicas que se presentarán más adelante, facilitando tanto al instructor como al usuario un desarrollo posterior.

### Formatos Sugeridos

No aplica

### Material didáctico

1. Mesas de analistas grupo de trabajo 3 (GT3) “Traslado”.
2. 2 cautines.
3. Hoja y pluma.

### Problemática

No aplica

### Actividades del usuario

Los usuarios se reunirán en equipos con 2 cautines (para poder comparar armado y piezas), deberán desensamblar y reconocer cada pieza que lo compone poniéndole nombre y realizando dos formatos donde se describa cada uno, posteriormente rearmarán y realizarán un instructivo de armado del mismo.

1. Realizar el listado con foto (preferentemente), dando una descripción, con un nombre cada componente y crear dos tipos de formatos que contengan estos datos.
2. Realizar un instructivo de armado con foto (preferentemente).

**Nota:** Preferentemente equipos de 6 personas.

### **Actividades del instructor**

El instructor deberá proporcionar el material didáctico a los usuarios, podrá asesorarlos acerca de las actividades a desarrollar, así como evaluar los resultados de la dinámica.

### **Entregables**

1. Dos formatos estructurados de diferente forma con descripción y partes del caudín.
2. Un instructivo de ensamble del caudín.
3. Reflexiones grupales contestadas.

### **Reflexiones finales**

1. ¿Consideras necesario este tipo de reconocimiento de ensambles? ¿Por qué?
2. ¿Cuáles son los datos que consideras importantes que deba contener una descripción de componentes?

## **Práctica 3 “Céspol Identificación y Estandarización”**

### **Sustento teórico**

Ver tema 1.1 Estandarización y Normatividad

### **Objetivo**

El objetivo de la dinámica es que el usuario reconozca todos los componentes que conforman el céspol, familiarizándose así, para poder aplicar las dinámicas que se presentarán más adelante, facilitando tanto al instructor como al usuario un desarrollo posterior.

### **Formatos Sugeridos**

No aplica

### **Material didáctico**

1. Mesas de analistas grupo de trabajo 3 (GT3) “Traslado”.
2. 2 Céspol.
3. Hoja y pluma.
4. Desengrasante WD-40.

### **Problemática**

No aplica

### **Actividades del usuario**

Los usuarios se reunirán en equipos con 2 céspol (Para poder comparar armado y piezas), deberán desensamblar y reconocer cada pieza que lo compone, poniéndole nombre y realizando dos formatos donde se describa cada uno, posteriormente rearmarán y realizarán dos instructivos de armado del mismo.

1. Realizar el listado con foto (preferentemente), dando una descripción, con un nombre cada componente y crear dos tipos de formatos que contengan estos datos.

2. Realizar dos instructivos de armado con foto (preferentemente).

**Nota:** Preferentemente equipos de 6 personas

### **Actividades del instructor**

El instructor deberá proporcionar el material didáctico a los usuarios, podrá asesorarlos acerca de las actividades a desarrollar, así como evaluar los resultados de la dinámica.

### **Entregables**

1. Dos formatos diferentes con descripción y partes del extractor.
2. Dos instructivos estructurados de diferente manera del extractor.
3. Reflexiones grupales contestadas.

### **Reflexiones finales**

1. ¿Qué diferencias hubo entre los dos formatos de descripción? ¿Por qué?
2. ¿Qué diferencias hubo entre los dos instructivos de armado? ¿Por qué?
3. ¿Qué pareja (una descripción, un instructivo) le darías a un operador? ¿Por qué?



## **Práctica 4 “Factor de Actuación (Sistema Westinghouse)”**

### **Sustento teórico**

Ver tema 1.2 Factor de Actuación (Sistema Westinghouse)

### **Objetivo**

El objetivo de la dinámica es que el usuario conozca uno de los diversos métodos que existen para el cálculo del factor de actuación, en este caso el de Westinghouse. Además de que aprenda cómo se realiza dicho cálculo.

### **Formatos Sugeridos**

1. Formato GT301.
2. Formato EXPE-E1.
3. Formato EXPE-E2.
4. Formato EXPE-E3.

### **Material didáctico**

1. Mesas de grupo de trabajo 3 (GT3) “Traslado”.
2. Configuración GT30A.
3. 10 exprimidores.

### **Problemática**

Para el cálculo de tiempo estándar se toma en cuenta un factor de actuación, en este caso se demostrará un método con el cual se calcula, para ello se observará al colaborador cuando esté realizando sus respectivas operaciones, y el analista dará un valor a cada factor (habilidad, esfuerzo, condiciones ambientales y consistencia), en base a las tablas que se mostraron anteriormente. Posteriormente calculará el factor de actuación de los colaboradores por medio del sistema Westinghouse.

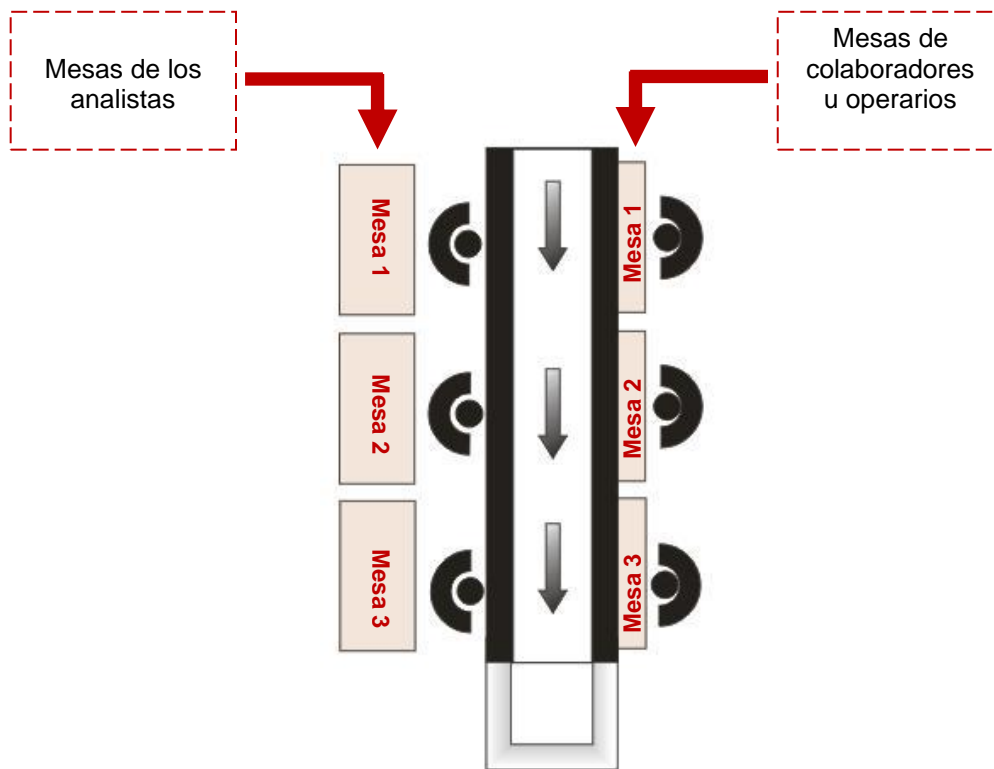


Figura 45. Configuración GT30A

### Actividades del usuario

Para la actividad 4 los usuarios se repartirán las operaciones de tal modo que 3 usuarios sean analistas y 3 sean colaboradores.

#### Actividades del analista (1, 2 y 3)

1. Sentarse en una posición cómoda.
2. Observar las actividades que realiza el colaborador 1, 2 y 3 respectivamente.
3. Darle un valor a cada uno de los factores de acuerdo a las tablas, y registrarlo en el formato GT301.

#### Actividades del colaborador 1

1. Preparar el material y el lugar de trabajo.
2. Sentarse en una posición cómoda.
3. Empezar a armar cuando indique el analista 1, como se indica en el formato EXPE-E1.

4. Al terminar lo indicado en el formato EXPE-E1, pasar el material a la siguiente estación.

#### Actividades del colaborador 2

1. Preparar el material y el lugar de trabajo.
2. Sentarse en una posición cómoda.
3. Empezar a armar cuando llegue el material como se indica en el formato EXPE-E2.
4. Al terminar lo indicado en el formato EXPE-E2, pasar el material a la siguiente estación.

#### Actividades del colaborador 3

1. Preparar el material y el lugar de trabajo.
2. Sentarse en una posición cómoda.
3. Empezar a armar cuando llegue el material como se indica en el formato EXPE-E3 (hasta terminar de armar todos los exprimidores).

#### Actividades finales (todos los integrantes)

1. Calcular el porcentaje del factor de actuación del formato GT301 por cada operador.
2. Hacer una comparación del resultado de factor de actuación, por medio de un diagrama de Gantt.

#### **Actividades del instructor**

1. Proporcione a los usuarios el material didáctico para desarrollar la actividad.
2. A los usuarios que estén asignados como colaboradores proporcione los formatos EXPE-E1 para la estación de trabajo 1, EXPE-E2 para la estación de trabajo 2 y EXPE-E3 para la estación de trabajo 3.
3. Proporcione el formato GT301 a los usuarios asignados como analistas para que calculen el factor de actuación de cada colaborador.

### **Entregables**

1. Porcentaje del factor de actuación de cada operador.
2. Diagrama de Gantt.
3. Reflexiones grupales contestadas.

### **Reflexiones finales**

1. ¿Consideras necesario calcular el factor de actuación de los operadores?  
¿Por qué?
2. ¿En qué se basaron los analistas para darle valor a cada uno de los factores?
3. ¿Fue fácil calcular el factor de actuación por este método?

## **Práctica 5 “Factor de Actuación (Calificación Sintética)”**

### **Sustento teórico**

Ver tema 1.3 Factor de Actuación, Calificación Sintética

### **Objetivo**

Esta dinámica tiene por objetivo dar a conocer al usuario otro método para calcular el factor de actuación, pero además de conocerlo, el aplicarlo en este caso en una línea de traslado donde se hacen operaciones manuales.

### **Formatos Sugeridos**

1. Formato GT302.
2. Formato CESPOL-E1.
3. Formato CESPOL-E2.
4. Formato CESPOL-E3.

### **Material didáctico**

1. Mesas de grupo de trabajo 3 (GT3) “Traslado”.
2. Configuración GT30B.
3. 10 céspol.

### **Problemática**

Ahora se expone un segundo método para el cálculo del factor de actuación, para ello el analista observará al colaborador cuando esté realizando sus respectivas tareas y se le tomará el tiempo que tarda en realizarlas, posteriormente se calculará el factor de actuación por medio de la calificación sintética.

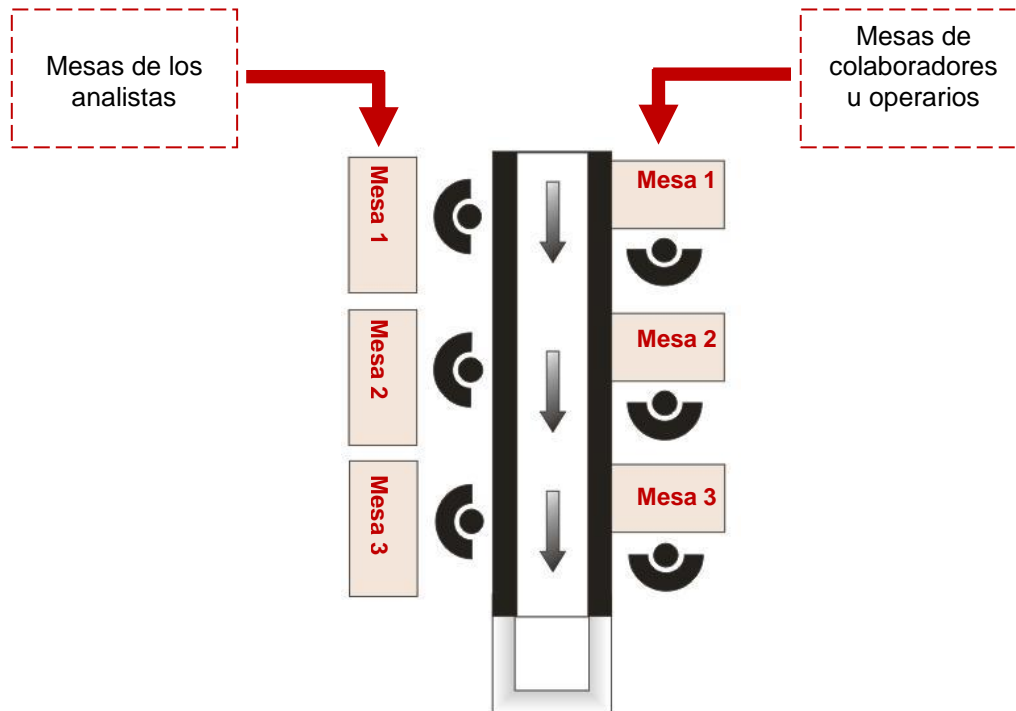


Figura 46. Configuración GT30B

### Actividades del usuario

Para la actividad 5 los usuarios se repartirán las operaciones de tal modo que 3 usuarios sean analistas y 3 sean colaboradores.

Actividades iniciales (todos los integrantes)

1. Realizar diagrama de flujo del ciclo de trabajo.
2. Determinar el tiempo de movimiento fundamental (esencial) en el formato GT302.

Actividades del analista 1

1. Sentarse en una posición cómoda.
2. Indicar al colaborador 1 cuándo empezar.
3. Observar las actividades que realiza el operador.
4. Tomar tiempo de las operaciones realizadas en el ciclo de trabajo y registrarlas en el formato GT302.

Actividades del analista 2 y 3

1. Sentarse en una posición cómoda.
2. Observar las actividades que realiza el respectivo colaborador.
3. Tomar tiempo de las operaciones realizadas en el ciclo de trabajo y registrarlas en el formato GT302.

#### Actividades del colaborador 1

1. Sentarse en una posición cómoda.
2. Preparar el área de trabajo.
3. Iniciar a ensamblar de acuerdo al formato CESPOL-E1 cuando lo indique el analista 1.
4. Al terminar lo indicado en el formato CESPOL-E1, pasar el material a la siguiente estación.

#### Actividades del colaborador 2

1. Sentarse en una posición cómoda.
2. Preparar el área de trabajo.
3. Iniciar a ensamblar de acuerdo al formato CESPOL-E2, cuando llegue el material.
4. Al terminar lo indicado en el formato CESPOL-E2, pasar el material a la siguiente estación.

#### Actividades del colaborador 3

1. Sentarse en una posición cómoda.
2. Preparar el área de trabajo.
3. Iniciar a ensamblar de acuerdo al formato CESPOL-E3, cuando llegue el material.

#### Actividades finales (todos los integrantes)

1. Calcular el porcentaje del factor de actuación del formato GT302, para el ciclo de trabajo.

### **Actividades del instructor**

1. Proporcionar a los usuarios el material didáctico necesario para desarrollar la actividad.
2. A los usuarios que estén asignados como colaboradores proporcione los formatos CESPOL-E1 para la estación de trabajo 1, CESPOL-E2 para la estación de trabajo 2 y CESPOL-E3 para la estación de trabajo 3.
3. Proporcione el formato GT302 a todos los usuarios que estén asignados como analistas.

### **Entregables**

1. Diagrama de flujo del ciclo de trabajo.
2. Porcentaje del factor de actuación.
3. Reflexiones grupales contestadas.

### **Reflexiones finales**

1. ¿Fue fácil calcular el factor de actuación por este método?
2. ¿Qué diferencia hay ente el sistema Westinghouse y la calificación sintética?
3. ¿Consideras que la configuración que se eligió fue la adecuada?
4. (En caso de que la respuesta de la pregunta anterior haya sido “NO”) ¿Qué configuración hubieras elegido tú?



## **Práctica 6 “Programación Lineal (Graficación de Modelos de Programación Lineal)”**

### **Sustento teórico**

Ver tema 1.4 Programación Lineal (Método Gráfico)

### **Objetivo**

El objetivo de esta dinámica es que el usuario comprenda en una manera práctica la solución de modelos de programación lineal, empezando desde la graficación.

### **Formatos Sugeridos**

1. Formato GT303.
2. Formato LEGM-E1.
3. Formato LEGM-E2.
4. Formato LEGM-E3.
5. Formato LEGS-E1.
6. Formato LEGS-E2.1.000

### **Material didáctico**

1. Mesas de grupo de trabajo 3 (GT3) “Traslado”.
2. Configuración “GT30C”.
3. Legos.
4. Cronómetro.

### **Problemática**

Son una empresa donde se dedican al ensamble de mesas y sillas (lego), se ha solicitado que con los datos que se obtengan se formule un modelo de programación lineal y con ello pueda graficar dicho modelo.

Nota: Suponga que: Por cada mesa que se vende se llevan 4 sillas.

El precio de venta de la mesa es de \$15.00 y el de cada silla es de \$5.00.

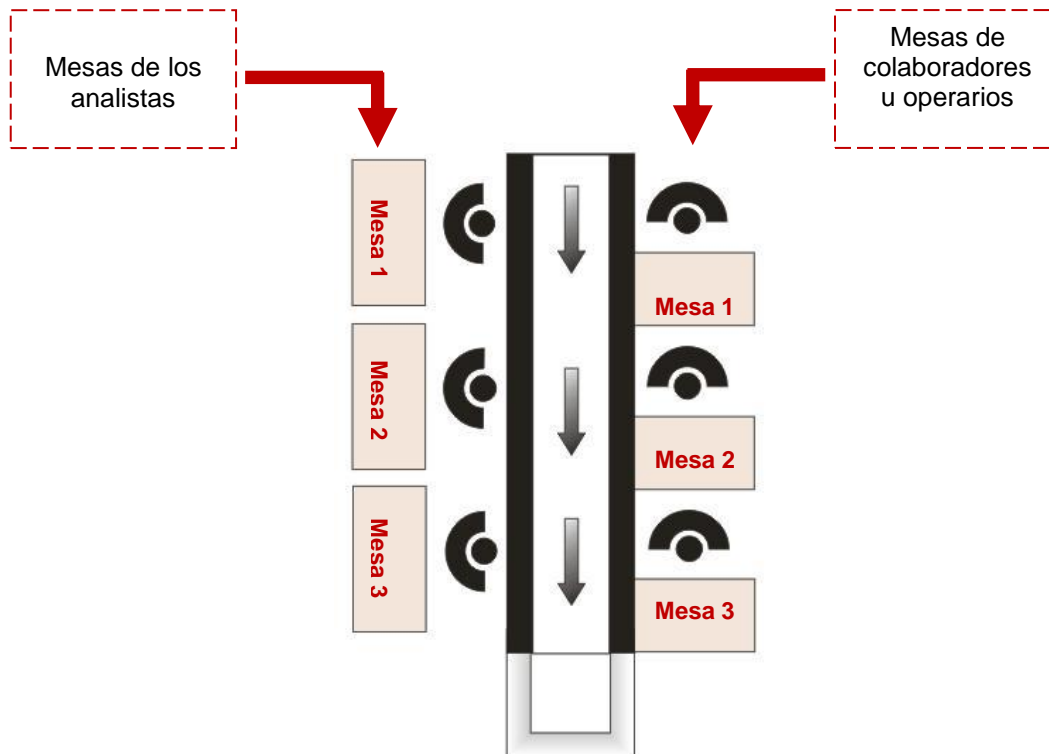


Figura 47. Configuración GT30C

### Actividades del usuario

Para la actividad 6 los usuarios se repartirán las operaciones de tal modo que 2 usuarios sean analistas y 3 sean colaboradores.

#### Actividades del analista 1

1. Sentarse en una posición cómoda.
2. Tomar el tiempo de todo el proceso de ensamble (verificando que se cumplan los 30 min. de producción por cada producto, no importa cuántos productos elaboren).

#### Actividades del analista 2

1. Ponerse en una posición cómoda.
2. Tomar el tiempo en el que se ensambla una mesa y registrarlo en el formato GT303.
3. Tomar el tiempo en el que se ensambla una silla y registrarlo.

#### Actividades del colaborador 1

1. Preparar el área de trabajo.
2. Preparar el material de trabajo.
3. Sentarse en una posición cómoda.
4. Comenzar a ensamblar de acuerdo al formato LEGM-E1 (para mesas) y al formato LEGS-E1 (para sillas).

#### Actividades del colaborador 2

1. Preparar el área de trabajo.
2. Preparar el material de trabajo.
3. Sentarse en una posición cómoda.
4. Comenzar a ensamblar de acuerdo al formato LEGM-E2 (para mesas) y al formato LEGS-E2 (para sillas).

#### Actividades del colaborador 3

1. Preparar el área de trabajo.
2. Preparar el material de trabajo.
3. Sentarse en una posición cómoda.
4. Comenzar a ensamblar de acuerdo al formato LEGM-E3 (para mesas).

#### Actividades finales (todos los usuarios)

1. Con los datos recabados, formular el modelo de programación lineal en el formato GT303.
2. Graficar el modelo.
3. Por medio de la gráfica encontrar la solución óptima de fabricación de sillas y mesas para maximizar los ingresos.

#### **Actividades del instructor**

1. Proporcionar a los usuarios el material didáctico necesario para desarrollar la actividad.
2. A los usuarios que estén asignados como colaboradores proporcione los formatos
  - Formato LEGM-E1.

- Formato LEGM-E2.
  - Formato LEGM-E3.
  - Formato LEGS-E1.
  - Formato LEGS-E2.
3. Proporcione el formato GT303 a los usuarios que estén asignados como analistas.

### **Entregables**

1. Formato GT303 con los datos recabados, el modelo de programación lineal y gráfica.
2. Solución óptima.
3. Reflexiones grupales contestadas.

### **Reflexiones finales**

1. ¿Este método se te hace eficiente?
2. ¿La programación lineal en que consideras que beneficia en el proceso de producción?
3. ¿Qué inconvenientes encontraste al hacer esta dinámica?

## Práctica 7 “Programación Lineal (Método Simplex)”

### Sustento teórico

Ver tema 1.5 Programación Lineal (Método Simplex)

### Objetivo

El objetivo de esta dinámica es que el usuario aprenda a obtener una solución óptima de un problema de investigación de operaciones, por medio del método simplex.

### Formatos Sugeridos

1. Formato CAU-E1.
2. Formato CAU-E2.
3. Formato CAU-E3.

### Material didáctico

1. Mesas de grupo de trabajo 3 (GT3) “Traslado”.
2. Configuración GT30D.
3. 10 cautines.
4. Cronómetro.

### Problemática

Seremos una planta armadora de cautines. En ésta se producen dos modelos en la misma línea de ensamble y ésta consta de 3 estaciones.

En el proceso se determinarán los tiempos de ensamble de cada estación, así como el tiempo disponible, es decir, el tiempo del turno (en este caso se sugiere que sea de 90 min.). Necesariamente en el turno se tiene que hacer limpieza de las estaciones y de la banda transportadora, lo cual también será medido entrando en tiempo inactivo.

Por medio del método simplex de programación lineal se buscará reducir el tiempo inactivo.

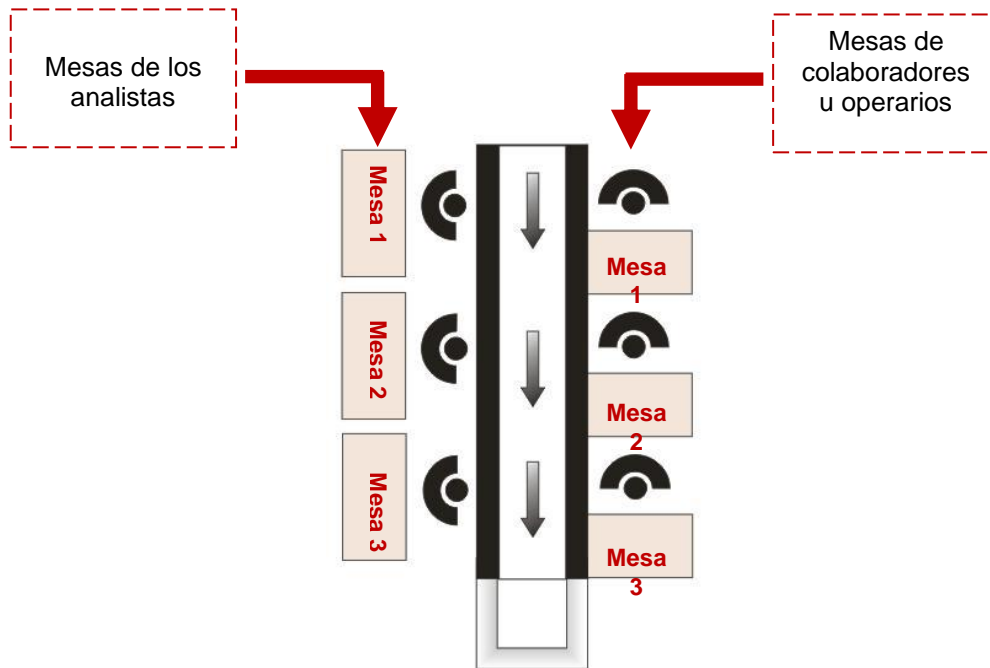


Figura 48. Configuración GT30D

### Actividades del usuario

Para la actividad 7 los usuarios se repartirán las operaciones de tal modo que 3 usuarios sean analistas y 3 sean colaboradores.

Actividades iniciales (todos los usuarios).

1. Revisar los formatos CAU-E1, CAU-E2, CAU-E3.
2. Definir diferencias de cautín (para tener 2 modelos de estos), es decir, hacer un cambio en el armado para que se tomen como 2 modelos.

Actividades del analista 1

1. Sentarse en una posición cómoda.
2. Tomar el tiempo de ensamble del colaborador 1.
3. Indicar al colaborador cuándo empezar a limpiar su estación.
4. Cuando se limpie la estación 1, tomar el tiempo de inactividad del operario

Actividades del analista 2

1. Sentarse en una posición cómoda.

2. Tomar el tiempo de ensamble del colaborador 2.
3. Indicar al colaborador cuándo empezar a limpiar su estación.
4. Cuando se limpie la estación 1, tomar el tiempo de inactividad del operario

#### Actividades del analista 3

1. Sentarse en una posición cómoda.
2. Tomar el tiempo de ensamble del colaborador 3.
3. Indicar al colaborador cuándo empezar a limpiar su estación.
4. Cuando se limpie la estación 1, tomar el tiempo de inactividad del operario

#### Actividades del colaborador 1

1. Preparar el área de trabajo,
2. Preparar el material de trabajo,
3. Sentarse en una posición cómoda,
4. Empezar a ensamblar en serie hasta que se te indique que es tiempo de limpiar la estación.
5. Limpiar la estación de trabajo, tárdate lo que sea necesario.
6. Después de que haya sido limpiada la estación, continuar con el ensamble hasta que se indique que ha terminado el turno.

#### Actividades del colaborador 2

1. Preparar el área de trabajo.
2. Preparar el material de trabajo.
3. Sentarse en una posición cómoda.
4. Empezar a ensamblar en serie hasta que se te indique que es tiempo de limpiar la estación.
5. Empieza a limpiar tu estación de trabajo, tárdate lo que sea necesario.
6. Después de que haya sido limpiada la estación, continuar con el ensamble hasta que se te indique que ha terminado el turno.

### Actividades del colaborador 3

1. Preparar el área de trabajo.
2. Preparar el material de trabajo.
3. Sentarse en una posición cómoda.
4. Empezar a ensamblar en serie hasta que se te indique que es tiempo de limpiar la estación.
5. Empieza a limpiar tu estación de trabajo, tárdate lo que sea necesario.
6. Después de que haya sido limpiada la estación, continuar con el ensamble hasta que se te indique que ha terminado el turno.

### Actividades finales (todos los usuarios)

1. Con los datos recabados minimizar el tiempo inactivo de las tres estaciones, por el método simplex.

### Actividades del instructor

1. Proporcionar a los usuarios el material didáctico y los formatos CAU-E1, CAU-E2, CAU-E3 necesarios para desarrollar la actividad.
2. El instructor podrá asesorar a los usuarios acerca de las actividades a desarrollar, así como evaluar los resultados de la dinámica.

### Entregables

1. Solución óptima de minimización de tiempo inactivo.
2. Reflexiones grupales contestadas.

### Reflexiones finales

1. ¿Este método se te hace eficiente?
2. ¿Qué método se te hizo más sencillo es de graficación o el método simplex?
3. ¿En qué casos puedes usar este método?
4. ¿Qué inconvenientes encontraste al hacer esta dinámica?



## **Práctica 8 “Naturaleza de los Datos de Investigación de Operaciones”**

### **Sustento teórico**

Ver tema 1.6 Naturaleza de los datos de investigación de operaciones

### **Objetivo**

El objetivo de esta dinámica es que el usuario comprenda la naturaleza de los datos que se usan en investigación de operaciones, además, que éste sea capaz de identificarlos en un proceso real.

### **Formatos Sugeridos**

1. Formato EXPE-E1.
2. Formato EXPE-E2.
3. Formato EXPE-E3.

### **Material didáctico**

1. Mesas de grupo de trabajo 3 (GT3) “Traslado”.
2. Configuración GT30E.
3. 10 exprimidores.
4. Pallets.
5. Cronómetro.

### **Problemática**

Suponga que es una planta armadora de exprimidores eléctricos, en un turno (90 min se tomarán datos con respecto al nivel de inventario, producto defectuoso, que nos pueden servir para IO, y de esta manera poder practicar la adquisición de dichos datos.

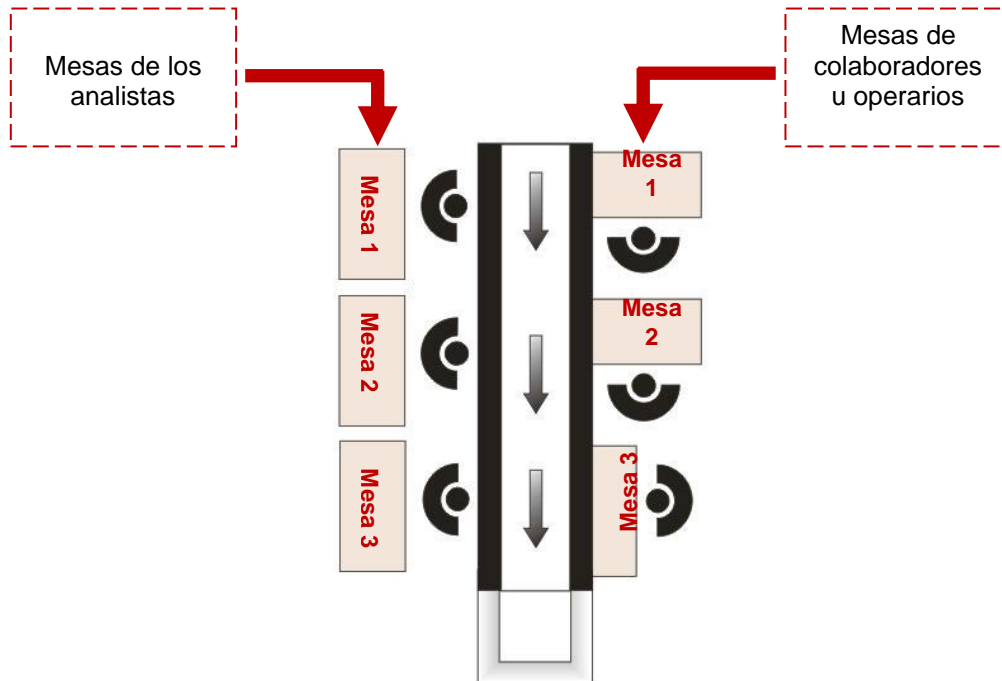


Figura 49. Configuración GT30E

### Actividades del usuario

Para la actividad 8 los usuarios se repartirán las operaciones de tal modo que 3 usuarios sean analistas, 3 sean colaboradores y 1 sea inspector.

Actividades iniciales (todos los integrantes)

1. Registrar el inventario con el que se cuenta antes de iniciar la dinámica.

Actividades del analista 1, 2 y 3

1. Ponerse en una posición cómoda.
2. Indicar al colaborador 1, 2 y 3 respectivamente, cuándo empezar.
3. Tomar tiempo de cada ensamble, del colaborador 1, 2 y 3 respectivamente (o los que sean necesarias para que sea una muestra significativa).

Actividades del colaborador 1

1. Preparar el material.
2. Preparar el área de trabajo.
3. Ponerse en una posición cómoda.

4. Iniciar a ensamblar lo indique el analista 1 de acuerdo al formato EXPE-E1.
5. Dejar el material en el pallet para que llegue a la siguiente estación.

#### Actividades del colaborador 2

1. Preparar el material.
2. Preparar el área de trabajo.
3. Ponerse en una posición cómoda.
4. Iniciar a ensamblar cuando llegue el material, de acuerdo al formato EXPE-E2.
5. Dejar el material en el pallet para que llegue a la siguiente estación.

#### Actividades del colaborador 3

1. Preparar el material.
2. Preparar el área de trabajo.
3. Ponerse en una posición cómoda.
4. Iniciar a ensamblar cuando llegue el material, de acuerdo al formato EXPE-E3.
5. Dejar el material en el pallet para que llegue a la inspección.

#### Actividades inspector

1. Inspeccionar el producto terminado.
2. Registrar defectos en el producto y/o anomalías encontradas en éste.

#### Actividades finales (todos los integrantes)

1. Elaborar un reporte del nivel de inventario de material para el producto.
2. Registrar el número de pallets que pasan en la banda transportadora.
3. Elaborar un reporte del número de artículos defectuosos en el turno.
4. Identificar el tiempo que tarda el proceso desde que se surte de materia prima, hasta que esta el producto terminado (incluyendo el tiempo de inspección).
5. Con los datos recabados anteriormente utilizar una herramienta probabilística (diagramas de frecuencia) con el objetivo de representar la naturaleza de los datos (para cada actividad que es: a) Nivel de inventario,

b) Tiempo de ensamble de cada estación, c) Número de pallets que pasan en la banda transportadora, y d) Número de artículos defectuosos en el turno.

### **Actividades del instructor**

1. Proporcionar a los usuarios el material didáctico necesario para desarrollar la actividad y los formatos EXPE-E1, EXPE-E2, EXPE-E3 a los usuarios asignados como colaboradores.
2. El instructor podrá asesorar a los usuarios acerca de las actividades a desarrollar, así como evaluar los resultados de la dinámica.

### **Entregables**

1. Reporte del nivel de inventario de material para el producto.
2. Registro del número de pallets que pasan en la banda transportadora.
3. Reporte del número de artículos defectuosos en el turno.
4. Identificar el tiempo del proceso.
5. Representar la naturaleza de los datos de:
  - a) Nivel de inventario.
  - b) Tiempo de ensamble de cada estación.
  - c) Número de pallets que pasan en la banda transportadora y
  - d) Número de artículos defectuosos en el turno.
6. Reflexiones grupales contestadas

### **Reflexiones finales**

1. ¿La identificación de datos es una labor difícil?
2. ¿Esta dinámica te ayudó a identificar los datos y a comprender la naturaleza de éstos?
3. ¿Qué punto débil encontraste en tu proceso?

## **Práctica 9 “Muestreo del Trabajo”**

### **Sustento teórico**

Ver tema 1.7 Muestreo del Trabajo

### **Objetivo**

El objetivo de esta dinámica es que el usuario comprenda de manera práctica, el uso del muestreo de trabajo en un proceso realizado por tres operarios en una banda transportadora.

### **Formatos Sugeridos**

Formato CESPOL-E1.

Formato CESPOL-E2.

Formato CESPOL-E3.

Formato GT304.

### **Material didáctico**

1. Mesas de grupo de trabajo 3 (GT3) “Traslado”.
2. Configuración GT30F.
3. 10 céspol.

### **Problemática**

Suponga que está en una empresa donde se arman los cespól, pero ha notado que el personal de ensamblaje ocupa mucho tiempo para tomar agua o ir al baño, por eso se ha decidido que por medio de la observación se determinará el porcentaje de tiempo dedicado la actividad, utilizando el método de muestreo del trabajo.

Suponga que un turno equivale a 60 min.

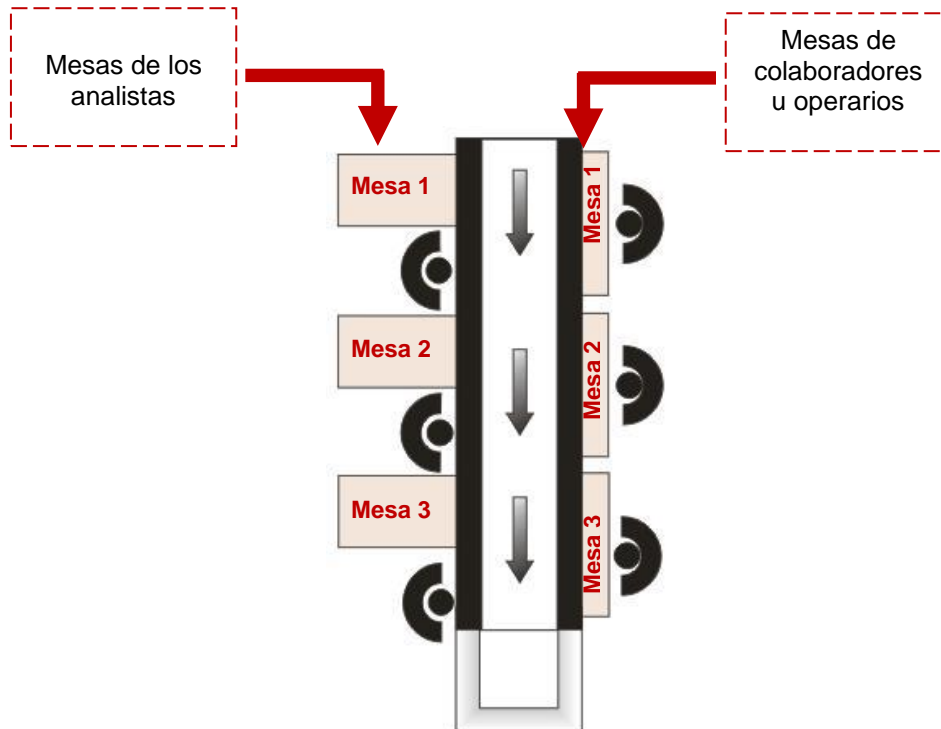


Figura 50. Configuración GT30F

### Actividades del usuario

Para la actividad 9 los usuarios se repartirán las operaciones de tal modo que 3 usuarios sean analistas y 3 sean colaboradores.

Actividades iniciales (todos los integrantes)

1. Realizar una estimación preliminar de las actividades a estudiar (la actividad que realiza el colaborador, muestrear la actividad durante 5 min. y esa será la estimación).
2. Determinar exactitud deseada de los resultados (éste se puede expresar como tolerancia o límite de error dentro del nivel de confianza establecido).
3. Estimar el número de observaciones que se tomarán.
4. Determinar la frecuencia de las observaciones.

Actividades del analista 1

1. Ponerse en una posición cómoda.
2. Indicar al colaborador cuándo iniciar.

3. Tomar muestras de las actividades durante 5 min. (para datos preliminares).
4. Hacer las observaciones pertinentes e ir registrando en el formato GT304 (de acuerdo a la frecuencia y número determinado anteriormente).

#### Actividades del analista 2

1. Ponerse en una posición cómoda.
2. Tomar muestras de las actividades durante 5 min. (para datos preliminares).
3. Hacer las observaciones pertinentes e ir registrando en el formato GT304 (de acuerdo a la frecuencia y número determinado anteriormente).

#### Actividades del analista 3

1. Ponerse en una posición cómoda.
2. Tomar muestras de las actividades durante 5 min. (para datos preliminares).
3. Hacer las observaciones pertinentes e ir registrando en el formato GT304 (de acuerdo a la frecuencia y número determinado anteriormente).

#### Actividades del colaborador 1

1. Preparar el material.
2. Preparar el área de trabajo.
3. Ponerse en una posición cómoda.
4. Iniciar a ensamblar lo que indique el analista 1; de acuerdo al formato CESPOL-E1.
5. Dejar el material en la banda para que llegue a la siguiente estación.

#### Actividades del colaborador 2

1. Preparar el material.
2. Preparar el área de trabajo.
3. Ponerse en una posición cómoda.
4. Iniciar a ensamblar cuando llegue el material de acuerdo al formato CESPOL-E2.

5. Dejar el material en la banda para que llegue a la siguiente estación.

#### Actividades del colaborador 3

1. Preparar el material.
2. Preparar el área de trabajo.
3. Ponerse en una posición cómoda.
4. Iniciar a ensamblar cuando llegue el material, de acuerdo al formato CESPOL-E3.

#### Actividades finales (todos los integrantes)

1. Determinar el porcentaje de tiempo que los operarios se dedican a su actividad.
2. Hacer un análisis de resultados obtenidos.

#### **Actividades del instructor**

1. Proporcionar a los usuarios el material didáctico necesario para desarrollar la actividad.
2. Proporcionar los formatos CESPOL-E1, CESPOL-E2, CESPOL-E3 a los usuarios asignados como colaboradores.
3. Proporcionar el formato GT304 a los usuarios asignados como analistas.
4. El instructor podrá asesorar a los usuarios acerca de las actividades a desarrollar, así como evaluar los resultados de la dinámica.

#### **Entregables**

1. Porcentaje de tiempo productivo.
2. Análisis de resultados.
3. Reflexiones grupales contestadas.

#### **Reflexiones finales**

1. ¿Para qué otro análisis puede ser benéfico el muestreo del trabajo?
2. ¿El porcentaje de tiempo productivo de cada operador se puede mejorar?
3. ¿En qué actividades se llevaron los operadores el tiempo “no productivo”?



## **Práctica 10 Diseño del Puesto de Trabajo**

### **Sustento teórico**

Ver tema 1.8 Diseño del Puesto de Trabajo

### **Objetivo**

El objetivo es que el alumno sepa diseñar puestos de trabajo, ya que al diseñar un puesto se tiene mayor certeza de la eficiencia en la producción.

### **Formatos Sugeridos**

1. Formato LEG-CA-E1.
2. Formato LEG-CA-E2.
3. Formato LEG-CA-E3.

### **Material didáctico**

1. Mesas de grupo de trabajo 3 (GT3) "Traslado".
2. Configuración GT30G.
3. Legos.

### **Problemática**

Supongamos que tenemos una nueva línea de ensamble, la cual cuenta con tres estaciones. El ensamble es en serie y el material se va transportando por medio de una banda, es necesario que se diseñen tres puestos de trabajo, uno para cada estación.

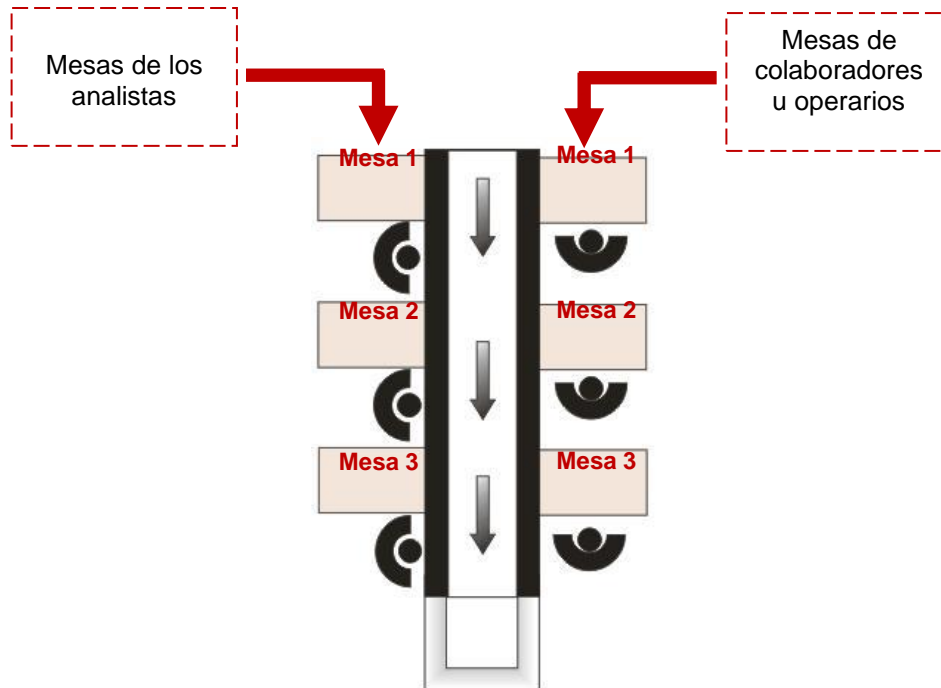


Figura 51. Configuración GT30G

### Actividades del usuario

Para la actividad 10 los usuarios se repartirán las operaciones de tal modo que 3 usuarios sean analistas y 3 sean colaboradores.

Actividades iniciales (todos los integrantes)

1. Revisar los formatos LEG-CA-E1, LEG-CA-E2 y LEG-CA-E3, y asignar las actividades a cada colaborador.
2. Realizar un diagrama de flujo del proceso.

Actividades del analista 1

1. Ponerse en una posición cómoda.
2. Observar las tareas del colaborador 1.
  - a. Actividades en las que se dividen las tareas.
  - b. Movimientos que el operador hacer para realizar las tareas.
  - c. Posición del operador.

#### Actividades del analista 2

1. Ponerse en una posición cómoda.
2. Observar las tareas del colaborador 2.
  - a. Actividades en las que se dividen las tareas.
  - b. Movimientos que el operador hacer para realizar las tareas.
  - c. Posición del operador.

#### Actividades del analista 3

1. Ponerse en una posición cómoda.
2. Observar las tareas del colaborador 3.
  - a. Actividades en las que se dividen las tareas.
  - b. Movimientos que el operador hacer para realizar las tareas.
  - c. Posición del operador.

#### Actividades de todos los colaboradores (1, 2 y 3)

1. Preparar el material.
2. Preparar el área de trabajo.
3. Ponerse en una posición cómoda.
4. Empezar a realizar la tarea que fue designada al inicio.
5. Realizar la tarea las veces que sea necesario.

#### Actividades finales (todos los integrantes)

1. Determinar:
  - a. Actividades en las que se dividen las tareas de cada estación (preferible en un diagrama de procesos, donde muestre el proceso óptimo).
  - b. Movimientos que realiza el operador al realizar las tareas (en cada estación).
  - c. Posición que adopta el operador en cada estación.
  - d. Características físicas que necesita tener el operador para realizar sus actividades de manera eficiente.

- e. Aptitudes que necesita tener el operador para realizar su tarea de manera eficiente.
2. Hacer un análisis de resultados obtenidos para conocer el perfil del operador que necesita el puesto de trabajo.

### **Actividades del instructor**

1. Proporcionar a los usuarios el material didáctico necesario para desarrollar la actividad.
2. Proporcionar los formatos LEG-CA-E1, LEG-CA-E2 y LEG-CA-E3 a los usuarios.
3. El instructor podrá asesorar a los usuarios acerca de las actividades a desarrollar, así como evaluar los resultados de la dinámica.

### **Entregables**

1. Diagrama de flujo de las operaciones o actividades del proceso.
2. Actividades en las que se dividen las tareas de cada estación.
3. Movimientos que realiza el operador al realizar las tareas en cada estación.
4. Posición que adopta el operador en cada estación.
5. Características físicas que necesita tener el operador para realizar sus actividades de manera eficiente en cada estación.
6. Aptitudes que necesita tener el operador para realizar su tarea de manera eficiente en cada estación.
7. Análisis de resultados.
8. Perfil del operador para cada estación.
9. Reflexiones grupales contestadas.

### **Reflexiones finales**

1. ¿Se te hace útil el diseñar un puesto de trabajo?
2. ¿Los análisis hechos son suficientes para el diseño del puesto de trabajo?
3. ¿Qué fue lo más difícil de identificar?
4. ¿La configuración que se utilizó fue la correcta? ¿Cuál hubieras utilizado?

## **Práctica 11 “Parámetros Básicos de un Modelo de Gestión de Inventarios”**

### **Sustento teórico**

Ver tema 1.9 Parámetros Básicos de un Modelo de Gestión de Inventarios (Costos Asociados)

### **Objetivo**

El objetivo de la siguiente dinámica es que el usuario aprenda a determinar los parámetros básicos que requiere la gestión de inventarios, en este caso los costos que implica el armado de un producto.

### **Formatos Sugeridos**

1. Formato CAU-E1.
2. Formato CAU-E2.
3. Formato CAU-E3.

### **Material didáctico**

1. Mesas de grupo de trabajo 3 (GT3) “Traslado”.
2. Configuración GT30H.
3. 10 cautines.

### **Problemática**

Supongamos que somos una empresa que se dedica al ensamblado de cautines, en ésta se ha designado a una persona para que esté encargada de la gestión de inventarios; para esto es necesario que primero defina los parámetros básicos. En el proceso se calcularán los costos que implica el ensamble del producto, el encargado analizará el proceso de producción de los extractores en una jornada laboral que será de 90 min.

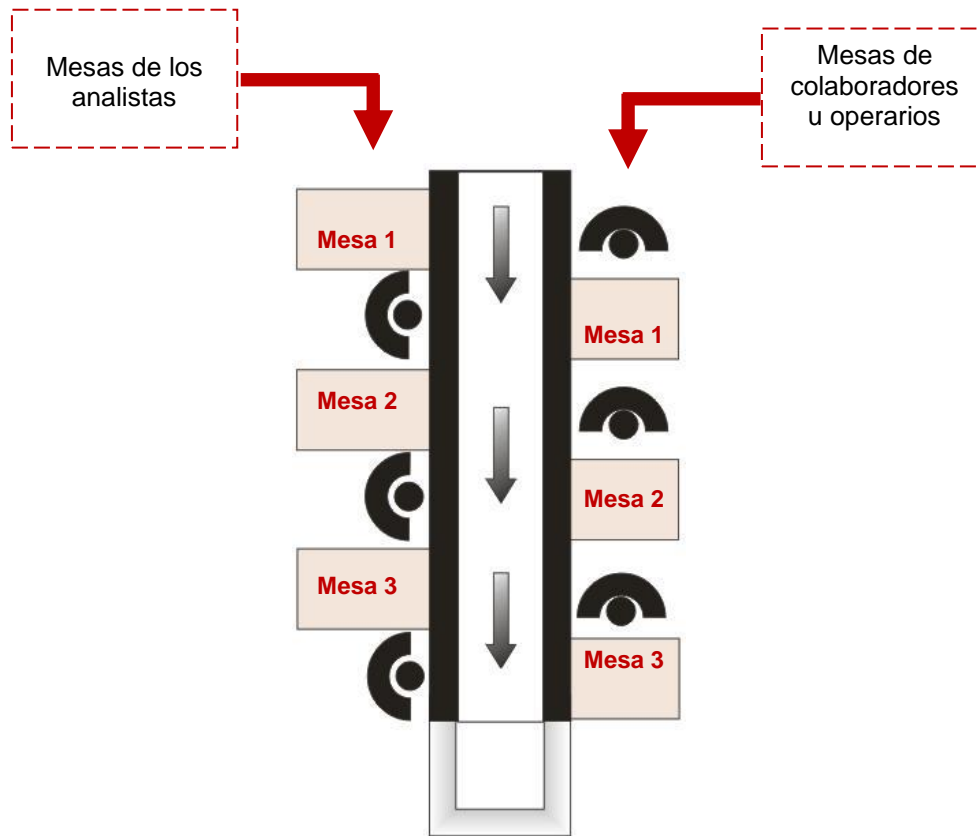


Figura 52. Configuración GT30H

### Actividades del usuario

Para la actividad 11 los usuarios se repartirán las operaciones de tal modo que 3 usuarios sean analistas y 3 sean colaboradores.

#### Actividades del analista 1

1. Ponerse en una posición cómoda.
2. Indicar al colaborador 1 cuándo empezar.
3. Observar las tareas del colaborador 1.
4. Tomar los tiempos de inactividad del operador (como descanso, aunque sea el más mínimo, ir al baño, tomar agua, etc.).

#### Actividades del analista 2 y 3

1. Ponerse en una posición cómoda.
2. Observar las tareas del colaborador 2 y 3, respectivamente.

3. Tomar los tiempos de inactividad del operador (como descanso, aunque sea el más mínimo, ir al baño, tomar agua, etc.).

#### Actividades del colaborador 1

1. Preparar el material.
2. Preparar el área de trabajo.
3. Ponerse en una posición cómoda.
4. Empezar a ensamblar de acuerdo al formato CAU-E1, cuando lo indique el analista 1.
5. Poner el material en la banda transportadora.

#### Actividades del colaborador 2

1. Preparar el material.
2. Preparar el área de trabajo.
3. Ponerse en una posición cómoda.
4. Empezar a ensamblar de acuerdo al formato CAU-E2, cuando llegue el material.
5. Poner el material en la banda transportadora.

#### Actividades del colaborador 3

1. Preparar el material.
2. Preparar el área de trabajo.
3. Ponerse en una posición cómoda.
4. Empezar a ensamblar de acuerdo al formato CAU-E3, cuando llegue el material.
5. Poner el material en la banda transportadora.

#### Actividades finales (todos los integrantes)

1. Identificar la velocidad máxima de la banda transportadora y la velocidad a la cual está siendo utilizada.
2. Investigar el costo de los extractores de cítricos.

3. Determinar el coste estimado de la mano de obra suponiendo que es un turno de 90 min. y cada trabajador gana \$4,000.00 mensuales trabajando de lunes a sábado.
  - a. Calcular el costo de la mano de obra por minuto.
  - b. Tiempo estándar del armado del extractor.
  - c. La tasa de eficiencia del trabajador.
4. Determinar el coste de la banda transportadora.
  - a. Porcentaje de utilización de la banda transportadora.
  - b. La contribución monetaria de la banda transportadora por minuto.
5. Determinar el coste de armado de los extractores.
6. Determinar el tipo de coste asociado ( $C_p$ ,  $C_s$  o  $C_r$ ).

#### Actividades del instructor

1. Proporcionar a los usuarios el material didáctico necesario para desarrollar la actividad.
2. Proporcionar los formatos CAU-E1, CAU-E2, CAU-E3 a los usuarios asignados como colaboradores.
3. El instructor podrá asesorar a los usuarios acerca de las actividades a desarrollar, así como evaluar los resultados de la dinámica.

#### Entregables

1. Velocidad máxima de la banda transportadora.
2. Velocidad a la cual fue utilizada la banda transportadora.
3. Costo de los extractores de cítricos.
4. Coste estimado de la mano de obra.
  - a. Calcular el costo de la mano de obra por minuto.
  - b. Tiempo estándar del armado del extractor.
  - c. La tasa de eficiencia del trabajador.
5. Coste de la banda transportadora.
  - a. Porcentaje de utilización de la banda transportadora.
  - b. La contribución monetaria de la banda transportadora por minuto.



6. Coste de armado de los extractores.
7. Tipo de coste asociado.
8. Reflexiones grupales contestadas.

### **Reflexiones finales**

1. ¿Qué beneficios encuentras al hacer un análisis de costos en la gestión de inventarios?
2. ¿Consideras que, si se aumenta la velocidad de la banda transportadora, mejoraría la eficiencia de la mano de obra?
3. ¿Qué beneficios aporta la banda transportadora al proceso?
4. ¿La configuración que se utilizó fue la correcta? ¿Cuál hubieras utilizado?

## Práctica 12 “JIT (Sistema de producción tipo “Pull”)”

### Sustento teórico

Ver tema 1.10 JIT (Sistema de Producción Tipo “Pull”)

### Objetivo

El objetivo de la siguiente dinámica es que el usuario comprenda el funcionamiento del sistema pull, y con ello aprender cómo se implementa y mejora dicho sistema.

### Formatos Sugeridos

1. Formato GT305.
2. Formato GT306.
3. Formato EXPE-E1.
4. Formato EXPE-E2.
5. Formato EXPE-E3.

### Material didáctico

1. Mesas de grupo de trabajo 3 (GT3) “Traslado”.
2. Configuración GT30I.
3. 10 exprimidores.

### Problemática

Supongamos que somos una empresa que se dedica la producción de exprimidores. En dicha empresa se está empezando a implementar el sistema “pull” con el objetivo de reducir los inventarios, en este proceso participan los siguientes papeles:

- *Cliente*: Será quien solicite el producto y él determinará la cantidad requerida, así como el tiempo y lugar de entrega.
- *Producción*: deberán ensamblar los exprimidores para satisfacer la demanda del cliente.
- *Ventas*: Este será un puente de información entre el cliente y producción; será el encargado de tomar la orden sobre los requerimientos del cliente (tiempo de entrega y cantidad) y hacérselo saber a producción; así como

también, advertir al cliente cuando la demanda no pueda ser entregada en las circunstancias en que las lo solicita.

- *Logística*: Será el encargado de que la materia prima llegue en el momento y cantidad adecuados.
- *Analistas*: Observarán el proceso y tomarán nota de las anomalías observadas, para que se mejore el sistema.

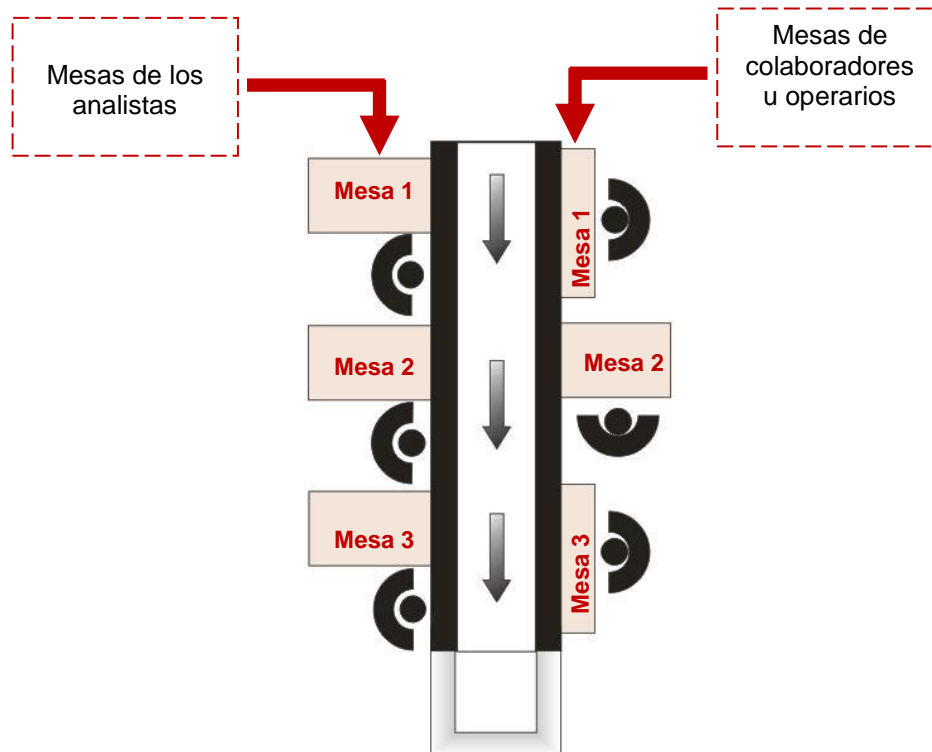


Figura 53. Configuración GT30I

### Actividades del usuario

Para la actividad los usuarios se repartirán las actividades de clientes, ventas, logística, analistas 1, 2 y 3, y colaboradores 1, 2 y 3.

#### Actividades del cliente

1. Lanzar los dados al aire (un dado representa el tiempo y el otro las unidades requeridas).
2. Especificar requerimientos del producto (tiempo y cantidad de entrega de acuerdo a los dados).
3. Ponerse en contacto con ventas y emitir el pedido.

4. (En caso de que no se pueda cumplir con lo requerido) Negociar con ventas para que ambas partes estén conformes.

**Nota: En el tiempo cada unidad representa 10 min., es decir, si al lanzar el dado cae 3, entonces son 30 min.**

#### Actividades de ventas

1. En caso de que el tiempo sea muy corto o la cantidad demasiado alta, negociar con el cliente para poder cumplir con el pedido.
2. Elaborar el pedido de acuerdo a las especificaciones del cliente (Formato GT305).
3. Emitir pedido a producción.

#### Actividades de logística

1. Realizar una lista de requerimientos de materia prima y emitir una orden de compra (Formato GT306).
2. Encargarse que cada estación de trabajo cuente con el material necesario (de acuerdo a su respectiva hoja de instrucciones) para realizar sus actividades en el momento y cantidad necesarios.
3. Encargarse de que el pedido sea entregado en tiempo y cantidad requeridos.

#### Actividades del analista 1

1. Ponerse en una posición cómoda.
2. Observar las tareas realizadas (desde que el cliente tira el dado, hasta que el colaborador 1 empieza a ensamblar).
3. Anotar el proceso.
4. Anotar todas las anomalías encontradas.

#### Actividades del analista 2

1. Ponerse en una posición cómoda.

2. Observar las tareas realizadas (desde que el colaborador 1 empieza a ensamblar, hasta que empieza el colaborador 3).
  - a. Anotar el proceso.
  - b. Anotar todas las anomalías encontradas.

#### Actividades del analista 3

1. Ponerse en una posición cómoda.
2. Observar las tareas realizadas (desde que el colaborador 3 empieza a ensamblar, hasta que el pedido es entregando al cliente).
3. Anotar el proceso.
4. Anotar todas las anomalías encontradas.

#### Actividades del colaborador 1, 2 y 3

1. Preparar el área de trabajo.
2. Ponerse en una posición cómoda.
3. Empezar a ensamblar de acuerdo a la respectiva hoja de instrucciones que llega a la estación con el material.

#### Actividades finales (todos los integrantes)

1. Realizar un reporte de anomalías.
2. Realizar un diagrama de flujo de todo el proceso, es decir, desde que el cliente emite el pedido, hasta que el producto es entregado a éste.
3. Realizar un diagrama de flujo del proceso de ensamble.
4. Realizar una propuesta para mejorar el sistema pull (especificando los puntos o áreas a mejorar).
5. Investigar el tipo de transporte, así como el tipo de embalaje al cual se puede someter el producto realizado, simulando que se tiene que enviar el pedido a Centroamérica (elegir país).

**Nota: Realizar las actividades anteriores de acuerdo a los datos recabados por los analistas, y en base a las experiencias de los participantes en la dinámica.**

### Actividades del instructor

1. Proporcionar a los usuarios el material didáctico necesario para desarrollar la actividad.
2. Deberá proporcionar el formato GT305 a los usuarios de ventas.
3. Deberá proporcionar el formato GT306 a los usuarios de logística.
4. Deberá proporcionar los formatos EXPE-E1, EXPE-E2, y EXPE-E3 a los colaboradores.

### Entregables

1. Reporte de anomalías.
2. Diagrama de flujo de todo el proceso, es decir, desde que el cliente emite el pedido, hasta que el producto es entregado a éste.
3. Diagrama de flujo del proceso de ensamble.
4. Propuesta para mejorar el sistema pull.
5. Formatos utilizados en la dinámica, rellenos (Formato GT305 y GT306).
6. Investigación del transporte y embalaje.
7. Reflexiones grupales contestadas.

### Reflexiones finales

1. ¿Qué consideras que es esencial en el proceso para lograr un sistema pull óptimo?
2. ¿Qué pasaría con el sistema si no se le diera importancia al estado de la maquinaria?
3. ¿El estado emocional de la mano de obra influye en el desempeño óptimo del sistema pull?
4. ¿Cuáles fueron las anomalías que más afectaron el correcto desempeño del sistema?
5. ¿La configuración que se utilizó fue la correcta? ¿Tú cuál hubieras utilizado?

## Práctica 13 “JIT (One-Piece-Flow)”

### Sustento teórico

Ver tema 1.11 JIT (One-Piece-Flow)

### Objetivo

El objetivo de esta práctica es brindar al usuario las experiencias para una mejor comprensión del sistema, su funcionamiento, y la forma con la que debe interactuar el quipo.

### Formatos Sugeridos

1. Formato GT305.
2. Formato GT306.
3. Formato CESPOL-E1.
4. Formato CESPOL-E2.
5. Formato CESPOL-E3.

### Material didáctico

1. Mesas de grupo de trabajo 3 (GT3) “Traslado”.
2. Configuración GT30J.
3. “Cespol”.

### Problemática

Esta es una empresa dedicada al ensamble de céspol, en dicha empresa se pretende implementar el JIT y se prueba empezar con el sistema pull, sin embargo, su implementación está presentando diversas fallas que están afectando la entrega a tiempo del producto, por esto se ha pensado efectuar el one piece flow, ya que la situación actual es la siguiente:

En el proceso de producción el producto se va elaborando en pequeños lotes de 3 unidades, sin embargo, esta situación ocasiona que el flujo sea decadente ya que

el operador no pasa el material a la siguiente estación hasta que este acaba las 3 unidades, además en cada estación se va acumulando material y en el proceso están acumulados 5 lotes, como se muestra en la siguiente ilustración.



Figura 54. Proceso de Producción el Producto

Debido a que hay una distancia considerable entre estaciones, el tiempo en el que fluye el material es significativo.

Para mejorar esta situación se ha propuesto una nueva ubicación de estaciones de trabajo la cual designaremos con el nombre de configuración “C”, además se ha adquirido una banda transportadora y un contenedor de producto terminado; y se pretende que los mismos operarios se hagan responsables de asegurar la calidad en su respectivo proceso.



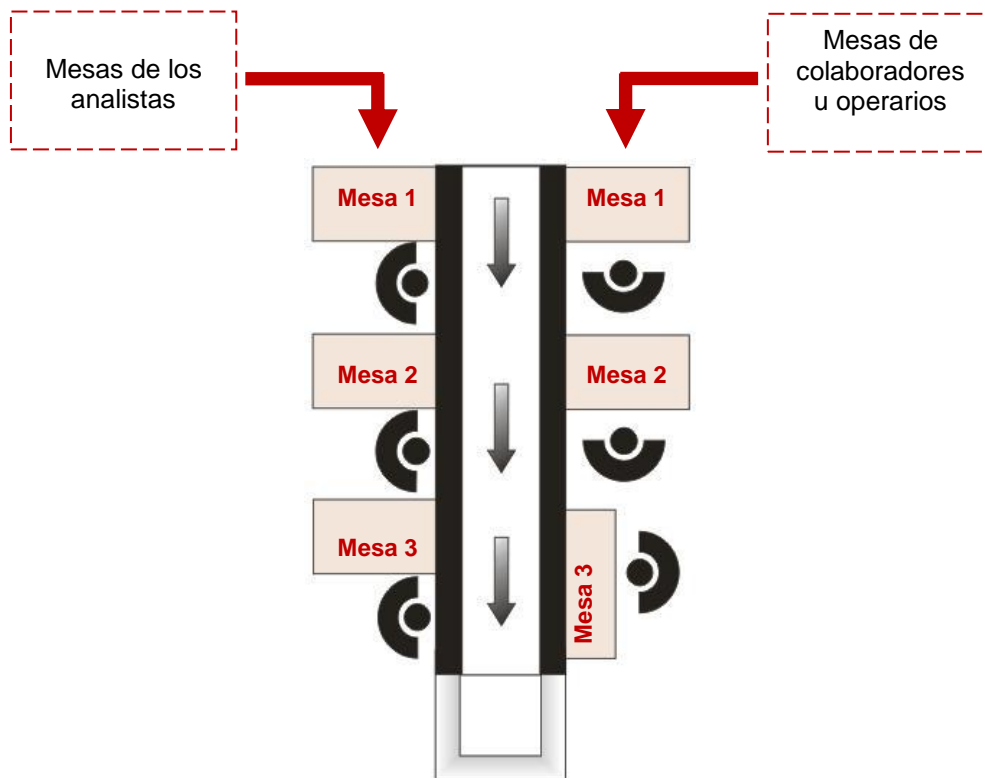


Figura 55. Configuración GT30J

El objetivo de los cambios hechos es la creación de un flujo continuo, reducir el tiempo de producción, además del personal que participa en dicho proceso y asegurar la calidad del producto.

En la presente dinámica se comprobará si los cambios efectuados son la solución para resolver los problemas antes mencionados, para esto participarán los siguientes roles:

- *Cliente:* Será quien solicite el producto, y el determinará la cantidad requerida, así como el tiempo y lugar de entrega.
- *Producción:* deberán ensamblar los cespól para satisfacer la demanda del cliente.
- *Inspector de calidad:* Es quien revisará que el producto cumple con las especificaciones que el cliente solicitó.

- *Transporte:* Este tendrá que estar pendiente de la salida de línea del producto, ya que éste deberá transportar el producto terminado al almacén.
- *Ventas:* Este será un puente de información entre el cliente y producción; será el encargado de tomar la orden sobre los requerimientos del cliente (tiempo de entrega y cantidad) y hacérselo saber a producción; así como negociar con el cliente cuando la demanda no pueda ser entregada en las circunstancias en que las lo solicita.
- *Logística:* Será el encargado de que la materia prima llegue en el momento y cantidad adecuados.
- *Analistas:* Observarán el proceso y tomarán nota de las anomalías observadas, para que se mejore el sistema.

Además, se realizará en dos bloques, el primero donde se representará la situación que no agrega valor, es decir, el proceso que se realiza por lotes. En el segundo bloque la situación propuesta.

### **Actividades del usuario**

Para la actividad los usuarios se repartirán las actividades de cliente, ventas, logística, inspección de calidad, analistas 1, 2 y 3, y colaboradores 1, 2 y 3 en una secuencia de dos bloques como muestra la problemática.

#### Actividades del cliente en el primer bloque

1. Lanzar los dados al aire (un dado representa el tiempo y el otro las unidades requeridas).
2. Especificar requerimientos del producto (tiempo y cantidad de entrega de acuerdo a los dados).
3. Ponerse en contacto con ventas y emitir el pedido.

**Nota: En el tiempo cada unidad representa 10 min., es decir, si al lanzar el dado cae 3, entonces son 30 min.**

#### Actividades de ventas, en el primer bloque

1. Elaborar el pedido de acuerdo a las especificaciones del cliente (Formato GT305).
2. Emitir pedido a producción.

#### Actividades de ventas en el segundo bloque

1. En caso de que el tiempo sea muy corto o la cantidad demasiado alta, negociar con el cliente para poder cumplir con el pedido.
2. Elaborar el pedido de acuerdo a las especificaciones del cliente (Formato GT305).
3. Emitir pedido a producción.

#### Actividades de logística, en el primer bloque

1. Realizar una lista de requerimientos de materia prima y emitir una orden de compra (Formato GT306).
2. Encargarse que cada estación de trabajo cuente con el material necesario.

#### Actividades de logística en el segundo bloque

1. Realizar una lista de requerimientos de materia prima y emitir una orden de compra (Formato GT306).
2. Encargarse que cada estación de trabajo cuente con el material necesario (de acuerdo a una orden de trabajo, emitir ésta junto con el material) para realizar sus actividades en el momento y cantidad necesarios.
3. Encargarse de que el pedido sea entregado en tiempo y cantidad requeridos.

#### Actividades del inspector de calidad, solo en el primer bloque.

1. Preparar el área de trabajo.
2. Ir inspeccionando 2 piezas por cada lote, verificando que las especificaciones del cliente se cumplan.

Actividades del analista 1, en los dos bloques

1. Ponerse en una posición cómoda.
2. Observar las tareas realizadas (en el proceso del pedido del cliente).
3. Anotar el proceso.
4. Anotar todas las anomalías encontradas.

Actividades del analista 2, en los dos bloques

1. Ponerse en una posición cómoda.
2. Indicar al colaborador 1 cuándo iniciar.
3. Observar las tareas realizadas (en la estación 1 y 2).
4. Anotar el proceso.
5. Anotar todas las anomalías encontradas.

Actividades del analista 3, en los dos bloques

1. Ponerse en una posición cómoda.
2. Observar las tareas realizadas (en la estación 3 y en la entrega del producto al cliente).
3. Anotar el proceso.
4. Anotar todas las anomalías encontradas.

Actividades del colaborador 1

1. Preparar el área de trabajo (de acuerdo a cada bloque).
2. Ponerse en una posición cómoda.
3. Empezar a ensamblar de acuerdo a la hoja de instrucciones CESPOL-E1, cuando lo indique el analista 1.
  - a. En el bloque 1: Revisarla antes de iniciar la actividad.
  - b. En el bloque 2: Llegará con el material.

Actividades del colaborador 2

1. Preparar el área de trabajo (de acuerdo a cada bloque).

2. Ponerse en una posición cómoda.
3. Empezar a ensamblar de acuerdo a la hoja de instrucciones CESPOL-E2, cuando llegue el material.
  - a. En el bloque 1: Revisarla antes de iniciar la actividad.
  - b. En el bloque 2: Llegará con el material.

#### Actividades del colaborador 3

1. Preparar el área de trabajo (de acuerdo a cada bloque).
2. Ponerse en una posición cómoda.
3. Empezar a ensamblar de acuerdo a la hoja de instrucciones CESPOL-E3, cuando llegue el material.
  - a. En el bloque 1: Revisarla antes de iniciar la actividad.
  - b. En el bloque 2: Llegará con el material.

#### Actividades finales (todos los integrantes)

1. Realizar un diagrama de flujo de todo el proceso, es decir, desde que el cliente emite el pedido hasta que el producto es entregado a éste. (De cada bloque)
2. Por medio de un diagrama de Gantt demuestra las mejorías o cambios que hubo en el proceso.
3. Hacer un informe de las diferencias que se encontraron entre el proceso de los dos bloques.

#### **Actividades del instructor**

1. Proporcionar a los usuarios el material didáctico necesario para desarrollar la actividad.
2. Proporcionar los formatos GT305 a los usuarios de ventas y el formato GT306 a los usuarios de logística.
3. Proporcionar los formatos CESPOL-E1, CESPOL-E2 y CESPOL-E3 a los usuarios asignados como colaboradores.

4. El instructor podrá asesorar a los usuarios acerca de las actividades a desarrollar, así como evaluar los resultados de la dinámica.

### **Entregables**

1. 2 diagramas de flujo (bloque 1 y bloque 2).
2. Diagrama de Gantt.
3. Informe de diferencias.
4. Formatos utilizados en la dinámica, rellenos (Formato GT305 y GT306).
5. Reflexiones grupales contestadas.

### **Reflexiones finales**

1. ¿Este sistema te parece útil?
2. ¿Qué factor se te hace esencial para lograr un One-Peace-Flow óptimo?
3. ¿Cuál fue la mayor diferencia entre el bloque 1 y 2?
4. ¿De qué manera mejorarías el sistema propuesto?
5. ¿La configuración que se utilizó fue la correcta?, ¿Tú cuál hubieras utilizado?

## Práctica 14 “JIT (Takt Time)”

### Sustento teórico

Ver tema 1.12 JIT (Takt Time)

### Objetivo

El objetivo de la siguiente dinámica es que el usuario aplique lo que conocemos como takt time, de una manera práctica y lo más asemejado posible a la realidad.

### Formatos Sugeridos

1. Formato GT305.
2. Formato GT306.
3. Formato LEG-SM-E1.
4. Formato LEG-SM-E2.
5. Formato LEG-SM-E3.

### Material didáctico

1. Mesas de grupo de trabajo 3 (GT3) “Traslado”.
2. Configuración GT30K.
3. Legos.

### Problemática

Suponga que es una empresa que se dedica a la fabricación de juegos de mesas con sillas se pretende aplicar takt time en la fabricación de dichos juegos para ello se dividirá la investigación y aplicación en 2 bloques, el primero será para sacar los datos necesarios para poder hacer el cálculo del takt time de manera óptima. En el segundo bloque se realizará el proceso desde el pedido del cliente hasta su entrega. Los encargados de asumir los roles para fines de esta dinámica serán:

- *El cliente:* que será quien solicite el producto, y el determinará la cantidad requerida, así como el tiempo y lugar de entrega.

- *Producción (colaboradores)*: Éstos se encargarán del ensamblado de los “legos”.
- *Ventas*: Este será un puente de información entre el cliente y producción; será el encargado de tomar la orden del cliente (tiempo de entrega y cantidad) y hacérselo saber a producción; así como negociar con el cliente cuando la demanda no pueda ser entregada en las circunstancias en que las lo solicita.
- *Logística*: Será el encargado de que la materia prima llegue en el momento y cantidad adecuados, así como de gestionar el tipo de transporte para la entrega al cliente.
- *Analistas*: Observarán el proceso y tomarán nota de las anomalías observadas, para que se mejore el sistema.

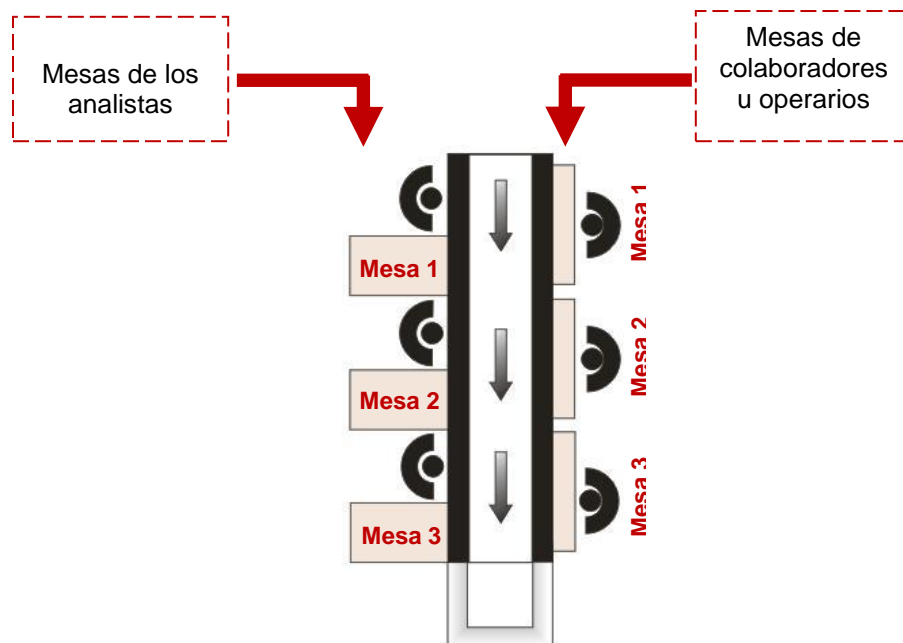


Figura 56. Configuración GT30K

### Actividades del usuario

Para la actividad los usuarios se repartirán las actividades de cliente, ventas, logística, analistas 1, 2 y 3, y colaboradores 1, 2 y 3 en una secuencia de dos bloques como muestra la problemática.

Actividades del analista 1, en el primer bloque

1. Ponerse en una posición cómoda.



2. Observar las tareas realizadas (en la estación 1).
3. Anotar el tiempo de ensamble de cada pieza en la estación 1 (formato GT307).
4. Anotar posibles mejoras.

Actividades del analista 2, en el primer bloque

1. Ponerse en una posición cómoda.
2. Observar las tareas realizadas (en la estación 1).
3. Anotar el tiempo de ensamble de cada pieza en la estación 1 (formato GT307).
4. Anotar posibles mejoras.

Actividades del analista 3, en el primer bloque

1. Ponerse en una posición cómoda.
2. Observar las tareas realizadas (en la estación 1).
3. Anotar el tiempo de ensamble de cada pieza en la estación 1 (formato GT307).
4. Anotar posibles mejoras.

Actividades por todos los integrantes

1. Calcular el takt time de este proceso de ensamble.

Actividades del cliente en el segundo bloque

1. Lanzar los dados al aire (un dado representa el tiempo y el otro las unidades requeridas).
2. Especificar requerimientos del producto (tiempo y cantidad de entrega de acuerdo a los dados).
3. Ponerse en contacto con ventas y emitir el pedido.

**Nota: En el tiempo cada unidad representa 10 min., es decir, si al lanzar el dado cae 3, entonces son 30 min.**

#### Actividades de ventas en el segundo bloque

1. En caso de que el tiempo sea muy corto o la cantidad demasiado alta, negociar con el cliente para poder cumplir con el pedido.
2. Elaborar el pedido de acuerdo a las especificaciones del cliente (Formato GT305).
3. Emitir pedido a producción.

#### Actividades de logística en el segundo bloque

1. Realizar una lista de requerimientos de materia prima y emitir una orden de compra (Formato GT306).
2. Encargarse que cada estación de trabajo cuente con el material necesario (de acuerdo a una orden de trabajo, emitir esta junto con el material) para realizar sus actividades en el momento y cantidad necesarios.
3. Encargarse de que el pedido sea entregado en tiempo y cantidad requeridos.

#### Actividades del analista 1 en el segundo bloque

1. Ponerse en una posición cómoda.
2. Observar las tareas realizadas (en el proceso del pedido del cliente).
3. Anotar el proceso (tiempo, formato GT307).
4. Anotar todas las anomalías encontradas.

#### Actividades del analista 2 en el segundo bloque

1. Ponerse en una posición cómoda.
2. Observar las tareas realizadas (en la estación 1 y 2).
3. Anotar el proceso (tiempo, formato GT307).
4. Anotar todas las anomalías encontradas.

#### Actividades del analista 3 en el segundo bloque

1. Ponerse en una posición cómoda.

2. Observar las tareas realizadas (en la estación 3 y en la entrega del producto al cliente).
3. Anotar el proceso (tiempo, formato GT307).
4. Anotar todas las anomalías encontradas.

#### Actividades del colaborador 1

1. Preparar el área de trabajo (de acuerdo a cada bloque).
2. Ponerse en una posición cómoda.
3. Empezar a ensamblar de acuerdo a la hoja de instrucciones LEG-SM-E1.
  - a. En el bloque 1: Revisarla antes de iniciar la actividad.
  - b. En el bloque 2: Llegará con el material.

#### Actividades del colaborador 2

1. Preparar el área de trabajo (de acuerdo a cada bloque).
2. Ponerse en una posición cómoda.
3. Empezar a ensamblar de acuerdo a la hoja de instrucciones LEG-SM-E2.
  - a. En el bloque 1: Revisarla antes de iniciar la actividad.
  - b. En el bloque 2: Llegará con el material.

#### Actividades del colaborador 3

1. Preparar el área de trabajo (de acuerdo a cada bloque).
2. Ponerse en una posición cómoda.
3. Empezar a ensamblar de acuerdo a la hoja de instrucciones LEG-SM-E3.
  - a. En el bloque 1: Revisarla antes de iniciar la actividad.
  - b. En el bloque 2: Llegará con el material.

#### Actividades finales (todos los integrantes)

1. Realizar un diagrama de flujo de proceso.
2. Realizar un reporte de la experiencia vivida.
3. Evaluar calcular nuevamente el takt time con los datos del segundo bloque.

### Actividades del instructor

1. Proporcionar a los usuarios el material didáctico necesario para desarrollar la actividad.
2. Proporcionar los formatos GT305 a los usuarios de ventas, el formato GT306 a los usuarios de logística y el formato GT307 a los usuarios analistas.
3. Proporcionar los formatos LEG-SM-E1, LEG-SM-E2 y LEG-SM-E3 a los usuarios asignados como colaboradores.
4. El instructor podrá asesorar a los usuarios acerca de las actividades a desarrollar, así como evaluar los resultados de la dinámica.

### Entregables

1. Diagrama de flujo.
2. Reporte de experiencia.
3. Takt time del primer bloque.
4. Takt time del segundo bloque.
5. Formatos utilizados en la dinámica, rellenos (Formato GT305, GT306 y GT307).
6. Reflexiones grupales contestadas.

### Reflexiones finales

1. ¿Este sistema te parece útil?
2. ¿Los datos recabados en el bloque 1 te fueron de utilidad?
3. ¿Hubieras podido sacar el takt time sin el primer bloque?
4. ¿Hubo diferencias entre el takt time del primer bloque con el del segundo?  
¿Cuál?
5. ¿Qué consideras que es lo que influyó para que cambiara?

## Práctica 15 “Jidoka (Autocontrol)”

### Sustento teórico

Ver tema 1.13 Jidoka (Autocontrol)

### Objetivo

El objetivo de la siguiente dinámica es que el usuario realice el ensamblado de un producto por medio de la transformación de un esfuerzo humano en un esfuerzo mecánico, es decir, que se le agregue valor al proceso, sin gastar millones de un solo tajo, así como que la calidad sea cumplida a un 100%, y de esta siga siendo responsabilidad del operario (calidad autónoma).

### Formatos Sugeridos

1. Formato CAU-E1.
2. Formato CAU-E2.
3. Formato CAU-E3.

### Material didáctico

1. Mesas de grupo de trabajo 3 (GT3) “Traslado”.
2. Configuración GT30L.
3. “Cautines”.

### Problemática

Esta es una empresa dedicada al ensamble de cautines, se realizan todos los ensambles de manera manual, no obstante, han adquirido un nuevo cliente, y es necesario que empiecen a optimizar el proceso de producción, esto con el objetivo de cumplir con los requerimientos que el cliente pide. Se ha pensado empezar a automatizar la línea de ensamble, sin embargo, por el costo que implica esto, sólo se ha adquirido una banda transportadora que cuenta con paro de emergencia, al igual que desarmadores eléctricos, con el objetivo de no dejar pasar defectos.

Por medio de la siguiente dinámica demuestra si el jidoka se cumple o como se puede hacer para que se cumpla. Para ello se realizará la dinámica en dos bloques. En el primer bloque se ensamblarán los cautines con desarmadores simples, y no se utilizará la banda transportadora (de preferencia usar mesas de trabajo uno

“ensamble manual” si se cuenta con ésta); en el segundo bloque se utilizará la banda transportadora y desarmadores eléctricos.

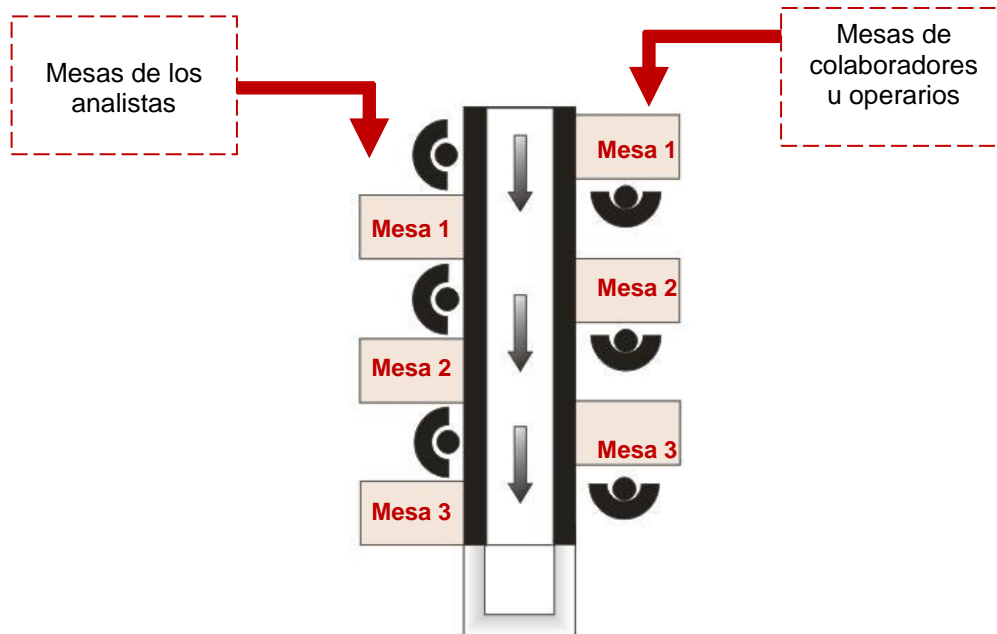


Figura 57. Configuración GT30L

### Actividades del usuario

Para la actividad los usuarios se repartirán los roles de analistas 1, 2 y 3, y colaboradores 1, 2 y 3 para realizar las siguientes actividades:

Actividades iniciales por todos los integrantes

1. Realizar el diagrama flujo de procesos del ensamblado (formato GT308).

Actividades del analista 1, en los dos bloques

1. Ponerse en una posición cómoda.
2. Indicar al colaborador 1 cuándo iniciar.
3. Observar las tareas realizadas en la estación 1.
4. Anotar los tiempos de ensamble en el formato GT308.
5. Anotar todas las anomalías encontradas.

Actividades del analista 2, en los dos bloques

1. Ponerse en una posición cómoda.

2. Observar las tareas realizadas en la estación 1.
3. Anotar los tiempos de ensamble en el formato GT308.
4. Anotar todas las anomalías encontradas.

#### Actividades del analista 3, en los dos bloques

1. Ponerse en una posición cómoda.
2. Observar las tareas realizadas en la estación 1.
3. Anotar los tiempos de ensamble en el formato GT308.
4. Anotar todas las anomalías encontradas.

#### Actividades del colaborador 1

1. Preparar el área de trabajo (de acuerdo a cada bloque).
2. Ponerse en una posición cómoda.
3. Empezar a ensamblar cuando lo indique el analista, de acuerdo a la hoja de instrucciones CAU-E1 (se utilizará la misma hoja de instrucciones en los dos bloques, ya que sólo se cambiarán las herramientas, no el proceso de ensamblado).

#### Actividades del colaborador 2

1. Preparar el área de trabajo (de acuerdo a cada bloque).
2. Ponerse en una posición cómoda.
3. Empezar a ensamblar cuando llegue el material, de acuerdo a la hoja de instrucciones CAU-E2 (se utilizará la misma hoja de instrucciones en los dos bloques, ya que sólo se cambiarán las herramientas, no el proceso de ensamblado).

#### Actividades del colaborador 3

1. Preparar el área de trabajo (de acuerdo a cada bloque).
2. Ponerse en una posición cómoda.
3. Empezar a ensamblar cuando llegue el material, de acuerdo a la hoja de instrucciones CAU-E3 (se utilizará la misma hoja de instrucciones en los dos bloques, ya que sólo se cambiarán las herramientas, no el proceso de ensamblado).

### Actividades finales (todos los integrantes)

1. Hacer un informe confirmando o negando si se cumple el Jidoka en esta dinámica, en cualquiera de los dos casos justificar por qué.
2. En caso de que no se haya cumplido con Jidoka, ¿Qué propones para que se cumpla?
3. Investigar alguna clase de tecnología más avanzada se puede utilizar en un proceso de ensamblado de este tipo.
4. Investigar sobre la auto-nominación del proceso.

### Actividades del instructor

1. Proporcionar a los usuarios el material didáctico necesario para desarrollar la actividad.
2. Proporcionar los formatos GT308 a los usuarios analistas.
3. Proporcionar los formatos CAU-E1, CAU-E2, CAU-E3 a los usuarios asignados como colaboradores.
4. El instructor podrá asesorar a los usuarios acerca de las actividades a desarrollar, así como evaluar los resultados de la dinámica.

### Entregables

1. Diagrama de flujo de procesos (formato GT308).
2. Informe sobre Jidoka.
3. Investigación sobre tecnología.
4. Investigación sobre la auto nominación del proceso.
5. Reflexiones grupales contestadas.

### Reflexiones finales

1. ¿El proceso cumplió con Jidoka?
2. ¿Este proceso en qué nivel del Jidoka se encuentra?
3. ¿Consideras que los cambios que se hicieron son valor agregado para el proceso?, ¿Por qué?
4. ¿La configuración que se utilizó fue la correcta? ¿Tú cuál hubieras utilizado?



## **Práctica 16 “Heijunka (Producción Equilibrada)”**

### **Sustento teórico**

Ver tema 1.14 Heijunka (Producción Equilibrada)

### **Objetivo**

El objetivo de la siguiente dinámica es que el usuario comprenda en un caso práctico, el funcionamiento de heijunka, para que sepa cuándo utilizarlo y cuándo no.

### **Formatos Sugeridos**

1. Formato LEG-ROB-E1.
2. Formato LEG-ROB-E2.
3. Formato LEG-ROB-E3.
4. Formato LEG-GL-E1.
5. Formato LEG-GLE2.
6. Formato LEG-GL-E3.
7. Formato LEG-CA-E1.
8. Formato LEG-CA-E2.
9. Formato LEG-CA-E3.
10. Formato GT305.
11. Formato GT309.

### **Material didáctico**

1. Mesas de grupo de trabajo 3 (GT3) “Traslado”.
2. Configuración “C3”.
3. Legos.

### **Problemática**

Esta es una empresa que elabora tres productos diferentes, los cuales son: robots, gallos y caracoles de juguete (Lote A, B y C respectivamente), su producción se basa en la elaboración de grandes lotes, los cuales causan en el personal que baje

el rendimiento en un solo producto, se pretende que a la semana se produzcan volúmenes de 200 piezas del artículo A, 100 de B y 50 del C, y esto fue planeado como se muestra a continuación:

**Tabla 19.** Actividad 16 Planeación de la Producción de los Productos A, B y C.

<b>Días laborales</b>	<b>Turno (horas)</b>	<b># De artículos.</b>
<b>Lunes</b>	90 min	70 A
<b>Martes</b>	90 min	70 A
<b>Miércoles</b>	90 min	60 A- 10 B
<b>Jueves</b>	90 min	70 B
<b>Viernes</b>	90 min	20 B- 50 C

Lo que se pretende es que se empiece a producir de manera equilibrada, es decir, que se produzcan los tres productos en lotes pequeños repartidos en el turno.

Ejemplo:

**Tabla 20.** Actividad 16 Balanceo de la Producción de los Productos A, B y C.

<b>Días laborales</b>	<b>Turno (horas)</b>	<b># De artículos.</b>
<b>Lunes</b>	1	20 A-10B-10C 10A-10B-10C
<b>Martes</b>	1	20 A-10B-10C 10A-10B-10C
<b>Miércoles</b>	1	20 A-10B-10C 10A-10B-10C
<b>Jueves</b>	1	20 A-10B-10C 10A-10B-10C
<b>Viernes</b>	1	20 A-10B-10C 10A-10B-10C

A continuación, se va representar un día de trabajo en el cual el cliente hará su pedido para la semana de los tres productos, para esto participarán los siguientes roles:

- *Cliente:* Será quien solicite el producto. Determinará la cantidad requerida, así como el tiempo y lugar de entrega.
- *Producción:* deberán ensamblar los cespól para satisfacer la demanda del cliente.

- *Ventas*: Este será un puente de información entre el cliente y producción; será el encargado de tomar la orden sobre los requerimientos del cliente (tiempo de entrega y cantidad) y hacérselo saber a producción; así como negociar con el cliente cuando la demanda no pueda ser entregada en las circunstancias en que las lo solicita.
- *Logística*: Será el encargado de que la materia prima llegue en el momento y cantidad adecuados.
- *Analistas*: Observarán el proceso y tomarán nota de las anomalías observadas, para que se mejore el sistema.

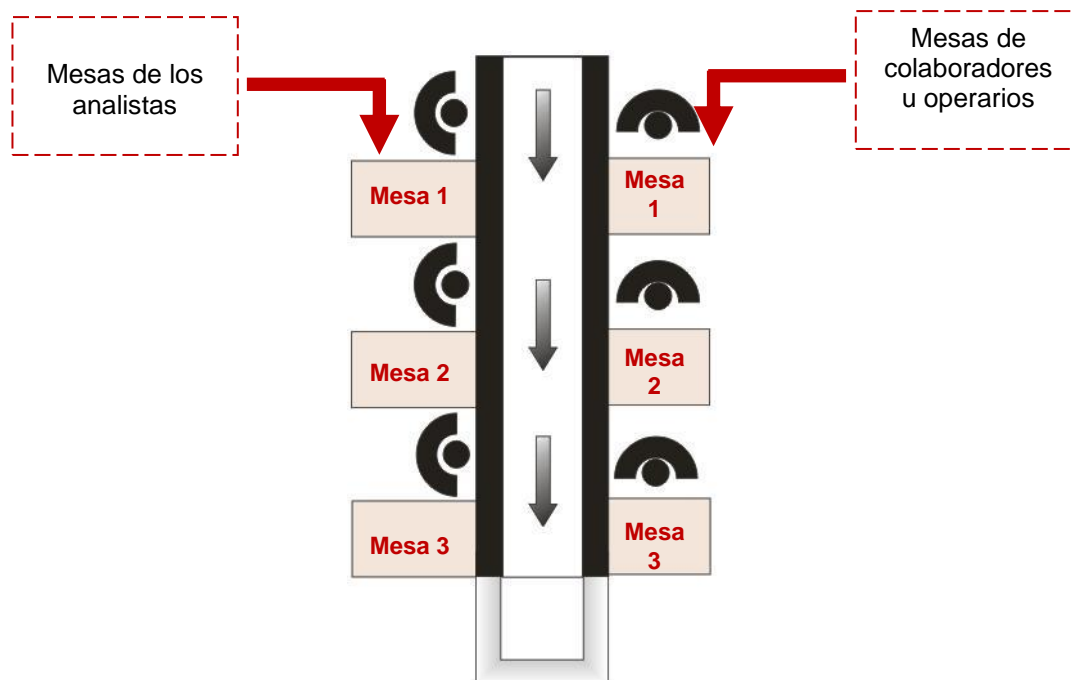


Figura 58. Configuración GT30M

Además, se realizará en dos bloques, el primero donde se representará la situación que no agrega valor, es decir, el proceso que se realiza por lotes. En el segundo bloque la situación propuesta.

#### Actividades del usuario

1. Para la actividad los usuarios se repartirán los roles de cliente, ventas, logística, analistas 1, 2 y 3, y colaboradores 1, 2 y 3 para realizar las siguientes actividades:

#### Actividades del cliente

1. Lanzar el dado al aire una vez por cada producto (donde se representan las unidades requeridas).
2. Especificar requerimientos del producto (tiempo y cantidad de entrega de acuerdo al dado).
3. Ponerse en contacto con ventas y emitir el pedido.

**Nota: En el tiempo cada unidad representa 10 piezas, es decir, si al lanzar el dado cae 3, entonces son 30 piezas.**

#### Actividades de ventas

1. En caso de que la cantidad sea demasiado alta, negociar con el cliente para poder cumplir con el pedido.
2. Elaborar el pedido de acuerdo a las especificaciones del cliente (Formato GT305).
3. Emitir pedido a producción.

#### Actividades de logística

1. Encargarse que cada estación de trabajo cuente con el material necesario por lotes (de acuerdo a la respectiva hoja de instrucciones) para realizar sus actividades en el momento y cantidad necesarios.
2. Encargarse de que el pedido sea entregado en tiempo y cantidad requeridos.

#### Actividades por todos los integrantes

1. Determinar tiempo del turno.
2. Determinar días laborales.
3. Determinar la cantidad de unidades por lotes y cuántos lotes se ensamblarán por día (para la semana- formato GT309).
4. Revisar las hojas de instrucciones y designar actividades a cada colaborador.

#### Actividades del analista 1

1. Ponerse en una posición cómoda.
2. Observar las tareas realizadas (en el proceso del pedido del cliente).
3. Anotar el proceso.
4. Anotar todas las anomalías encontradas y oportunidades de mejora.

#### Actividades del analista 2

1. Ponerse en una posición cómoda.
2. Indicar al colaborador 1 cuándo iniciar.
3. Observar las tareas realizadas (en la estación 1 y 2).
4. Anotar el proceso.
5. Anotar todas las anomalías encontradas y oportunidades de mejora.

#### Actividades del analista 3

1. Ponerse en una posición cómoda.
2. Observar las tareas realizadas (en la estación 3 y en la entrega del producto al cliente).
3. Anotar el proceso.
4. Anotar todas las anomalías encontradas y oportunidades de mejora.

#### Actividades del colaborador 1

1. Preparar el área de trabajo.
2. Ponerse en una posición cómoda.
3. Empezar a ensamblar cuando lo indique el analista 2 de acuerdo a la respectiva hoja de instrucciones.

#### Actividades del colaborador 2 y 3

1. Preparar el área de trabajo.
2. Ponerse en una posición cómoda.
3. Empezar a ensamblar cuando llegue el material, de acuerdo a la respectiva hoja de instrucciones.

#### Actividades finales (todos los integrantes)

1. Realizar un diagrama de flujo de todo el proceso, es decir, desde que el cliente emite el pedido, hasta que el producto es entregado a éste.
2. Hacer un informe los beneficios que proporciona heijunka.

#### Actividades del instructor

1. Proporcionar a los usuarios el material didáctico necesario para desarrollar la actividad.
2. Proporcionar los formatos LEG-ROB-E1, LEG-ROB-E2, LEG-ROB-E3, LEG-GL-E1, LEG-GL-E2, LEG-GL-E3, LEG-CA-E1, LEG-CA-E2, LEG-CA-E3, GT305, GT309 a los usuarios.
3. El instructor podrá asesorar a los usuarios acerca de las actividades a desarrollar, así como evaluar los resultados de la dinámica.

#### Entregables

1. Diagramas de flujo.
2. Informe de beneficios.
3. Formatos utilizados en la dinámica, rellenos (Formato GT305 y GT309).
4. Reflexiones grupales contestadas.

#### Reflexiones finales

1. ¿Este sistema te parece útil?
2. ¿Qué otras herramientas de lean utilizaste para lograr equilibrar tu producción?
3. ¿Cuál es la mayor ventaja que proporciona heijunka en la producción?
4. ¿Cuál es la mayor desventaja que presenta heijunka en este proceso?
5. ¿Tú utilizarías heijunka, si se te encontraras en una situación parecida?, (en caso de que la respuesta sea negativa), ¿Qué herramienta o sistema utilizarías?

## **Práctica 17 “Shojinka (Flexibilidad en el Trabajo)”**

### **Sustento teórico**

Ver tema 1.15 Shojinka (Flexibilidad en el Trabajo)

### **Objetivo**

El objetivo de la siguiente dinámica es que el usuario comprenda el concepto de Shojinka, además la aplicación práctica de dicho sistema, ya que es necesario el saber y comprender los beneficios que este proporciona, por medio de la generación de personal polivalente.

### **Formatos Sugeridos**

1. Formato GT308.
2. Formato CESPOL-E1.
3. Formato CESPOL-E2.
4. Formato CESPOL-E3.

### **Material didáctico**

1. Mesas de grupo de trabajo 3 (GT3) “Traslado”.
2. Configuración GT300.
3. 10 cespól.

### **Problemática**

En el transcurso de la producción se hará intercambio de operadores fomentando la polivalencia, es decir que, sepan todo el proceso de ensamblado, esto con el objetivo de que aumente su productividad evitando la rutina, o en caso de que alguno de los operadores no se encuentre, otra persona pueda tomar su lugar, o incluso que se pueda seguir el proceso normal de ensamblado solo con 2 operadores.

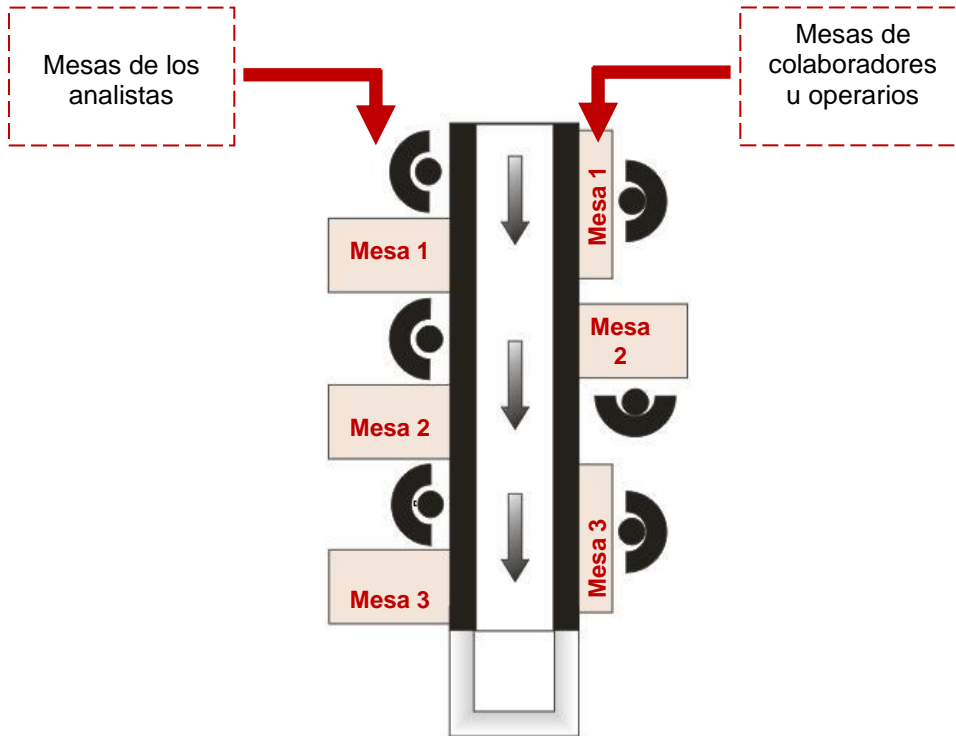


Figura 59. Configuración GT300

A continuación, se contará con 3 operadores (colaboradores), los cuales ensamblarán cespól en pequeños lotes de 3 piezas (3 lotes completos y 1 lote incompleto, es decir, de una pieza), por cada lote los operadores rotarán entre las tres estaciones, esto con el objetivo que los tres sean capaces de conocer todo el proceso de ensamblado.

Después de que se termine de ensamblar las 10 piezas, se volverán a desarmar los cespól, para realizar nuevamente el proceso de ensamblado solo con 2 operadores los cuales también tendrán que rotar estaciones de trabajo, ejemplo:

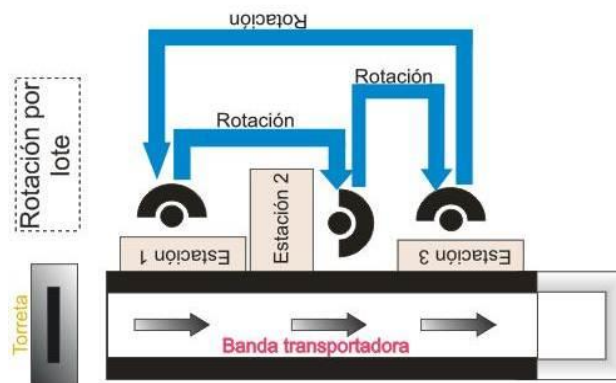


Figura 60. Ejemplo Práctica 17



## Actividades del usuario

Para la actividad los usuarios se repartirán los roles de analistas 1, 2 y 3, y colaboradores 1, 2 y 3 para realizar las siguientes actividades:

### Actividades iniciales por todos los integrantes

1. Revisar las hojas de instrucciones del Cespól (Formato CESPOL-E1, CESPOL-E2 y CESPOL-E3), de manera que todos conozcan el armado de éstos.
2. Realizar un diagrama de flujo de dichos procesos de armado.
3. Armar un proceso de ensamble en el que requieran sólo dos operadores.

### Actividades del analista 1

1. Ponerse en una posición cómoda.
2. Observar las tareas realizadas (en la estación 1).
3. Indicarle cuándo iniciar al primer operador que pase a la estación 1.
4. Tomar el tiempo de cada operador que pase a la estación.

### Actividades del analista 2

1. Ponerse en una posición cómoda.
2. Observar las tareas realizadas (en la estación 2).
3. Tomar el tiempo de cada operador que pase a la estación.

### Actividades del analista 3

1. Ponerse en una posición cómoda.
2. Observar las tareas realizadas (en la estación 2)
3. Tomar el tiempo de cada operador que pase a la estación.

### Actividades del colaborador 1

1. Preparar el área de trabajo.
2. Ponerse en una posición cómoda.
3. Empezar a ensamblar cuando lo indique el analista 1.

4. Al completar el primer lote (3 piezas), pasar a la estación 2, posteriormente al terminar el segundo lote pasar a la estación 3, y así sucesivamente.

#### Actividades del colaborador 2

1. Preparar el área de trabajo.
2. Ponerse en una posición cómoda.
3. Empezar a ensamblar cuando llegue el material.
4. Al completar el primer lote (3 piezas), pasar a la estación 3, posteriormente al terminar el segundo lote pasar a la estación 1 y así sucesivamente.

#### Actividades del colaborador 3

1. Preparar el área de trabajo.
2. Ponerse en una posición cómoda.
3. Empezar a ensamblar cuando llegue el material.
4. Al completar el primer lote (3 piezas), pasar a la estación 1, posteriormente al terminar el segundo lote pasar a la estación 2 y así sucesivamente.

#### Actividades finales (todos los integrantes)

1. Realizar una comparación del nivel de productividad de cada operador en cada estación.
2. Hacer propuestas de movimiento de personal (ya sea rotarlos de manera diferente, reducir el número de personal o aumentarlo, etc.).
3. Realizar ensambles con dos operadores (de preferencia rotando con el tercero, es decir, al terminar un lote se rota, uno sale y otro entra, para que sigan siendo 2 en el proceso).
4. Realizar un reporte de la experiencia vivida.

### **Actividades del instructor**

1. Proporcionar a los usuarios el material didáctico necesario para desarrollar la actividad.
2. Proporcionar los formatos CESPOL-E1, CESPOL-E2, CESPOL-E3 a los usuarios.
3. Proporcionar el formato GT308 a los analistas.
4. El instructor podrá asesorar a los usuarios acerca de las actividades a desarrollar, así como evaluar los resultados de la dinámica.

### **Entregables**

1. Diagrama de flujo de los procesos de armado.
2. Proceso de ensamble en el que requieran solo dos operadores.
3. Comparación de productividad.
4. Propuesta de movimiento de personal.
5. Reporte de experiencia.
6. Reflexiones grupales contestadas.

### **Reflexiones finales**

1. ¿Qué ventajas encuentras en Shojinka?
2. ¿Qué desventajas tiene?
3. ¿Tu como hubieras distribuido al personal?
4. ¿Qué diferencias hubo entre las dos veces que realizaste la dinámica?
5. ¿Qué estación es más complicada?

## **Práctica 18 “Soikufu (Pensamiento Creativo)”**

### **Sustento teórico**

Ver tema 1.16 Soikufu (Pensamiento Creativo)

### **Objetivo**

Despertar el sentido crítico e innovador en el usuario por medio del soikufu, a partir de la aplicación práctica en un proceso de ensamblado que pretende mostrar situaciones reales en los cuales los alumnos tendrán que proponer mejoras para mejorar el proceso o incluso para la solución de problemas.

### **Formatos Sugeridos**

1. Formato EXPE-E1.
2. Formato EXPE-E2.
3. Formato EXPE-E3
4. Formato GT3010.

### **Material didáctico**

1. Mesas de grupo de trabajo 3 (GT3) “Traslado”.
2. Configuración GT30P.
3. 10 exprimidores.
4. Cronómetro.

### **Problemática**

Suponga que se dedica a la fabricación de exprimidores eléctricos, cuentan con tres estaciones de ensamble, se ha decidido que se desea mejorar la línea de producción, por lo cual los analistas observarán y tomarán los datos necesarios para que al final entre todos los integrantes propongan ideas con el objetivo de aplicar una mejora continua en el proceso, es decir, apliquen el soikufu.

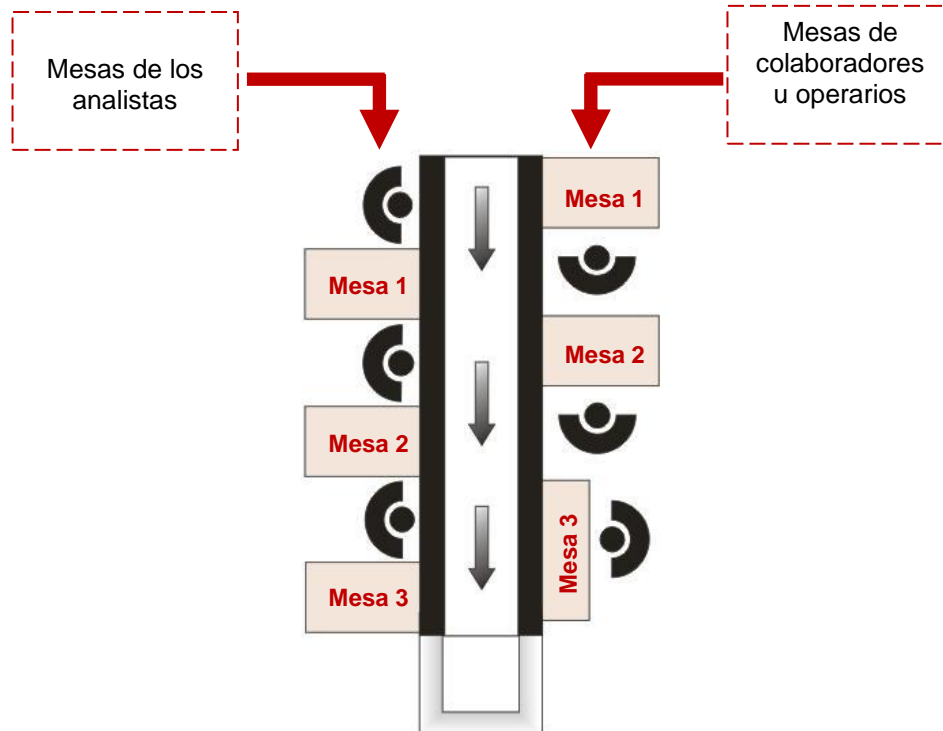


Figura 61. Configuración GT30P

### Actividades del usuario

Para la actividad los usuarios se repartirán los roles de analistas 1, 2 y 3, y colaboradores 1, 2 y 3 para realizar las siguientes actividades:

#### Actividades del analista 1, 2 y 3

1. Ponerse en una posición cómoda.
2. Observar las tareas realizadas.
3. Analista 1 indicar al colaborador 1 cuándo iniciar.
4. Anotar tiempos de operaciones.
5. Anotar posibles mejoras.
6. Anotar todas las anomalías encontradas.

#### Actividades del colaborador 1

1. Preparar el área de trabajo.
2. Ponerse en una posición cómoda.

3. Empezar a ensamblar de acuerdo al formato EXPE-E1, cuando lo indique el analista 1.
4. Poner el material en la banda para su traslado a la siguiente estación.

#### Actividades del colaborador 2

1. Preparar el área de trabajo.
2. Ponerse en una posición cómoda.
3. Empezar a ensamblar de acuerdo al formato EXPE-E2, cuando llegue el material.
4. Poner el material en la banda para su traslado a la siguiente estación.

#### Actividades del colaborador 3

1. Preparar el área de trabajo.
2. Ponerse en una posición cómoda.
3. Empezar a ensamblar de acuerdo al formato EXPE-E3, cuando llegue el material.
4. Poner el material en la banda para su traslado al final del proceso.

#### Actividades finales (todos los integrantes)

1. Realizar un diagrama de flujo de proceso.
2. Realizar sugerencias creativas para la mejora continua, por todos los miembros (analistas, colaboradores, y observadores externos) formato GT3010.
3. Hacer un análisis de las sugerencias hechas.
4. Realizar nuevamente la dinámica aplicando las sugerencias.
5. Realizar un diagrama de flujo de proceso aplicando las sugerencias de mejora.
6. Realizar una comparación entre ambos resultados.

### **Actividades del instructor**

1. Proporcionar a los usuarios el material didáctico necesario para desarrollar la actividad.
2. Proporcionar los formatos EXPE-E1, EXPE-E1, EXPE-E1 y GT3010 a los usuarios.
3. El instructor podrá asesorar a los usuarios acerca de las actividades a desarrollar, así como evaluar los resultados de la dinámica.

### **Entregables**

1. Dos diagramas de flujo de proceso.
2. Todas las sugerencias realizadas formato GT3010.
3. Análisis de las sugerencias hechas.
4. Comparación entre ambos resultados.
5. Reflexiones grupales contestadas.

### **Reflexiones finales**

1. ¿Qué beneficios proporciono Soikufu?
2. ¿Qué porcentaje de sugerencias fueron aplicadas en la segunda vez que se realizó la dinámica?
3. ¿Qué diferencias hubo entre la primera y segunda dinámica?
4. ¿Qué fue lo que más cambio en la segunda vez que se realizó la dinámica?

## **Práctica 19 “Mapeo de la cadena de valor”**

### **Sustento teórico**

Ver tema 1.17 Mapeo de la cadena de valor (VSM – Value Stream Mapping)

### **Objetivo**

El objetivo de la siguiente dinámica es que el usuario tenga la noción de la generación de una empresa lean, aplicando las herramientas aprendidas. Y por medio del mapeo de la cadena de valor, sea capaz de diseñar una empresa libre de desperdicios, sin descuidar la calidad del producto.

### **Formatos Sugeridos**

1. Formato GT308.
2. Formato CAU-E1.
3. Formato CAU-E2.
4. Formato CAU-E3.

### **Material didáctico**

1. Mesas de grupo de trabajo 3 (GT3) “Traslado”.
2. Configuración GT30A.
3. 10 cautines.

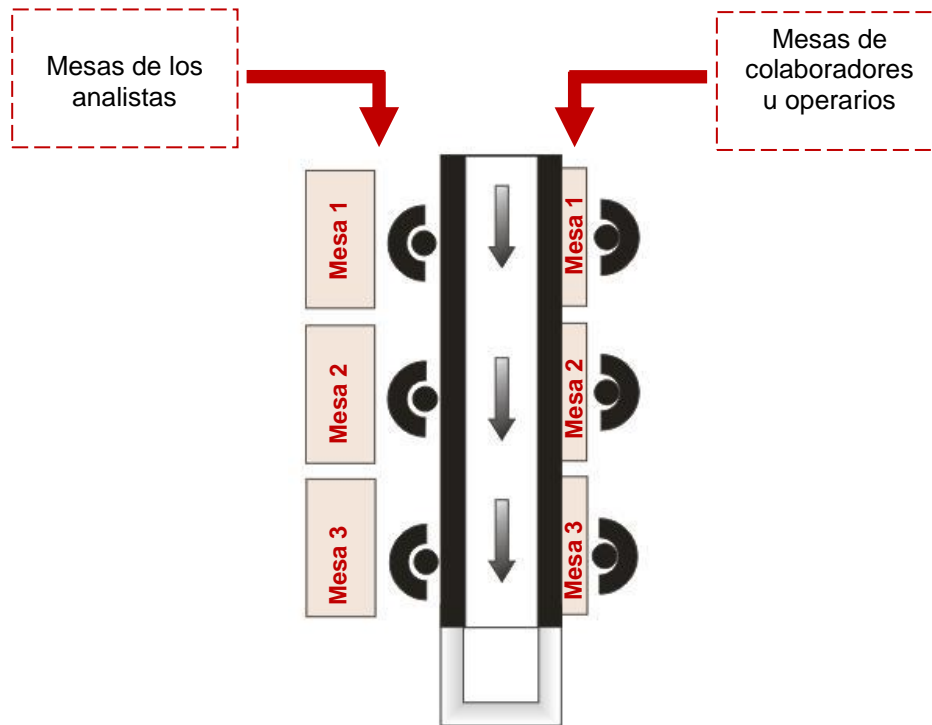
### **Problemática**

Esta es una empresa en la que se elaboran cautines, sin embargo, se ha tenido muchos problemas, ya que se han identificado que existen actividades que no agregan valor al producto. Por medio de la siguiente dinámica se propondrá una distribución en la cual se eliminen transportes, un sistema de flujo donde se eliminen inventarios, y además un análisis de procesos de ensamble para hacerlo eficiente.

Propondrá una distribución donde utilizará la configuración que hemos designado como GT30A, determinará la ubicación para el producto terminado y que operarios estarán distribuidos en las estaciones de trabajo, o si estos serán polivalentes.



Revisará las hojas de instrucciones propuestas en el presente manual y definirá si el proceso que éstas siguen es el adecuado, en caso contrario se tendrán que redefinir. Por último, creará un sistema de flujo continuo con el objetivo de reducir o eliminar los inventarios.



**Figura 62.** Configuración GT30A

### Actividades del usuario

Para la actividad los usuarios se repartirán los roles de analistas 1, 2 y 3, y colaboradores 1, 2 y 3 para realizar las siguientes actividades:

#### Actividades iniciales

1. Crear un diagrama de flujo o de recorrido, (respetando la configuración GT30A de las mesas), donde se propondrá una ubicación de materia prima, así como de producto terminado.
2. Acomodar las mesas de acuerdo a la configuración propuesta.
3. Proponer un sistema de flujo para evitar lo más posible los inventarios (de preferencia elige uno de los cuales se han visto anteriormente, por ejemplo, sistema pull, One-Peace-Flow, etc.).

4. Revisar hojas de instrucciones y evaluar si el proceso de ensamble propuesto favorece a los objetivos. En caso de que no sea así, redefinirlos. Para esto es necesario que se realice el ensamble.

#### Actividades del analista 1

1. Ponerse en una posición cómoda.
2. Indicar al colaborador cuándo iniciar.
3. Observar las tareas realizadas.
4. Anotar el proceso.
5. Tomar tiempos de proceso.
6. Anotar todas las anomalías encontradas.

#### Actividades del analista 2

1. Ponerse en una posición cómoda.
2. Observar las tareas realizadas.
3. Anotar el proceso.
4. Tomar tiempos de proceso.
5. Anotar todas las anomalías encontradas.

#### Actividades del analista 3

1. Ponerse en una posición cómoda.
2. Observar las tareas realizadas.
3. Anotar el proceso.
4. Tomar tiempos de proceso.
5. Anotar todas las anomalías encontradas.

#### Actividades del colaborador 1

1. Preparar el área de trabajo.
2. Ponerse en una posición cómoda.
3. Iniciar cuando el analista lo indique.
4. Empezar a ensamblar de acuerdo a la hoja de instrucciones CAU-E1.

5. Poner el material en la banda para que sea trasladada a la siguiente estación.

#### Actividades del colaborador 2

1. Preparar el área de trabajo.
2. Ponerse en una posición cómoda.
3. Iniciar cuando llegue el material.
4. Empezar a ensamblar de acuerdo a la hoja de instrucciones CAU-E2.
5. Poner el material en la banda para que sea trasladada a la siguiente estación.

#### Actividades del colaborador 1

1. Preparar el área de trabajo.
2. Ponerse en una posición cómoda.
3. Iniciar cuando llegue el material.
4. Empezar a ensamblar de acuerdo a la hoja de instrucciones CAU-E3.

#### Actividades finales (todos los integrantes)

1. Realizar un diagrama de flujo de proceso con la nueva configuración (formato GT308).
2. Realizar el VSM proponiendo la configuración que tú elijas.
3. Realizar nuevamente la dinámica en base VSM que propusiste.
4. Realizar una comparación entre el primer VSM (primera vez que se realizó la dinámica).
5. Realizar un reporte de la experiencia vivida.
6. Realizar un reporte de como contribuyó el sistema de flujo elegido.

#### **Actividades del instructor**

1. Proporcionar a los usuarios el material didáctico necesario para desarrollar la actividad.

2. Proporcionar los formatos CAU-E1, CAU-E2, CAU-E3 a los usuarios asignados como colaboradores.
3. Proporcionar el formato GT308 a los usuarios.
4. El instructor podrá asesorar a los usuarios acerca de las actividades a desarrollar, así como evaluar los resultados de la dinámica.

### **Entregables**

1. Diagrama de flujo o de recorrido.
2. Reporte de funcionamiento del sistema de flujo elegido.
3. En caso de haber redefinido las instrucciones, entregar las nuevas hojas de instrucciones.
4. Diagrama de flujo de proceso.
5. Diagrama VSM con la configuración elegida.
6. Comparación entre los dos VSM's.
7. Reporte de experiencia vivida.
8. Reflexiones grupales contestadas.

### **Reflexiones finales**

1. ¿Cuál es el factor medular para la generación del VSM?
2. ¿Qué diferencias hubo después que tú elegiste la configuración?
3. ¿Qué herramientas para el flujo de proceso elegiste?, ¿Resultó efectiva en esta dinámica?
4. ¿Qué aprendiste en la dinámica ejecutada?

## **Práctica 20 “Control Visual (ANDON)”**

### **Sustento teórico**

Ver tema 1.18 Control Visual (ANDON)

### **Objetivo**

El objetivo de la siguiente dinámica es que el usuario sepa el funcionamiento medular de ANDON, ya que como lo menciona Liker no es necesario gastar en lo último en tecnología, ya que esto no serviría si el mismo personal no lo entiende.

### **Formatos Sugeridos**

1. Formato GT308, GT3011.
2. Formato EXPE-E1, EXPE-E2, EXPE-E3

### **Material didáctico**

1. Mesas de grupo de trabajo 3 (GT3) “Traslado”.
2. Configuración GT30G.
3. 10 exprimidores.
4. 1 hojas de color rojo.
5. 1 hojas de color azul.
6. 1 hojas de color blanco.
7. 1 hojas de color verde.
8. 12 palitos de madera.

### **Problemática**

Nos remontaremos a los principios de la implementación de ANDON en donde la idea de implementar este sistema no tiene nada que ver con la generación grandes costos por una alta tecnología, sino que los problemas de calidad sean identificados por los operadores y estos por medio de banderas de colores indiquen que clase de problema se está presentando. Para la presente dinámica se elaborarán banderas de papel con los cuales se representará el sistema ANDON, en el proceso de

ensamblado de exprimidores eléctricos. Se contará sólo con un analista que estará ubicado en la mesa 2, y se contará con dos encargados de línea, quienes serán los responsables de solucionar las fallas que se sean identificadas por los operadores, éstos estarán ubicados en las mesas 1 y 3.

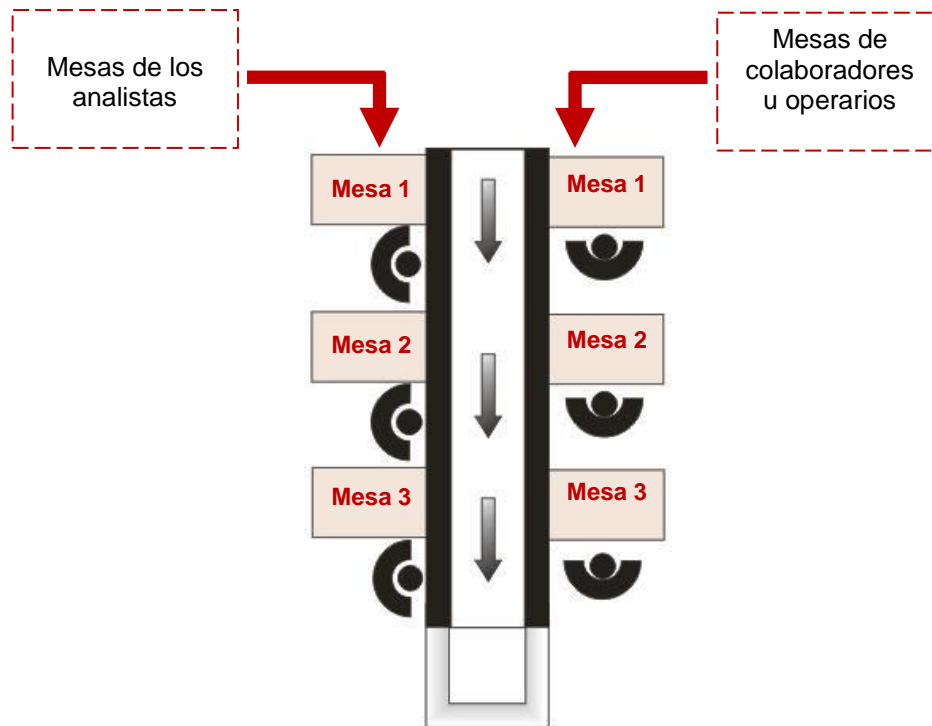


Figura 63. Configuración GT30G

### Actividades del usuario

Para la actividad los usuarios se repartirán los roles de encargado, analistas 1, 2 y 3, y colaboradores 1, 2 y 3 para realizar las siguientes actividades:

#### Actividades iniciales

1. Cortar las cuatro hojas de colores en tres partes.
2. Con las hojas y los palitos de madera, elaboras tres banderas de cada color.
3. Repasar el significado de cada color para mejores resultados (reacción inmediata).

#### Actividades del analista 1

1. Ponerse en una posición cómoda.
2. Indicar al colaborador cuándo iniciar.
3. Observar las tareas realizadas.
4. Anotar el proceso.
5. Tomar tiempos de proceso.
6. Anotar todas las anomalías observadas (Formato GT3011).

#### Actividades del colaborador 1

1. Preparar el área de trabajo.
2. Ponerse en una posición cómoda.
3. Iniciar cuando el analista lo indique.
4. Empezar a ensamblar de acuerdo a la hoja de instrucciones EXPE-E1.
5. En caso de encontrar alguna anomalía en el proceso, mostrar inmediatamente la bandera del color que sea pertinente (rojo: máquina descompuesta; azul: pieza defectuosa; blanco: fin del lote de producción; verde: falta de material).
6. Poner el material en la banda para que sea trasladada a la siguiente estación.

#### Actividades del colaborador 2

1. Preparar el área de trabajo.
2. Ponerse en una posición cómoda.
3. Iniciar cuando llegue el material.
4. Empezar a ensamblar de acuerdo a la hoja de instrucciones EXPE-E2.
5. En caso de encontrar alguna anomalía en el proceso, mostrar inmediatamente la bandera del color que sea pertinente (rojo: máquina descompuesta; azul: pieza defectuosa; blanco: fin del lote de producción; verde: falta de material).
6. Poner el material en la banda para que sea trasladada a la siguiente estación.

### Actividades del colaborador 3

1. Preparar el área de trabajo.
2. Ponerse en una posición cómoda.
3. Iniciar cuando llegue el material.
4. Empezar a ensamblar de acuerdo a la hoja de instrucciones EXPE-E3.
5. En caso de encontrar alguna anomalía en el proceso, mostrar inmediatamente la bandera del color que sea pertinente (rojo: máquina descompuesta; azul: pieza defectuosa; blanco: fin del lote de producción; verde: falta de material).
6. Poner el material en la banda para que sea trasladada a la siguiente estación.

### Actividades del encargado

1. Ponerse en una posición cómoda, en donde se pueda observar el proceso completo (de preferencia en la mesa del analista 2).
2. Cada vez que sea mostrada una bandera reaccionar inmediatamente para la solución del problema.

### Actividades finales (todos los integrantes)

1. Realizar un diagrama de flujo de proceso (formato GT308).
2. Hacer un reporte de problemas encontrados (banderas que salieron) en todo el proceso y que soluciones se le dieron.
3. Realizar un reporte de como contribuyó el sistema ANDON al proceso de ensamble.

### **Actividades del instructor**

1. Proporcionar a los usuarios el material didáctico necesario para desarrollar la actividad.
2. Proporcionar los formatos EXPE-E1, EXPE-E2, EXPE-E3 a los usuarios asignados como colaboradores.
3. Proporcionar el formato GT3011 a los usuarios analistas.



4. Proporcionar el formato GT308 a los usuarios.
5. El instructor podrá asesorar a los usuarios acerca de las actividades a desarrollar así como evaluar los resultados de la dinámica.

### **Entregables**

1. Diagrama de flujo de proceso.
2. Reporte de problemas encontrados y soluciones.
3. Reporte de contribución de ANDON.
4. Reflexiones grupales contestadas.

### **Reflexiones finales**

1. ¿Cómo se sintió la dinámica en el momento de responder rápidamente a las anomalías encontradas por los operadores?
2. ¿Este sistema lo consideras eficiente?
3. ¿Qué agregarías a este sistema para que funcione mejor?
4. ¿Se pudieron resolver todos los problemas que hubo?
5. ¿Cuál fue la estación que mostraba más banderas, y de qué color?

## **Práctica 21 “Diagrama de Red”**

### **Sustento teórico**

Ver tema 1.19 Diagrama de Red

### **Objetivo**

Esta dinámica tiene por objetivo dar a conocer al usuario lo que es un diagrama de red, para que pueda identificar las partes que lo componen y al mismo tiempo desarrollarlo y aplicarlo de forma correcta.

### **Formatos Sugeridos**

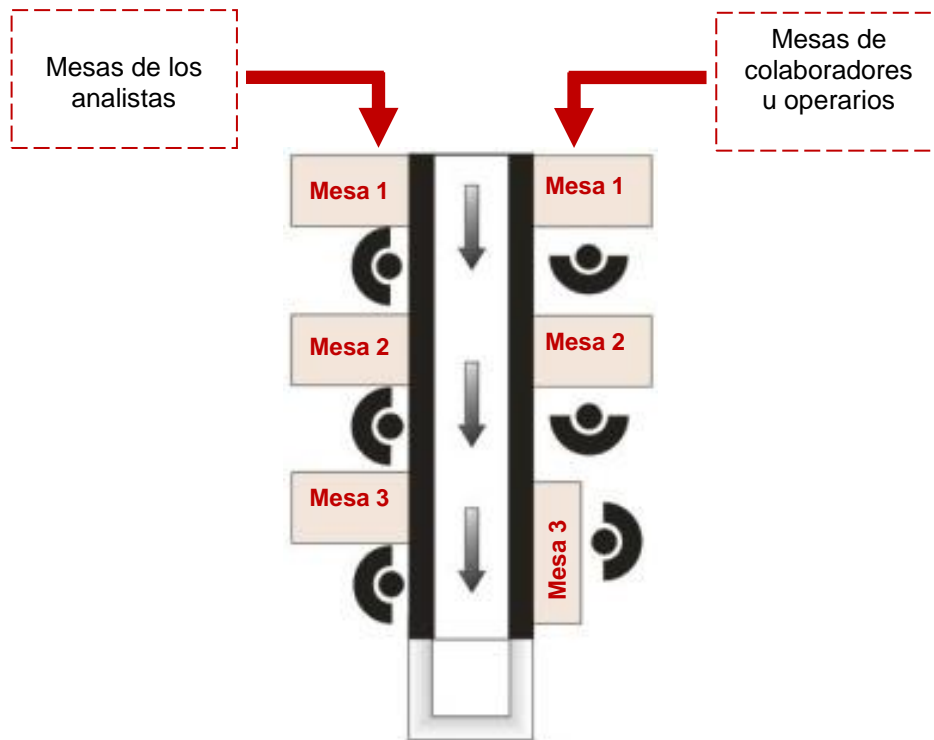
1. Formato GT307
2. Formato LLAVE-E1

### **Material didáctico**

1. Mesas de grupo de trabajo 3 (GT3) “Traslado”
2. 10 llave de control
3. Configuración GT30J
4. Cronómetro

### **Problemática**

Esta es una empresa que elabora Llaves de control realizando los ensambles de forma manual, el gerente de la planta ha decidido realizar un análisis del proceso a través de un diagrama de Red para poder determinar la secuencia óptima del ensamble de las Llaves de control. Los colaboradores y analistas tienen la tarea de realizar el diagrama de red, basándose en la información proporcionada en el sustento teórico.



**Figura 64.** Configuración GT30J

### Actividades del usuario

Para la actividad los usuarios se repartirán los roles de analistas 1, 2 y 3, colaboradores 1, 2 y 3 y un inspector para realizar las siguientes actividades:

#### Actividades del analista 1

1. Colocarse en posición cómoda.
2. Indicar colaborador 1 cuando iniciar
3. Observar el ensamble del colaborador 1 y anotar cualquier anomalía que interfiera con el flujo del ensamble
4. Tomar tiempo de cada ensamble del colaborador 1 (o los que se requieran para que sea una muestra significativa)

#### Actividades del analista 2

1. Colocarse en posición cómoda.
2. Observar el ensamble del colaborador 1 y anotar cualquier anomalía que interfiera con el flujo del ensamble

3. Tomar tiempo de cada ensamble del colaborador 2 (o los que se requieran para que sea una muestra significativa)

#### Actividades del analista 3

1. Colocarse en posición cómoda.
2. Observar el ensamble del colaborador 1 y anotar cualquier anomalía que interfiera con el flujo del ensamble
3. Tomar tiempo de cada ensamble del colaborador 3 (o los que se requieran para que sea una muestra significativa)

#### Actividades del colaborador 1

1. Preparar el material
2. Preparar el área de trabajo
3. Colocarse en una posición cómoda
4. Iniciar el ensamble cuando lo indique el analista 1, basándose en el formato LLAVE-E1
5. Colocar el material en la banda transportadora

#### Actividades del colaborador 2

1. Preparar el material
2. Preparar el área de trabajo
3. Colocarse en posición cómoda
4. Iniciar con el respectivo ensamble cuando llegue el material de acuerdo al formato LLAVE-E1
5. Dejar el material en la banda transportadora para que llegue a la siguiente estación

#### Actividades del colaborador 3

1. Preparar el material
2. Preparar el área de trabajo
3. Colocarse en posición cómoda

4. Iniciar con el respectivo ensamble cuando llegue el material de acuerdo al formato LLAVE-E1
5. Colocar el material en la banda transportadora para que pase a inspección.

#### Actividades del Inspector

1. Revisar a detalle el producto terminado
2. Registrar los defectos detectados en el producto al igual que las anomalías encontradas.

#### Actividades finales por todos los integrantes

1. Elaborar reporte de la dinámica realizada
2. Elaborar un reporte con el número de artículos defectuosos
3. Identificar el tiempo que tarda todo el proceso
4. Elaborar el diagrama de red del proceso de ensamble
5. Analizar el diagrama de red elaborado y mejorar el proceso de dicho ensamble
6. Realizar nuevamente la dinámica con el proceso mejorado, y probar que es el óptimo, por medio de una comparación

#### **Actividades del instructor**

1. Proporcionar a los usuarios el material didáctico necesario para desarrollar la actividad.
2. Proporcionar el formato LLAVE-E1 a los usuarios asignados como colaboradores y el formato GT307 a los usuarios analistas.
3. Proporcionar el formato GT308 a los usuarios.
4. El instructor podrá asesorar a los usuarios acerca de las actividades a desarrollar así como evaluar los resultados de la dinámica.

### **Entregables**

1. Diagrama de Red
2. Los reportes realizados
3. Comparación del proceso propuesto y el mejorado.
4. Investigar sí las empresas cercanas a tu ciudad aplican los diagramas de red (mínimo 3 empresas)
5. Tiempo del proceso

### **Reflexiones finales**

1. ¿Qué se puede observar en el diagrama de red?
2. ¿Para qué nos sirve un diagrama de red?
3. ¿En donde más se puede aplicar un diagrama de red?

## **Práctica 22 “PERT – CPM”**

### **Sustento teórico**

Ver tema 1.20 PERT - CPM

### **Objetivo**

Esta dinámica tiene por objetivo que el usuario conozca el diagrama PERT y la Ruta Crítica (CPM) para desarrollar su poder de análisis y así pueda tomar decisiones en el acomodo de una línea de producción.

### **Formatos Sugeridos**

1. Formatos GT307
2. Formatos ABL-E1
3. Formatos ABL-E2
4. Formatos ABL-E3

### **Material didáctico**

1. Mesas de grupo de trabajo 3 (GT3) “Traslado”
2. 10 abrelatas
3. Configuración GT30E
4. Cronómetro

### **Problemática**

Esta es una empresa que elabora abrelatas con un proceso de ensamble manual, y él se ha decidido realizar una mejora en los tiempos, para poder realizar esa mejora se necesitara realizar un diagrama PERT con detección de Ruta Crítica.

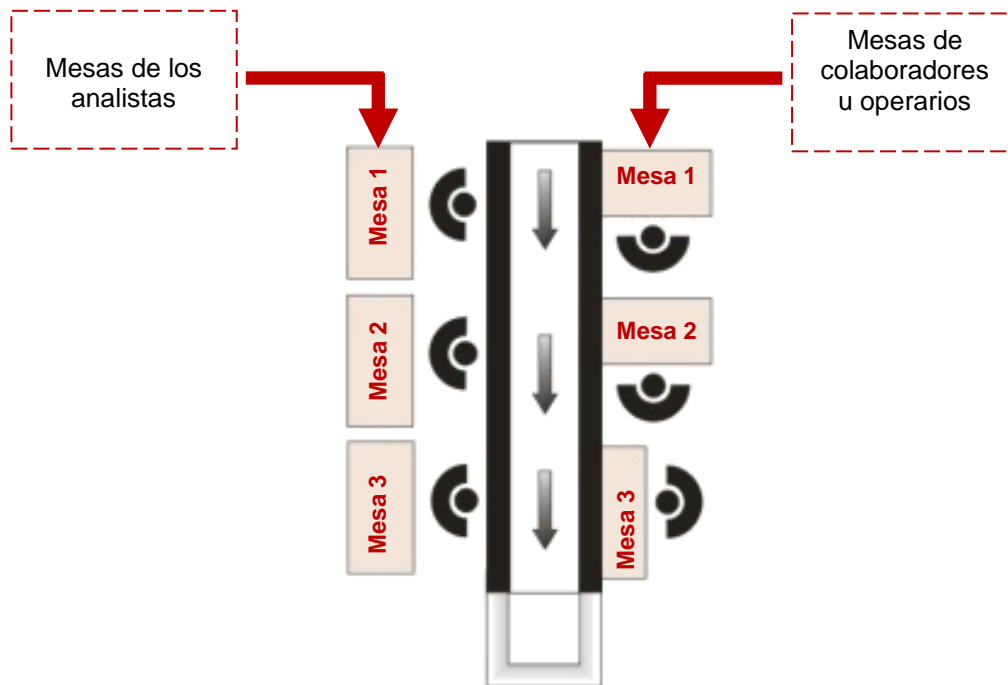


Figura 65. Configuración GT30E

### Actividades del usuario

Para la actividad los usuarios se repartirán los roles de inspector, analistas 1, 2 y 3, y colaboradores 1, 2 y 3 para realizar las siguientes actividades:

Actividades Iniciales por todos los integrantes

1. Observar el proceso de ensamble para poder realizar el PERT-CPM.
2. Revisar hojas de instrucciones (formato ABL-E1, ABL-E2, ABL-E3)

Actividades del analista 1

1. Colocarse en posición cómoda.
2. Indicar colaborador 1 cuando empezar.
3. Identificar los puntos críticos del proceso del colaborador 1
4. Tomar tiempo de cada ensamble del colaborador 1 (o los que se requieran para que sea una muestra significativa)

Actividades del analista 2

1. Colocarse en posición cómoda.
2. Identificar los puntos críticos del proceso del colaborador 2



3. Tomar tiempo de cada ensamble del colaborador 2 (o los que se requieran para que sea una muestra significativa)

#### Actividades del analista 3

1. Colocarse en posición cómoda.
2. Identificar los puntos críticos del proceso del colaborador 3
3. Tomar tiempo de cada ensamble del colaborador 3 (o los que se requieran para que sea una muestra significativa)

#### Actividades del colaborador 1

1. Preparar el material
2. Preparar el área de trabajo
3. Colocarse en posición cómoda
4. Iniciar el ensamble cuando lo indique el analista 1, basándose en el formato AB-E1
5. Dejar el material en la banda transportadora para que llegue a la siguiente estación

#### Actividades del colaborador 2

1. Preparar el material
2. Preparar el área de trabajo
3. Colocarse en posición cómoda
4. Iniciar el ensamble cuando llegue el material, basándose en el formato ABL-E2
5. Dejar el material en la banda para que llegue a la siguiente estación

#### Actividades del colaborador 3

1. Preparar el material
2. Preparar el área de trabajo
3. Colocarse en posición cómoda
4. Iniciar el ensamble cuando llegue el material, basándose en el formato ABL-E3
5. Dejar el material en la banda para que llegue a la estación inspección

#### Actividades del inspector

1. Revisar a detalle el producto terminado
2. Registrar los defectos detectados en el producto al igual que las anomalías encontradas.

#### Actividades finales por todos los integrantes

1. Elaborar reporte de la dinámica realizada
2. Elaborar un reporte con el número de artículos defectuosos
3. Identificar el tiempo que tarda todo el proceso
4. Elaborar el PERT y determinar la Ruta Critica
5. Analizar el diagrama de red elaborado
6. Encontrar la ruta optima y aplicarla

#### **Actividades del instructor**

1. Proporcionar a los usuarios el material didáctico necesario para desarrollar la actividad.
2. Proporcionar los formatos ABL-E1, ABL-E2, ABL-E3 a los usuarios asignados como colaboradores.
3. Proporcionar el formato GT307 a los usuarios analistas.
4. El instructor podrá asesorar a los usuarios acerca de las actividades a desarrollar, así como evaluar los resultados de la dinámica.

#### **Entregables**

1. Diagrama PERT-CPM
2. Los reportes realizados
3. Investigar en donde más se pueden aplicar el PERT-CPM
4. Investigar Las reglas del PERT-CPM
5. Tiempo del proceso

#### **Reflexiones finales**

1. ¿Cuál es la ruta crítica?
2. ¿Qué es lo que nos muestra el PERT-CPM?
3. ¿Para qué nos sirve obtener una ruta crítica?

## **Práctica 23 “Sistema Kanban”**

### **Sustento teórico**

Ver el tema 1.21 Kanban

### **Objetivo**

Esta dinámica tiene por objetivo que el usuario conozca el sistema Kanban, como nos puede ayudar a mejorar los procesos de producción y como aplicarlo.

### **Formatos Sugeridos**

1. Formatos GT307
2. Formatos BAT-E1
3. Formatos BAT-E2
4. Formatos BAT-E3

### **Material didáctico**

1. Mesas de grupo de trabajo 3 (GT3) “Traslado”
2. 10 batidoras
3. Configuración GT30I
4. Cronómetro

### **Problemática**

Esta es una empresa ensambladora de batidoras, dicha empresa desea mejorar el control de su proceso mediante dispositivos visuales, para esto se ha decidido aplicar el sistema kanban, sin embargo, primero se debe analizar el estado del proceso actual, para que posteriormente se identifique el tipo de kanban a utilizar y sea aplicado.

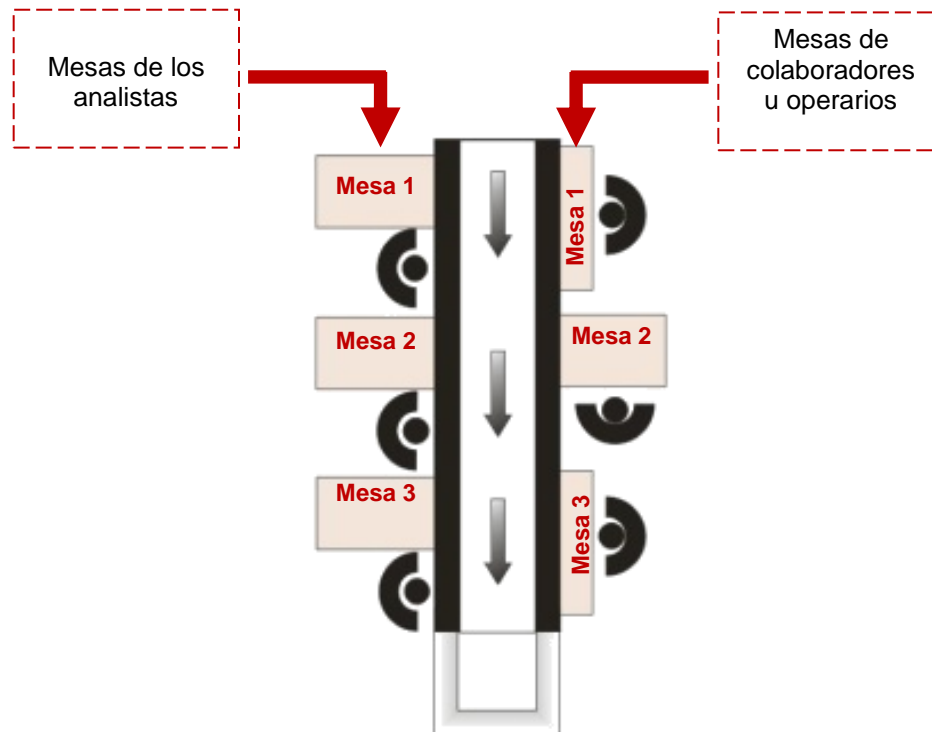


Figura 66. Configuración GT30I

### Actividades del usuario

Para la actividad los usuarios se repartirán los roles de inspector, analistas 1, 2 y 3, y colaboradores 1, 2 y 3 para realizar las siguientes actividades:

#### Actividades del analista 1

1. Colocarse en posición cómoda.
2. Indicar colaborador 1 cuando empezar.
3. Tomar tiempo de cada ensamble del colaborador 1 (o los que se requieran para que sea una muestra significativa)

#### Actividades del analista 2

1. Colocarse en posición cómoda.
2. Tomar tiempo de cada ensamble del colaborador 2 (o los que se requieran para que sea una muestra significativa)

### Actividades del analista 3

1. Colocarse en posición cómoda.
2. Tomar tiempo de cada ensamble del colaborador 3 (o los que se requieran para que sea una muestra significativa)

### Actividades del colaborador 1

1. Preparar el material
2. Preparar el área de trabajo
3. Colocarse en posición cómoda
4. Iniciar ensamble cuando lo indique en analista 1, basándose en el formato BAT-E1
5. Dejar el material en la banda para que llegue a la siguiente estación

### Actividades del colaborador 2

1. Preparar el material
2. Preparar el área de trabajo
3. Colocarse en posición cómoda
4. Iniciar el ensamble cuando llegue el material, basándose en el formato BAT-E2
5. Dejar el material en la banda para que llegue a la siguiente estación

### Actividades del colaborador 3

1. Preparar el material
2. Preparar el área de trabajo
3. Colocarse en posición cómoda
4. Iniciar el ensamble cuando llegue el material, basándose en el formato BAT-E3
5. Dejar el material en la banda para que llegue a la estación inspección

### Actividades del inspector

1. Revisar a detalle el producto terminado

2. Registrar los defectos detectados en el producto al igual que las anomalías encontradas.

#### Actividades finales por todos los integrantes

1. Elaborar reporte de la dinámica realizada
2. Elaborar un reporte con el número de artículos defectuosos
3. Identificar el tiempo que tarda todo el proceso
4. Determinar kanban a utilizar en el proceso de ensamble
5. Aplicar kanban en el proceso
6. Señalar la función del Kanban en este proceso de producción.

#### Actividades del instructor

1. Proporcionar a los usuarios el material didáctico necesario para desarrollar la actividad.
2. Proporcionar los formatos BAT-E1, BAT-E2, BAT-E3 a los usuarios asignados como colaboradores.
3. Proporcionar el formato GT307 a los usuarios.
4. El instructor podrá asesorar a los usuarios acerca de las actividades a desarrollar, así como evaluar los resultados de la dinámica.

#### Entregables

Los reportes realizados

Investigar las reglas para una buena implementación de Kanban

Investigar los tipos de Kanban existentes

Tiempo del proceso

Reflexiones grupales contestadas.

#### Reflexiones finales

1. ¿Qué se busca lograr con Kanban?
2. ¿Qué obtenemos si se implementa un sistema Kanban?

## **Práctica 24 “Diagrama de Recorrido”**

### **Sustento teórico**

Ver el tema 1.22 Diagrama de Recorrido

### **Objetivo**

Esta dinámica tiene por objetivo que el usuario conozca e identifique los componentes para poder elaborar un diagrama de recorrido, para así poder identificar los errores o áreas de oportunidad y así lograr un óptimo proceso de producción.

### **Formatos Sugeridos**

1. Formatos GT307
2. Formatos GT312
3. Formatos CESPOL-E1
4. Formatos CESPOL-E2
5. Formatos CESPOL-E3

### **Material didáctico**

1. Mesas de grupo de trabajo 3 (GT3) “Traslado”
2. 10 Cespól
3. Configuración GT30K
4. Cronómetro

### **Problemática**

En esta empresa se ensamblan cespól, el dueño de la empresa requiere visualizar con mayor precisión el proceso de producción a través de un diagrama de recorrido para determinar cuántas demoras, transportes, operaciones, almacenamiento y operaciones combinadas existen en el proceso de manufactura de los cespól.

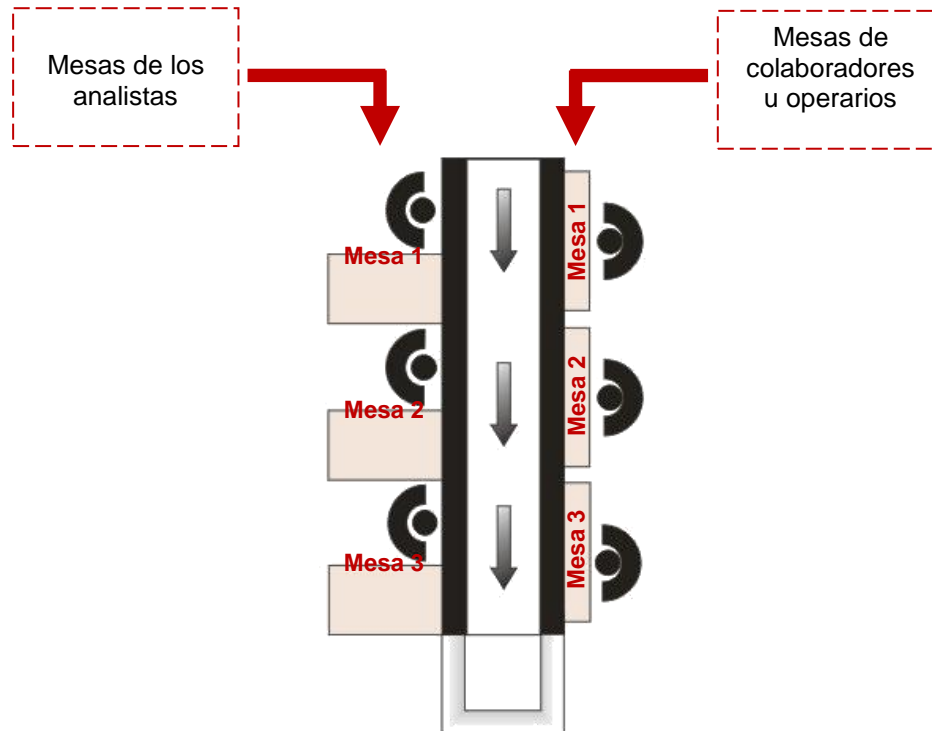


Figura 67. Configuración GT30K

### Actividades del usuario

Para la actividad los usuarios se repartirán los roles de inspector, analistas 1, 2 y 3, y colaboradores 1, 2 y 3 para realizar las siguientes actividades:

#### Actividades del analista 1

1. Colocarse en posición cómoda.
2. Indicar colaborador 1 cuando empezar.
3. Tomar tiempo de cada ensamble del colaborador 1 (o los que se requieran para que sea una muestra significativa)

#### Actividades del analista 2

1. Colocarse en posición cómoda.
2. Indicar colaborador 2 cuando empezar.
3. Tomar tiempo de cada ensamble del colaborador 2 (o los que se requieran para que sea una muestra significativa)



### Actividades del analista 3

1. Colocarse en posición cómoda.
2. Tomar tiempo de cada ensamble del colaborador 3 (o los que se requieran para que sea una muestra significativa)

### Actividades del colaborador 1

1. Preparar el material
2. Preparar el área de trabajo
3. Colocarse en posición cómoda
4. Iniciar el ensamble cuando lo indique el analista 1, basándose en el formato CESPOL-E1
5. Dejar el material en la banda para que llegue a la siguiente estación

### Actividades del colaborador 2

1. Preparar el material
2. Preparar el área de trabajo
3. Colocarse en posición cómoda
4. Iniciar el ensamble cuando llegue el material, basándose en el formato CESPOL-E2
5. Poner el material en a banda para que llegue a la siguiente estación

### Actividades del colaborador 3

1. Preparar el material
2. Preparar el área de trabajo
3. Colocarse en posición cómoda
4. Iniciar el ensamble cuando llegue el material, basándose en el formato CESPOL-E3
5. Poner el material en a banda para que llegue a inspección

### Actividades del inspector

1. Revisar a detalle el producto terminado

2. Registrar los defectos detectados en el producto al igual que las anomalías encontradas.

#### Actividades finales por todos los integrantes

1. Elaborar reporte de la dinámica realizada
2. Elaborar un reporte con el número de artículos defectuosos
3. Elaborar el diagrama de recorrido y al mismo tiempo identificar las cantidades de operaciones, inspecciones; transporte, almacenamiento, demoras u operaciones combinadas
4. Dar una propuesta de mejora para disminuir las demoras en el proceso.

#### Actividades del instructor

1. Proporcionar a los usuarios el material didáctico necesario para desarrollar la actividad.
2. Proporcionar los formatos CESPOL-E1, CESPOL-E2, CESPOL-E3a los usuarios asignados como colaboradores.
3. Proporcionar los formatos GT307 y GT312 a los usuarios.
4. El instructor podrá asesorar a los usuarios acerca de las actividades a desarrollar, así como evaluar los resultados de la dinámica.

#### Entregables

1. Los reportes realizados
2. Entregar el análisis del diagrama de recorrido
3. Tiempo del proceso.
4. Reflexiones grupales contestadas.

#### Reflexiones finales

1. ¿De qué sirve realizar un diagrama de recorrido?
2. ¿El diagrama de recorrido puede ser utilizado en cualquier proceso?
3. ¿El diagrama de recorrido, nos ayuda a reducir el tiempo de transporte, por qué?

## **Práctica 25 “Diagrama de Precedencias”**

### **Sustento teórico**

Ver tema 1.23 Diagrama de Precedencias

### **Objetivo**

Esta dinámica tiene por objetivo que el usuario conozca e identifique cual es el proceso de balanceo de línea a través de un sistema de precedencias.

### **Formatos Sugeridos**

1. Formato EXPE-E1
2. Formato EXPE-E2
3. Formato EXPE-E3

### **Material didáctico**

1. Mesas de grupo de trabajo 3 (GT3) “Traslado”
2. Configuración GT30L
3. 10 exprimidores
4. Cronómetro

### **Problemática**

Se desea identificar las actividades precedentes en la ensambladora de exprimidores eléctricos, esto con el objetivo de reconocer las tareas que se pueden hacer de forma simultánea esto se representara en un diagrama de red.

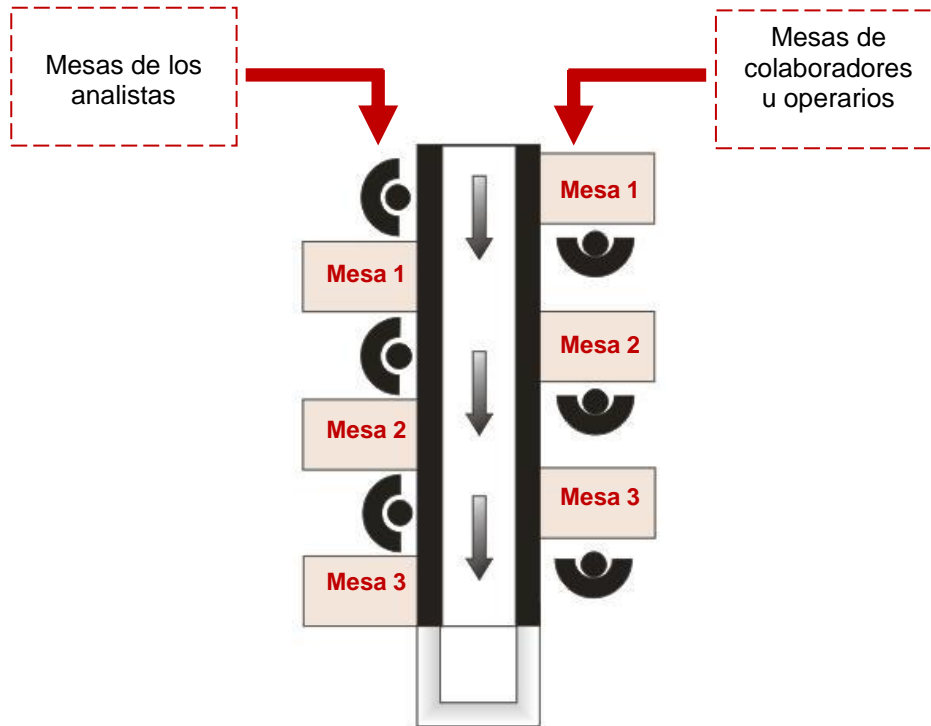


Figura 68. Configuración GT30L

### Actividades del usuario

Para la actividad los usuarios se repartirán los roles de inspector, analistas 1, 2 y 3, y colaboradores 1, 2 y 3 para realizar las siguientes actividades:

#### Actividades del analista 1

1. Colocarse en posición cómoda.
2. Indicar colaborador 1 cuando empezar.
3. Ir anotando las actividades realizadas por el colaborador 1
4. Tomar tiempo de cada ensamble del colaborador 1 (o los que se requieran para que sea una muestra significativa)

#### Actividades del analista 2

1. Colocarse en posición cómoda.
2. Ir anotando las actividades realizadas por el colaborador 2
3. Tomar tiempo de cada ensamble del colaborador 2 (o los que se requieran para que sea una muestra significativa)

#### Actividades del analista 3

1. Colocarse en posición cómoda.
2. Ir anotando las actividades realizadas por el colaborador 3
3. Tomar tiempo de cada ensamble del colaborador 3 (o los que se requieran para que sea una muestra significativa)

#### Actividades del colaborador 1

1. Preparar el material
2. Preparar el área de trabajo
3. Colocarse en posición cómoda
4. Iniciar el ensamble cuando lo indique el analista 1, basándose en el formato EXPE-E1
5. Dejar el material en la banda para que llegue a la siguiente estación

#### Actividades del colaborador 2

1. Preparar el material
2. Preparar el área de trabajo
3. Colocarse en posición cómoda
4. Iniciar el ensamble cuando llegue el material, basándose en el formato
5. EXPE-E2

#### Actividades del colaborador 3

1. Preparar el material
2. Preparar el área de trabajo
3. Colocarse en posición cómoda
4. Iniciar el ensamble cuando llegue el material, basándose en el formato EXPE-E3
5. Dejar el material en la banda para que llegue a inspección

#### Actividades del Inspector

1. Revisar a detalle el producto terminado
2. Registrar los defectos detectados en el producto al igual que las anomalías encontradas.

#### Actividades finales por todos los integrantes

1. Elaborar reporte de la dinámica realizada
2. Elaborar un reporte con el número de artículos defectuosos
3. Elaborar el diagrama de precedencias.
4. Dar una propuesta de mejora para simplificar el proceso a través del diagrama de precedencias.

#### Actividades del instructor

1. Proporcionar a los usuarios el material didáctico necesario para desarrollar la actividad.
2. Proporcionar los formatos EXPE-E1, EXPE-E2, EXPE-E3 a los usuarios asignados como colaboradores.
3. El instructor podrá asesorar a los usuarios acerca de las actividades a desarrollar, así como evaluar los resultados de la dinámica.

#### Entregables

1. Los reportes realizados
2. Entregar el análisis del Diagrama de Precedencias
3. Investigar los tipos de precedencias que existen.
4. Tiempo del proceso.

#### Reflexiones finales

1. ¿Qué tareas se pueden realizar de forma simultánea y por qué?
2. ¿Cuál es el beneficio que se obtiene al realizar un diagrama de precedencias en el balanceo de línea?

## **Práctica 26 “Método Kilbridge y Wester (Método de las Columnas)”**

### **Sustento teórico**

Ver tema 1.24 Método Kilbridge y Wester (Método de las Columnas)

### **Objetivo**

Esta dinámica tiene por objetivo que el usuario conozca e identifique cual es el proceso de balanceo de línea a través de un sistema de precedencias también conocido como método Kilbridge y Wester.

### **Formatos Sugeridos**

1. Formatos GT307
2. Formatos GT313
3. Formatos ABL-E1
4. Formatos ABL-E2
5. Formatos ABL-E3

### **Material didáctico**

1. Mesas de grupo de trabajo 3 (GT3) “Traslado”
2. Configuración GT30M
3. 10 abrelatas
4. Cronómetro

### **Problemática**

En esta empresa se elaboran cespól bajo un procedimiento manual, se desea identificar las actividades precedentes y cuales se pueden hacer de forma simultánea, es por eso que se solicita que se realice un diagrama de red, además de que se ha notado que la línea está mal balanceada, así que se desea que se corrija.

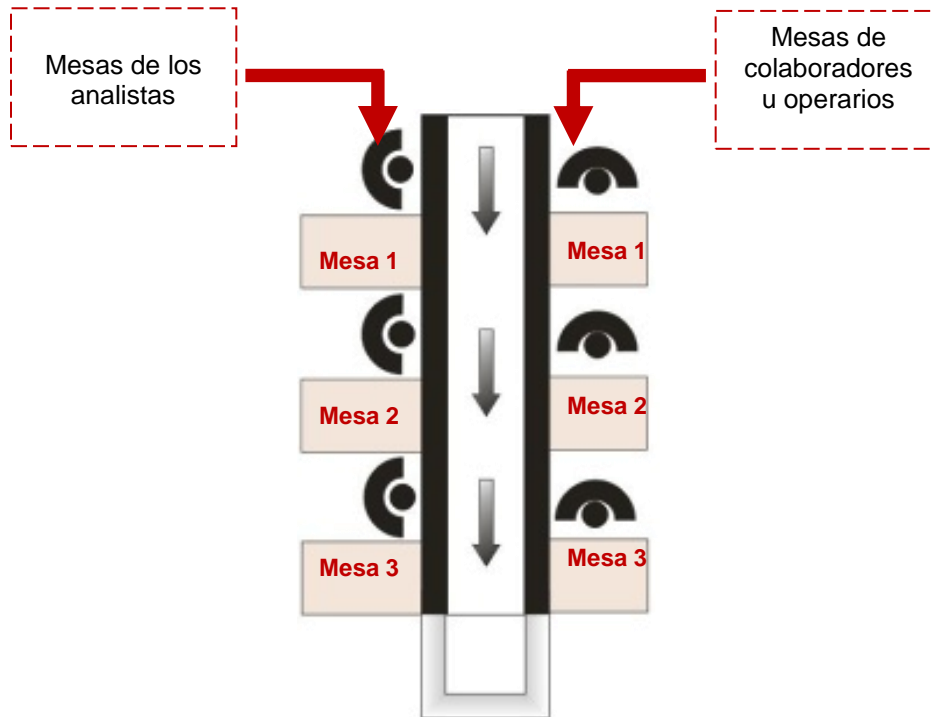


Figura 69. Configuración GT30M

### Actividades del usuario

Para la actividad los usuarios se repartirán los roles de analistas 1, 2 y 3, y colaboradores 1, 2 y 3 para realizar las siguientes actividades:

Actividades Iniciales por todos los integrantes

1. Revisar las hojas de instrucciones y realizar dinámica con estas instrucciones, para tomar los tiempos.

Actividades del analista 1

1. Colocarse en posición cómoda.
2. Indicar colaborador 1 cuando iniciar
3. Tomar tiempo de cada ensamble del colaborador (o los que se requieran para que sea una muestra significativa)

Actividades del analista 2

1. Colocarse en posición cómoda.
2. Tomar tiempo de cada ensamble del colaborador 2 (o los que se requieran para que sea una muestra significativa)



#### Actividades del analista 3

1. Colocarse en posición cómoda.
2. Tomar tiempo de cada ensamble del colaborador 3 (o los que se requieran para que sea una muestra significativa)

#### Actividades del colaborador 1

1. Preparar el material
2. Preparar el área de trabajo
3. Colocarse en posición cómoda
4. Iniciar el ensamble cuando lo indique el analista 1, basándose en el formato ABL-E1
5. Dejar el material en la banda para que llegue a la siguiente estación

#### Actividades del colaborador 2

1. Preparar el material
2. Preparar el área de trabajo
3. Colocarse en posición cómoda
4. Iniciar el ensamble cuando llegue el material, basándose en el formato ABL-E2
5. Dejar el material en la banda para que llegue a la siguiente estación

#### Actividades del colaborador 3

1. Preparar el material
2. Preparar el área de trabajo
3. Colocarse en posición cómoda
4. Iniciar el ensamble cuando llegue el material, basándose en el Formato ABL-E3
5. Dejar el material en la banda para que llegue a inspección

#### Actividades del inspector

1. Revisar a detalle el producto terminado
2. Registrar los defectos detectados en el producto al igual que las anomalías encontradas.

### Actividades finales por todos los integrantes

1. Elaborar Reporte de la dinámica realizada
2. Elaborar un Reporte con el número de artículos defectuosos
3. Elaborar el diagrama de precedencias (se pueden apoyar en el formato GT313)
4. Corregir el tiempo de cada estación por medio del balanceo de líneas del método kilbridge y wester
5. Realizar nuevamente los ensambles, y probar que el balanceo dado en el punto anterior, es el correcto.

### Actividades del instructor

1. Proporcionar a los usuarios el material didáctico necesario para desarrollar la actividad.
2. Proporcionar los formatos ABL-E1, ABL-E2, ABL-E3 a los usuarios asignados como colaboradores.
3. Proporcionar el formato GT307 y GT313 a los usuarios.
4. El instructor podrá asesorar a los usuarios acerca de las actividades a desarrollar, así como evaluar los resultados de la dinámica.

### Entregables

1. Los reportes realizados.
2. Entregar el análisis del Diagrama de Precedencias.
3. Investigar los tipos de precedencias que existen.
4. Balanceo de línea.
5. Tiempo del proceso.

### Reflexiones finales

1. ¿Qué tareas se pueden realizar de forma simultánea y por qué?
2. ¿Cuál es el beneficio que se obtiene al realizar un diagrama de precedencias en el balanceo de línea?

## **Práctica 27 “Teoría de restricciones y tiempo tacto (TOC)”**

### **Sustento teórico**

Ver tema 1.25 Teoría de restricciones y tiempo tacto (TOC)

### **Objetivo**

El objetivo de la siguiente dinámica es que el alumno comprenda el concepto de lo que es una restricción, y como en conjunto con las herramientas de lean manufacturing se le puede dar solución.

### **Formatos Sugeridos**

1. Formato GT314
2. Formato LLAVE-E1

### **Material didáctico**

1. Mesas de grupo de trabajo 3 (GT3) “Traslado”
2. Configuración GT30I
3. 10 llaves de control

### **Problemática**

En la empresa “X” se desea que los colaboradores vallan a un ritmo uniforme, para ello es necesario sea identificado el cuello de botella, se aplique la restricción, para posteriormente mejorarla.

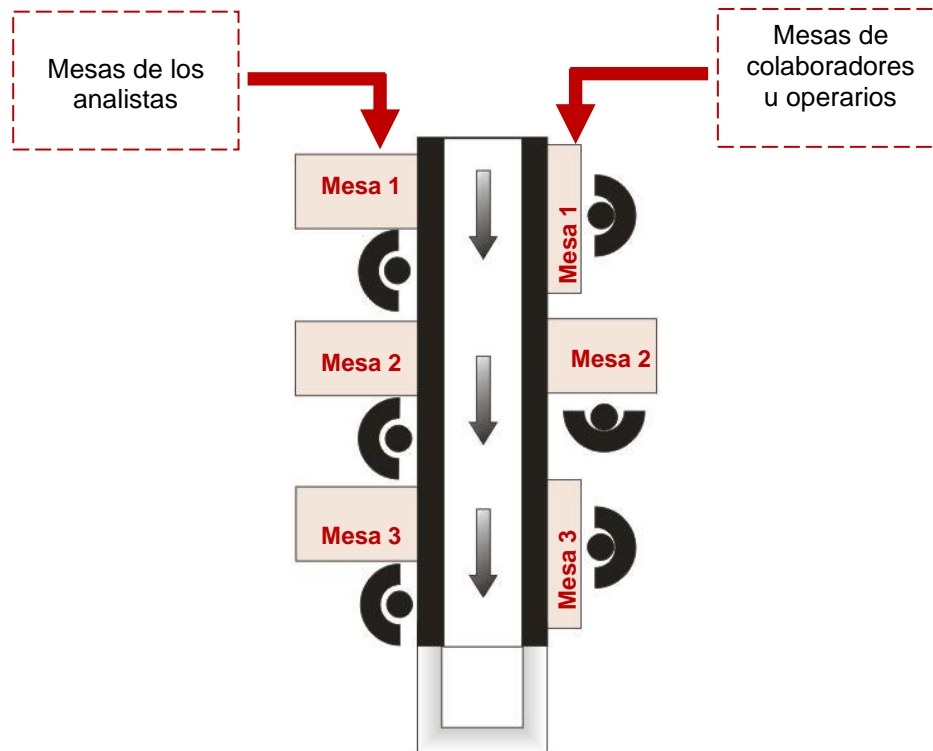


Figura 70. Configuración GT30I

### Actividades del usuario

Para la actividad los usuarios se repartirán los roles de analistas 1, 2 y 3, y colaboradores 1, 2 y 3 para realizar las siguientes actividades:

#### Actividades del analista (1, 2 y 3)

1. Sentarse en una posición cómoda.
2. Observar las actividades que realiza el colaborador 1,2 y 3 respectivamente
3. Identificar las restricciones en su respectivo proceso e identificarlas o clasificarlas por tipo (físicas o políticas)

#### Actividades del colaborador 1

1. Preparar el material y el lugar de trabajo
2. Sentarse en una posición cómoda
3. Empezar a armar cuando indique el analista 1, como se indica en el formato LLAVE-E1.

4. Al terminar lo indicado en el formato LLAVE-E1, pasar el material a la siguiente estación.

#### Actividades del colaborador 2

1. Preparar el material y el lugar de trabajo
2. Sentarse en una posición cómoda
3. Empezar a armar cuando llegue el material como se indica en el formato LLAVE-E1
4. Al terminar lo indicado en el formato LLAVE-E1, pasar el material a la siguiente estación.

#### Actividades del colaborador 3

1. Preparar el material y el lugar de trabajo
2. Sentarse en una posición cómoda
3. Empezar a armar cuando llegue el material como se indica en el formato LLAVE-E1 (hasta terminar de armar todos los exprimidores)

#### Actividades finales por todos los integrantes

1. Revisar y analizar si la clasificación realizada por los analistas es la correcta.
2. Identificar la restricción inicial del sistema
3. Hacer propuestas y decidir cómo se explotará la restricción del sistema.
4. Someter todo el sistema a la restricción anterior.
5. Revisar si se elimina la restricción inicial, en caso de que NO analizar el porqué, en caso de que SI, analizar si surge una nueva.

#### **Actividades del instructor**

1. Proporcionar a los usuarios el material didáctico necesario para desarrollar la actividad.
2. Proporcionar el formato LLAVE-E1 a los usuarios asignados como colaboradores.

3. Proporcionar el formato GT314 a los usuarios.
4. El instructor podrá asesorar a los usuarios acerca de las actividades a desarrollar, así como evaluar los resultados de la dinámica.

### **Entregables**

1. Análisis de la clasificación realizada por los analistas.
2. Restricción inicial del sistema
3. Método por el cual se explotará la restricción del sistema.
4. Funcionamiento del sistema sometido a la restricción anterior.
5. Análisis si se eliminó la restricción o no
6. Reflexiones grupales contestadas

### **Reflexiones finales**

1. ¿Qué entiendes por restricción?
2. ¿Qué relación hay entre el takt time y el TOC?
3. ¿Aplicaste el takt time para resolver la restricción?

## **Práctica 28 “Diagrama de Ensamble de Operaciones”**

### **Sustento teórico**

Ver tema 1.26 Diagrama de Operaciones

### **Objetivo**

El objetivo de la siguiente dinámica es que el usuario aprenda cómo se realiza el diagrama de ensamble y de igual manera aprenda a aprovechar sus beneficios para la mejora de los procesos.

### **Formatos Sugeridos**

1. Formato GT315
2. Formato BAT-E1
3. Formato BAT-E2
4. Formato BAT-E3

### **Material didáctico**

1. Mesas de grupo de trabajo 3 (GT3) “Traslado”
2. Configuración GT30F
3. 10 batidoras

### **Problemática**

En la empresa “X” se tiene como objetivo el desarrollo del diagrama de ensamble de las batidoras que se ensamblen en esta empresa para ello deberán analizar el ensamble de dicho producto.

Para el armado del producto se pueden basar en los formatos BAT-E1, BAT-E2 y BAT-E3. Ya que hayan identificado el armado de la batidora, determinaran si el ensamble de los formatos propuestos es el ideal o es necesario cambiarlo para mejorar el proceso.

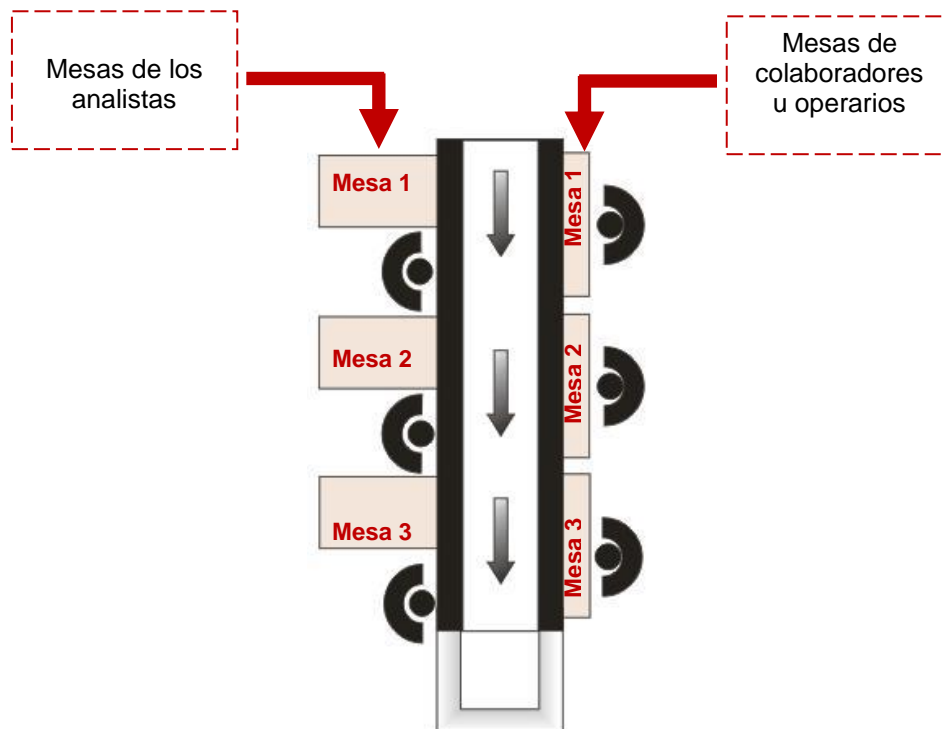


Figura 71. Configuración GT30F

### Actividades del usuario

Para la actividad los usuarios se repartirán los roles de analistas 1, 2 y 3, y colaboradores 1, 2 y 3 para realizar las siguientes actividades:

Actividades iniciales por todos los integrantes

1. Identificación de batidoras
2. Identificar si el ensamble propuesto es el ideal o es necesario cambiarlo
3. Realizar el diagrama de operaciones en el Formato GT315, ya sea con el proceso propuesto o con el corregido.
4. Divide las operaciones para 3 estaciones de trabajo.
5. Realizar el ensamble de 10 batidoras con la configuración GT30F, comprobando que el diagrama de ensamble es el ideal, y determinar si la configuración es la correcta.

Actividades del analista (1, 2 y 3)

1. Sentarse en una posición cómoda.



2. Observar las actividades que realiza el colaborador 1,2 y 3 respectivamente
3. Con el diagrama de ensamble en mano revisar el proceso e identificar problemas en el proceso de ensamble, determinando si es problema del ensamble o de la configuración

#### Actividades del colaborador 1

1. Preparar el material y el lugar de trabajo
2. Sentarse en una posición cómoda
3. Empezar a armar cuando indique el analista, de acuerdo al diagrama de ensamble de las actividades iniciales
4. Al terminar cada artículo pasarlo a la siguiente estación.

#### Actividades del colaborador 2

1. Preparar el material y el lugar de trabajo
2. Sentarse en una posición cómoda
3. Empezar a armar cuando llegue el material, de acuerdo al diagrama de ensamble de las actividades iniciales.
4. Al terminar cada artículo pasarlo a la siguiente estación.

#### Actividades del colaborador 3

1. Preparar el material y el lugar de trabajo
2. Sentarse en una posición cómoda
3. Empezar a armar cuando indique el analista, de acuerdo al diagrama de ensamble de las actividades iniciales

#### Actividades finales por todos los integrantes

1. Revisar las anotaciones del analista
2. Si hubo problemas determinar cuál fue el factor.
3. Realizar o revalidar el diagrama de ensamble.
4. Realizar o revalidar una configuración para las estaciones de trabajo

5. Realizar una hoja de instrucciones del armado de las batidoras tomando en cuenta la configuración de las estaciones de trabajo.

### **Actividades del instructor**

1. Proporcionar a los usuarios el material didáctico necesario para desarrollar la actividad.
2. Proporcionar los formatos BAT-E1, BAT-E2, BAT-E3 a los usuarios asignados como colaboradores.
3. Proporcionar el formato GT315 a los usuarios.
4. El instructor podrá asesorar a los usuarios acerca de las actividades a desarrollar, así como evaluar los resultados de la dinámica.

### **Entregables**

1. Realizar el diagrama de operaciones en el Formato GT315, ya sea con el proceso propuesto o con el corregido.
2. División de las operaciones para 3 estaciones de trabajo.
3. Anotaciones de los analistas con determinación del factor que causo problemas en el proceso de ensamble
4. Hoja de instrucciones del armado de las batidoras tomando en cuenta la configuración de las estaciones de trabajo.
5. Reflexiones grupales contestadas

### **Reflexiones finales**

1. ¿Qué es el diagrama de operaciones?
2. ¿Para qué sirve el diagrama de operaciones?
3. ¿Qué beneficios se obtienen de generar un diagrama de operaciones?
4. ¿En la dinámica se pudo haber explotado (aprovechado) mejor este diagrama?, ¿Cómo?

## **Práctica 29 y 30 “Balanceo de Líneas (Heurística de la Utilización Incremental)”**

### **Sustento teórico**

Ver tema 1.27 Balanceo de Líneas (Heurística de la Utilización Incremental)

### **Objetivo**

En esta dinámica el usuario conocerá otro método de balanceo de líneas; la heurística de la utilización incremental. De esta forma podrá tomar una mejor decisión acerca de la elección de los métodos de balanceo durante la dinámica. El objetivo es que el usuario pueda formular un balanceo de línea óptimo, integrando los conocimientos adquiridos con los temas anteriores.

### **Formatos Sugeridos**

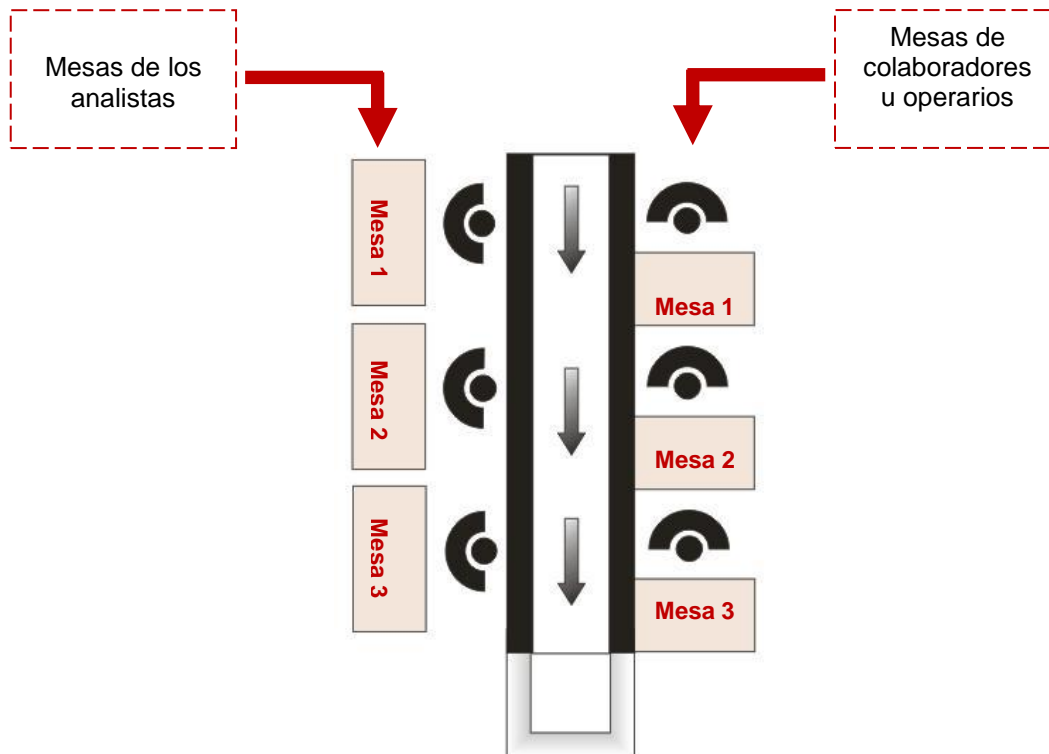
1. Formato GT316, GT317 y GT318
2. Formato CESPOL-E1
3. Formato CESPOL-E2
4. Formato CESPOL-E3

### **Material didáctico**

1. Mesas de grupo de trabajo 3 (GT3) “Traslado”
2. Configuración GT30C
3. 10 Cespól

### **Problemática**

Supondremos que somos una empresa de ensamble de Cespól, somos el departamento de ingeniería industrial, y tenemos la misión de balancear la línea de ensamble, la única información con la que se cuenta son unas hojas de instrucciones (Formato CESPOL-E1, Formato CESPOL-E2 y Formato CESPOL-E3) que contemplan 3 estaciones de trabajo. Por medio de la heurística se determinará el número de estaciones mínimas al mismo tiempo que se balanceará dicha línea de ensamble. Se desea que la línea de ensamble produzca 200 Cespól por hora.



**Figura 72.** Configuración GT30C

### Actividades del usuario

Para la actividad los usuarios se repartirán los roles de analistas 1, 2 y 3, y colaboradores 1, 2 y 3 para realizar las siguientes actividades:

Actividades iniciales por todos los integrantes

1. Con la ayuda de los formatos CESPOL-E1, CESPOL-E2 y CESPOL-E3 divide las tareas del ensamble en el formato GT316, tomando en cuenta las tareas precedentes.
2. Realizar el ensamble como si fuera una línea de producción real y tomar los tiempos de las tareas en el formato GT317

Actividades del analista (1, 2 y 3)

1. Ponerse en una posición cómoda.
2. Observar las actividades que realiza el colaborador 1,2 y 3 respectivamente

3. Tomar los tiempos de las tareas registradas en el formato GT316 en el formato GT317.
4. Ya terminada la toma de tiempos promediar los tiempos de cada tarea y pasarlos al formato GT316.

#### Actividades del colaborador 1

1. Preparar el material y el lugar de trabajo
2. Sentarse en una posición cómoda
3. Empezar a armar cuando indique el analista, de acuerdo al formato CESPOL-E1
4. Al terminar cada artículo colocarlo en la banda para que pase a la siguiente estación.

#### Actividades del colaborador 2

1. Preparar el material y el lugar de trabajo
2. Sentarse en una posición cómoda
3. Empezar a armar cuando llegue el material, de acuerdo al formato CESPOL-E2
4. Al terminar cada artículo colocarlo en la banda para que pase a la siguiente estación.

#### Actividades del colaborador 3

1. Preparar el material y el lugar de trabajo
2. Sentarse en una posición cómoda
3. Empezar a armar cuando llegue el material, de acuerdo al formato CESPOL-E3

#### Actividades finales por todos los integrantes

1. Calcular el tiempo total de ensamble del Cespól en el formato GT316
2. Determinar el tiempo productivo por hora
3. Calcular el tiempo del ciclo por Cespól, suponiendo que se pretende que se produzca en esta línea 200 Cespól por hora.

4. Calcular la cantidad mínima de estaciones de trabajo
5. Balancear línea
6. Dibujar el diagrama de precedencias para la línea de producción
7. Asignar tareas a los centros de trabajo en el formato GT318
8. Calcular la eficiencia de la propuesta (utilización)

### **Actividades del instructor**

1. Proporcionar a los usuarios el material didáctico necesario para desarrollar la actividad.
2. Proporcionar los formatos CESPOL-E1, CESPOL-E2 y CESPOL-E3 a los usuarios asignados como colaboradores.
3. Proporcionar el formato GT316, GT317 y GT318 a los usuarios.
4. El instructor podrá asesorar a los usuarios acerca de las actividades a desarrollar, así como evaluar los resultados de la dinámica.

### **Entregables**

1. División de las tareas del ensamble en el formato GT316
2. Formato GT317 lleno.
3. Tiempo total de ensamble del Cespól en el formato GT318
4. Tiempo productivo por hora
5. Tiempo del ciclo por Cespól
6. Cálculo de la cantidad mínima de estaciones de trabajo
7. Balanceo de línea
8. Reflexiones grupales

### **Reflexiones finales**

1. ¿Qué te pareció el método presentado?
2. ¿Consideras que este método puede utilizarse en todos los casos?
3. ¿Qué es lo más complicado de la utilización de este método?
4. ¿Cuáles son las ventajas y desventajas de este método?

**Asiatech S.A. de C.V. se reserva los derechos de autor.**

**Queda estrictamente prohibida la utilización o la publicación, parcial o total, con fines comerciales o de lucro, de textos, fotografías, logotipos y elementos gráficos del presente.**

**Queda prohibido total o parcialmente el uso, reproducción, distribución o comercialización de cualquier elemento gráfico e informativo de este manual y no podrá ser utilizado mediante ningún medio impreso, magnético o electrónico sin consentimiento expreso de Asiatech S.A de C.V.**

**Asiatech, S.A. de C.V.**

Calle “F” esquina con calle “E” lote 16, fracc. “B” manzana 6

Parque Industrial Puebla 2000

México Puebla, Pue.

TEL: +52 01(222) 240 4410, 282 5377, 282 9173

EMAIL: ack.ventas@gmail.com, ventas1@asiatech.com.mx,

soporte.tecnico1@asiatech.com.mx

***www.asiatech.com.mx***