



UNIVERSIDAD DEL
AZUAY

FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA DE LA PRODUCCIÓN Y
OPERACIONES

TEMA:

**Propuesta de implementación de un laboratorio Lean
Manufacturing-Seis Sigma en la Escuela de Ingeniería de la
Producción y Operaciones.**

Trabajo de Titulación previo a la obtención del Título de:
INGENIERO DE PRODUCCIÓN Y OPERACIONES

Autores:

PEDRO ANDRÉS JARAMILLO AGUIRRE
IVÁN ROBERTO JERVES RAMÍREZ

Director:

JUAN MANUEL MALDONADO MATUTE

CUENCA-ECUADOR

2015

DEDICATORIA

A toda mi familia y en especial a mis padres por el apoyo, comprensión y cariño incondicional en el transcurso de mi carrera académica y a lo largo de mi vida.

Pedro Jaramillo A.

A todas las personas que hicieron realidad este logro en especial a mis padres por ser siempre incondicionales en cada momento.

Roberto Jerves R.

AGRADECIMIENTOS

Al Ing. Juan Maldonado, docente de la Universidad del Azuay por el apoyo y dedicación a lo largo del desarrollo del presente trabajo.

**PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN DE UN LABORATORIO LEAN
MANUFACTURING - SEIS SIGMA EN LA ESCUELA DE INGENIERÍA DE
LA PRODUCCIÓN Y OPERACIONES.**

RESUMEN

El presente trabajo de titulación abarca la propuesta de implementación de un laboratorio teórico-práctico que permitirá mejorar la comprensión y manejo de las herramientas Lean Manufacturing y Seis Sigma, enfocadas en una cultura de emprendimiento y direccionamiento de la carrera.

Su desarrollo se basa en la ilustración del manejo e implementación de cada herramienta para casos aplicados en los cuales los estudiantes podrán simular y evaluar cada una de las herramientas a través de resultados obtenidos a lo largo de una cadena productiva o en una empresa de servicios.

Los resultados alcanzados promueven el aprendizaje didáctico para el desarrollo de varios modelos de gestión aplicados a la industria de forma general.

Palabras Clave: Herramientas didácticas, Lean Manufacturing, Seis Sigma, Productividad, Calidad, Mejora continua.



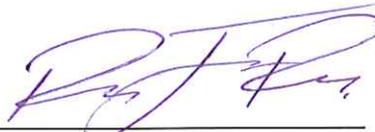
Ing. Pedro José Crespo Vintimilla
Director de Escuela



Ing. Juan Manuel Maldonado Matute
Director de Tesis



Pedro Andrés Jaramillo Aguirre



Iván Roberto Jerves Ramírez

Autores

**PROPOSAL FOR THE IMPLEMENTATION OF A LEAN MANUFACTURING -
SIX SIGMA LABORATORY AT THE SCHOOL OF PRODUCTION AND
OPERATIONS ENGINEERING**

ABSTRACT

This graduation paper covers the proposal to implement a theoretical and practical laboratory that will improve the comprehension and management of Lean Manufacturing and Six Sigma tools, focus on a culture of entrepreneurship and career orientation. Its development is based on the illustration of management and implementation of each tool for applied cases, in which students can simulate and evaluate each of the tools through the results obtained along a supply chain or a service company. The results obtained promote didactic learning for the development of several management models applied to the industry in general.

Keywords: Didactic Tools, Lean Manufacturing, Six Sigma, Production, Quality, Continuous Improvement.

Ing. Pedro José Crespo Vintimilla
School Director

Ing. Juan Manuel Maldonado Matute
Thesis Director

Pedro Andrés Jaramillo Aguirre

Author


UNIVERSIDAD DEL
AZUAY
DPTO. IDIOMAS

Iván Roberto Jerves Ramírez
Author



Translated by,
Lic. Lourdes Crespo

ÌNDICE DE CONTENIDOS

DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTOS	iii
RESUMEN	iv
ABSTRACT	v
ÌNDICE DE CONTENIDOS	vi
INTRODUCCIÓN	1
OBJETIVOS	2
CAPÌTULO 1. ANTECEDENTES GENERALES	3
1.1 Información sobre la Universidad del Azuay.....	3
1.1.1 Reseña histórica	3
1.1.2 Misión, Visión, Principios y Valores	4
1.2 Descripción de la Escuela de Ingeniería de Producción y Operaciones	5
1.2.1 Perfil Profesional	5
1.2.2 Campo Ocupacional.....	6
1.3 Alcance del Proyecto	7
CAPÌTULO 2. LA METODOLOGÌA LEAN MANUFACTURING EN EL CAMPO EMPRESARIAL	8
2.1 Metodología Lean Manufacturing	8
2.1.1 Antecedentes	8
2.1.2 Lean Manufacturing o Manufactura Esbelta.....	9
2.1.3 Ventajas y desventajas de la aplicación de Lean Manufacturing.....	12
2.2 Herramientas utilizadas dentro de Lean Manufacturing	13
2.2.1 TOC (Theory of Contrains).....	13
2.2.2 Comparación de la Teoría de las Restricciones y Lean Manufacturing.....	14

2.2.3 Combinar la Teoría de las Restricciones y Lean Manufacturing	16
2.2.4 Cinco “S”	17
2.2.5 Justo a Tiempo (JIT)	19
2.2.6 Trabajo Estandarizado	20
2.2.7 Niveles de la producción (Heijunka)	21
2.2.8 Mantenimiento Productivo Total (TPM)	22
2.2.9 Jidoka (Automatización)	24
2.2.10 Dispositivos para prevenir errores (Poka-Yoke).....	24
2.2.11 Indicador Visual (Andon)	25
2.2.12 Cambio de herramienta en un solo dígito de minutos (SMED)	26
2.2.13 Mejora Continua (Kaizen)	28
2.2.14 Manufactura Celular	28
2.2.15 Líneas de Trabajo Flexibles	29
2.2.16 Cadena de Suministro (VSM).....	30

CAPÍTULO 3. LA METODOLOGÍA SEIS SIGMA EN EL CAMPO EMPRESARIAL 32

3.1 Metodología Seis Sigma	32
3.1.1 Antecedentes	32
3.1.2 Seis Sigma.....	33
3.2 Los 6 principios de la metodología seis sigma	35
3.2.1 Orientación al cliente	35
3.2.2 Gestión orientada a datos y hechos	36
3.2.3 Orientación a procesos, gestión por procesos y mejora de procesos	36
3.2.4 Gestión proactiva	36
3.2.5 Colaboración sin fronteras	36
3.3.6 Búsqueda de la perfección, tolerancia a los errores	37
3.4 Beneficios de la metodología seis sigma	37

3.5 La implementación de la Metodología Seis Sigma.....	37
3.6 Estructura de la Metodología Seis Sigma	38
3.6.1 El consejo directivo.....	38
3.6.2. Los patrocinadores o <i>champions</i> de los proyectos.....	39
3.6.3 El responsable de implementación.....	40
3.6.4. El tutor de Seis Sigma (<i>master blackbelt</i>).....	41
3.6.5 El jefe de equipo o jefe de proyecto (<i>blackbelt</i>)	41
3.6.6 Los miembros de equipo	42
3.6.7 El dueño del proceso	42
3.6.8 Green Belts.....	43
3.9 Descripción del ciclo DMAMC	43
3.9.1 Definir	43
3.9.2 Medir.....	44
3.9.4 Analizar.....	45
3.9.5 Mejorar.....	45
3.9.6 Controlar	46

**CAPÍTULO 4. APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA LEAN
MANUFACTURING PARA HERRAMIENTAS DIDACTICAS 47**

4.1 Introducción	47
4.2 Cuadro de resumen de juegos	48
4.3 Conjunto de juegos ShipTech	50
4.3.1 Lean JIT J&J ShipTecGame (Justo a Tiempo)	50
4.3.2 Cell Layout Types Airplane Game (Células de Manufactura).....	56
4.3.3 Bucket Brigade Line Balance Game (Balanceo de Líneas de Ensamble).....	60
4.3.4 TWI Type Job Breakdown (Entrenamiento dentro de la Industria).....	66
4.3.4 Changeover Reduction SMED (Cambios Rápidos de Herramientas o Dados)	68
4.3.6 Process Variation Reduction (Reducción de la Variación del Proceso)	76

4.3.7 Reducing Input Variation (Reducción de la Variación de Entrada).....	78
4.3.8 Kanban: Lo bueno y lo malo.....	80
4.3.9 Flexible Working (Trabajo Flexible)	84
4.3.10 Bottleneck and Uncontrolled Overcapacity (Cuello de botella y exceso de capacidad)	87

CAPÍTULO 5. APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA SEIS SIGMA PARA HERRAMIENTAS DIDACTICAS 103

5.1 Introducción	103
5.3 Conceptos Básicos de Mejora de Procesos	105
5.3.1 Letras Revueltas (Una mirada al proceso)	105
5.3.2 Oferta Grupal (Valor Agregado para el Cliente).....	108
5.4 Enfoque en los requerimientos del cliente	111
5.4.1 Paisajes personalizados a precios asequibles (Identificando el proceso)	111
5.5 Variación en los Procesos	114
5.5.1 Gotero (examinando la variación del proceso)	114
5.6 Funciones dentro de la Organización.....	116
5.6.1 Dar-recibir (roles y expectativas del Seis sigma).....	116
5.6.2 Equipo de poker (liderazgo y toma de decisiones)	118
5.7 Fase de Mejoramiento de Procesos.....	120
5.7.1 Malabares en el zoológico (Lluvia de ideas para mejorar el proceso)	120
5.7.2 Juguera creativa (Generando soluciones creativas)	123
5.8 Fase de Control	126
5.8.1 Descomponerlo (Documentación del proceso individual).....	126
5.9 Comportamientos de un Equipo de Trabajo.....	129

CONCLUSIONES.....	133
BIBLIOGRAFÍA.....	134
REFERENCIAS DIGITALES.....	135
ANEXOS.....	136

Jaramillo Aguirre Pedro Andres

Jerves Ramírez Iván Roberto

Trabajo de Grado

Maldonado Matute Juan Manuel

Febrero 2015.

**PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN DE UN LABORATORIO LEAN
MANUFACTURING - SEIS SIGMA EN LA ESCUELA DE INGENIERÍA DE
LA PRODUCCIÓN Y OPERACIONES.**

INTRODUCCIÓN

La formación teórico-práctica de la metodología Lean Manufacturing y Seis Sigma se considera de uno de los pilares fundamentales en el aprendizaje académico, en el cual se revisan los conceptos fundamentales de una cultura de mejoramiento continuo, y que permitirá a los estudiantes simular y evaluar mediante juegos y talleres didácticos cada una de las herramientas con sus resultados obtenidos en una cadena productiva, línea de ensamble o una empresa de servicios, fomentando así una cultura de emprendimiento y direccionamiento de la carrera, la misma que los motiva a trabajar dentro de ámbitos tanto gerenciales como financieros.

OBJETIVOS

Los objetivos generales y específicos propuestos para la consecución de este trabajo son los citados a continuación

Objetivo General

Elaborar una propuesta de implementación de un laboratorio didáctico Lean Manufacturing, Seis Sigma en la Escuela de la Ingeniería de la Producción y Operaciones, que permita mejorar los sistemas de aprendizaje teórico-práctico.

Objetivos Específicos

- Realizar una investigación que permita identificar cada una de las herramientas Lean Manufacturing y Seis Sigma, con su significado e implementación a cada juego didáctico.
- Elaborar y Desarrollar la metodología para cada uno de los juegos y talleres a implementarse.
- Desarrollar los instructivos y elementos necesarios para el desarrollo de cada juego y taller didáctico.

CAPÍTULO 1

ANTECEDENTES GENERALES

1.1 Información sobre la Universidad del Azuay

1.1.1 Reseña histórica

La Universidad del Azuay nació en 1968 y tiene su sede en la ciudad de Cuenca, capital de la provincia del Azuay. Históricamente, en sus inicios fue parte, primero, de la Universidad Católica Santiago de Guayaquil y, luego, de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador. En 1990 luego de cumplir con todos los requisitos legales fue reconocida como Universidad del Azuay, mediante Ley de la República. En el año 2006 se constituyó en la primera universidad ecuatoriana en lograr la Acreditación por parte del Consejo Nacional de Evaluación y Acreditación, CONEA.¹

La Universidad del Azuay ofrece carreras que respondan a las necesidades de la región y del país dentro de una concepción integral del ser humano, de tal manera que a la sólida preparación profesional se una el compromiso de servir a la sociedad, especialmente a los sectores más necesitados, buscando su superación, al igual que el desarrollo de acciones que proyecten a la comunidad su acervo cultural, científico, tecnológico y ético; en un entorno de mejora continua que permita actualizar permanentemente los conocimientos provenientes del desarrollo científico y cultural revirtiéndolos así a la comunidad universitaria, a los ex alumnos y a la sociedad. Además de contribuir al desarrollo de la ciencia, la cultura, la tecnología, las artes y las letras, a través de la docencia, la investigación y las acciones más idóneas dentro y fuera de la comunidad universitaria, con la integración y cooperación

¹ *Universidad del Azuay*. (s.f.). Recuperado el 10 de 02 de 2014, de [www.uazuay.edu.ec/servicios/facultades/pensum_sis_nuevo.php?id=T\[ZFN_F%3C::FA?A](http://www.uazuay.edu.ec/servicios/facultades/pensum_sis_nuevo.php?id=T[ZFN_F%3C::FA?A)

interinstitucionales cuando los fines sean coincidentes o complementarios con un equilibrio en los campos técnicos y humanísticos.

1.1.2 Misión, Visión, Principios y Valores²

Los propósitos y principios de la Universidad del Azuay están enfocados al crecimiento humano y cultural de sus docentes y estudiantes, los cuales están definidos claramente en su página web de la siguiente manera:

Misión

La Universidad del Azuay La Universidad del Azuay es una Comunidad Universitaria que tiene como misión formar personas con pensamiento crítico, comprometida éticamente con la sociedad, que aporta a la ciencia y al conocimiento para lograr el desarrollo integral de nuestro entorno

Visión

La visión de la Universidad del Azuay está orientada hacia la investigación; ser acreditada con estándares nacionales e internacionales; y, constituirse en un referente académico nacional

Principios y Valores

- Búsqueda de la verdad guiada por la razón.
- Compromiso social.
- Se trabaja por una sociedad justa y equitativa con honestidad, transparencia y rendición social de cuentas.
- Conciencia ambiental.
- Se propicia el desarrollo sustentable y la protección del ambiente.
- Comunidad participativa.
- La gestión interna se caracteriza por la participación activa y propositiva de todos los miembros de la comunidad.
- Educación sin fines de lucro.
- Se cree en la educación como un servicio solidario.

² *Universidad del Azuay*. (s.f.). Recuperado el 10 de 02 de 2014, de www.uazuay.edu.ec/universidad/mision.php

- Calidad académica.
- Se trabaja por el mejoramiento continuo y la acreditación de nuestro quehacer universitario.

1.2 Descripción de la Escuela de Ingeniería de Producción y Operaciones³

1.2.1 Perfil Profesional

Dentro de la página web de la Universidad del Azuay, en la sección de Escuelas y Facultades; se define al perfil profesional como:

Los futuros profesionales tendrán la capacidad de aplicar el conocimiento científico, técnico y práctico, adquirido y desarrollado, para realizar el análisis y diagnóstico situacional de las realidades laborales, con el fin de diseñar e implementar estrategias modernas de emprendimiento, gestión, solución de problemas y mejoramiento continuo, en sistemas productivos de empresas manufactureras, comerciales y de servicios de los sectores público y privado.

Además de gestionar procesos operativos y administrativos de apoyo a la labor productiva, en los ámbitos del diseño, adquisiciones, logística, comercialización, planificación, proyectos, ingeniería, mantenimiento, innovación y servicio al cliente.

La planificación, implementación y evaluación del desempeño de sistemas integrales de gestión de la calidad, la seguridad y el ambiente, con fundamentos éticos, aplicados a una gestión participativa de mejoramiento continuo del desempeño y las condiciones de vida laboral del capital intelectual, a través de la planeación, el seguimiento y la evaluación del rendimiento, el comportamiento y el desarrollo personal.

³ *Universidad del Azuay*. (s.f.). Recuperado el 10 de 02 de 2014, de [http://www.uazuay.edu.ec/servicios/facultades/pensum_sis_nuevo.php?id=T\[ZFN_F%3C;;FA?A](http://www.uazuay.edu.ec/servicios/facultades/pensum_sis_nuevo.php?id=T[ZFN_F%3C;;FA?A)

1.2.2 Campo Ocupacional

Dentro de las empresas generadoras de bienes y servicios, los conocimientos del Ingeniero de Producción y Operaciones le permitirán desempeñarse con solvencia en áreas tales como:

- Investigación y desarrollo: dirigir la investigación, desarrollo e innovación de productos e ingeniería del producto.
- Ingeniería del producto: diseño eficiente de productos para optimizar la utilización de los recursos de la planta.
- Ingeniería de procesos: diseño, desarrollo y evaluación de herramientas de producción, equipos y procesos.
- Planificación y construcción de plantas: planifica, organiza la disposición de plantas, controla su construcción y mantenimiento.
- Adquisiciones y logística: escoge la mejor fuente de aprovisionamiento de acuerdo con las especificaciones, tiempo de entrega y precio.
- Distribución: planifica, ejecuta y controla la entrega de productos desde su fuente a sus usuarios finales, al menor costo y sin perder ventas.
- Ingeniería Industrial: determina el más eficiente uso de máquinas, espacio y personal.
- Ingeniería de Métodos: busca la mejora de procedimientos en la planta utilizando eficientemente los recursos.
- Planificación de producción y control de inventarios: programa los procesos de manufactura y administra eficientemente el inventario.
- Sistema de manufactura: aplica la metodología, modelos matemáticos y procedimientos, uso de los sistemas de información gerencial y la tecnología de la información, para tomar decisiones oportunas y precisas.
- Sistemas de calidad revisa diseños, productos y procesos para asegurar el cumplimiento de los niveles de calidad.
- Mantenimiento: diseña procedimientos que garanticen sistemas confiables.

1.3 Alcance del Proyecto

El presente proyecto pretende sentar las pautas para la implementación de un laboratorio didáctico de Lean Manufacturing y Seis Sigma en la Escuela de Ingeniería de la Producción y Operaciones.

La propuesta del mencionado laboratorio nace de la idea de que los estudiantes logran un mejor desempeño académico y validación de los conocimientos adquiridos el momento que pueden poner en práctica lo aprendido, dentro de las etapas, herramientas y metodologías de Lean Manufacturing y Seis Sigma que son necesarias estudiar y analizar para el desarrollo del proyecto están las siguientes:

- Investigación y desarrollo de juegos didácticos de Lean Manufacturing y Seis Sigma.
- Elaboración de juegos didácticos de Lean Manufacturing y Seis Sigma, metodología, instructivo y manual de prácticas.

CAPÍTULO 2

LA METODOLOGÍA LEAN MANUFACTURING EN EL CAMPO EMPRESARIAL

2.1 Metodología Lean Manufacturing

2.1.1 Antecedentes

Según (Villaseñor Alberto, 2007) la historia de Lean Manufacturing inicia con Sakichi Toyoda, el mismo que a finales del siglo XIX inventa el primer telar automático, que revolucionaría la industria textil del Japón.

Impulsado por el éxito de sus telares, en 1907 funda la empresa Toyoda Automatic Loom Works, convirtiéndose en uno de los fabricantes líderes. Uno de sus inventos fue un mecanismo especial que detenía de manera automática el telar cuando un hilo se atoraba o fallaba, invento que se convertiría en uno de los pilares del sistema de producción Toyota, llamado Jidoka (automatización con toque humano).

En el año de 1929 Toyoda vende la patente de la maquina a la compañía inglesa Platt Brothers, e invierte sus ingresos en el desarrollo del primer vehículo Toyota.

Kiichiro Toyoda, hijo de Sakichi inicia una investigación sobre motores de combustión interna a gasolina, logrando así en 1937 producir el primer prototipo de automóvil y la construcción de Toyota Motor Company Ltd.

(Wilson, 2010) establece que el “Sistema de Producción Toyota” o más conocido como TPS es uno de los principales legados de Toyota, el cual se hizo conocido en 1970, pero fue establecido mucho antes por Taiichi Ohno. Basado en los principios de Jidoka y Just-in-time, el sistema fue un factor fundamental en la reducción de inventarios, desperdicios y defectos en las plantas de Toyota y de sus proveedores. El TPS, con su enfoque en la mejora continua y el valor del compromiso de los empleados, es considerado por la industria automotriz como un auténtico benchmark.

Con el paso del tiempo Toyota dio los primeros pasos para esparcir sus principios a sus proveedores clave. En la crisis petrolera que ocurrió en 1973, Toyota sobresalía de las demás compañías; por lo que el gobierno Japonés trato de copiar el sistema de Toyota para pasarlo a las demás empresas, aunque estas solo entendían una fracción de lo que Toyota venía haciendo.

En los últimos años, diversas herramientas de producción han sido empleadas para hacer más eficientes a los negocios, una de estas herramientas es la filosofía “Lean Manufacturing”, la cual busca eliminar todos los tipos de desperdicios o toda actividad que utiliza recursos pero que no genera un valor a los ojos del cliente, y que actualmente está presente en la mayoría de las empresas.

2.1.2 Lean Manufacturing o Manufactura Esbelta

En el libro digital, “Lean Manufacturing” de la Universidad Politécnica de Madrid, en el año 2011, se plantea que el primer problema que se encuentra a la hora de definir el significado de Lean Manufacturing son los numerosos términos en español con los que las empresas se refieren a esta filosofía. Dependiendo de la industria o del autor se encuentran traducciones como producción delgada, ajustada, ágil, esbelta, sin grasa, etc.

Lean Manufacturing es una filosofía de trabajo, basada en las personas, que define la forma de mejora y optimización de un sistema de producción enfocándose principalmente en identificar y eliminar todo tipo de “desperdicios”, definidos estos como aquellos procesos o actividades que usan más recursos de los estrictamente necesarios. Identifica varios tipos de “desperdicios” que se observan en la producción: sobreproducción, tiempo de espera, transporte, inventario, movimiento y defectos.

El principal objetivo de esta metodología es simplificar los procesos y cambiar el flujo para de esta manera aumentar el tiempo de trabajo que genera valor, hacerlos más ágiles, que fluyan mejor, más rápidamente y con menos costos para los clientes. Involucra sobre todo la productividad, calidad, velocidad y competitividad.

Otro objetivo es el lograr una nueva dinámica de trabajo dentro de los procesos de producción relacionados con todas las operaciones industriales dentro de una compañía, incluyendo redes de proveedor-cliente.

Los principios Lean Manufacturing regularizan todas las operaciones industriales cubriendo así a la empresa en su totalidad, representa un nuevo paradigma de producción. La implementación de esta metodología está transformando un creciente número de industrias, fomentando la continua innovación tecnológica, nuevas relaciones organizacionales y el establecimiento de nuevos roles y responsabilidades. (James P.Womack, 1991)

Los principios claves son:

- Calidad perfecta a la primera vez, con el objetivo de lograr cero defectos, analizando y resolviendo problemas desde su causa raíz para lograr una alta calidad y productividad, con el soporte de equipos de trabajo multidisciplinarios.
- Eliminación del desperdicio de manera que se reduzcan las actividades que no agregan valor, optimizando los recursos (capital, gente, espacio), evitando inventarios innecesarios.
- Mejora continua, a través de una reducción de costos, mejoramiento de la calidad, incremento de la productividad, desarrollo de productos y procesos integrados y simultáneos, tiempos de ciclo rápidos y disponibilidad al mercado.
- Flexibilidad en producir diferentes ítems o una variedad más grande de productos rápidamente, sin sacrificar eficiencia en volúmenes más bajos de producción, a través de un cambio rápido de herramientas y preparación de máquinas y manufactura en pequeños lotes.
- Relaciones de largo plazo entre proveedores y productores primarios a través de formar acuerdos de información compartidas.

La cultura del Lean Manufacturing no es algo que empiece y termine, es algo que debe tratarse como una transformación cultural si se pretende que sea duradera y sostenible.

A continuación algunos principios y conceptos que menciona Villaseñor en su publicación “Manual de Lean Manufacturing”:

- Principio de reducción de costos: los clientes constantemente tienen a las compañías bajo presión para reducir costos y los tiempos de entrega, así como para tener la más alta calidad. El pensamiento tradicional dicta que el precio de venta es calculado por el costo más el margen de utilidad que se desea. Pero en el ambiente económico de hoy, eso es un problema ya que el mercado se ha vuelto más competitivo y es por esa razón que las compañías deben eliminar los desperdicios de sus procesos, logrando de esta manera reducir los costos.
- Valor agregado: cuando se aplica el sistema de producción Toyota, se inicia examinando los procesos de manufactura desde el punto de vista del cliente. La primera pregunta en este sistema de producción es: “¿qué es lo que el cliente espera de este proceso?” tanto para el cliente del siguiente proceso dentro de la línea de producción, como para el cliente externo. Esto se define como valor a través de los ojos del cliente, puede observarse un proceso y separar los pasos que agregan valor de los que no y se puede aplicar a cualquier proceso de manufactura o servicios.
- Desperdicios: *Toyota* ha identificado siete tipos de desperdicios que no agregan valor al proceso de manufactura, los cuales describen a continuación:
- Sobreproducción: producir artículos o unidades sin que existan órdenes de producción; es decir, producir un producto o ítem antes de que el consumidor lo requiera, lo cual provoca que las partes sean almacenadas y se incremente el inventario, así como el costo de mantenerlo.
- Espera: los operadores suelen esperar por materiales, materia prima, herramientas las cual afecta directamente a la cadena productiva.
- Transporte Innecesario: el movimiento innecesario de partes, materiales y materia prima durante la producción es un desperdicio y puede causar defectos al producto o parte, lo que genera un retrabajo.
- Sobre procesamiento o procesamiento incorrecto: no tener claros los requerimientos de los clientes causa que en la producción se realicen procesos innecesarios, los cuales agregan costos en lugar de valor al producto.
- Inventarios: el exceso de materia prima, inventario en proceso o productos terminados causan largos tiempos de entrega, obsolescencia de productos,

productos dañados, costos por transportación, almacenamiento y retrasos. También el inventario oculta problemas tales como producción desbalanceada, entregas retrasadas de los proveedores, defectos, tiempos muertos de los equipos y largos tiempos de arranque de máquina

- Movimientos Innesarios: cualquier movimiento innecesario realizado por el personal durante sus actividades, tales como mirar, buscar, acumular partes, desplazamientos innecesarios herramientas, etc.
- Productos defectuosos o retrabajos: se refiere a la producción de partes defectuosas, reparaciones o *scrap* (desperdicio).

2.1.3 Ventajas y desventajas de la aplicación de Lean Manufacturing⁴

Algunas de las ventajas más destacadas son:

- Reducción de costos de producción
- Reducción de tiempos de entrega
- Reducción de inventarios
- Mejora en la calidad
- Menor cantidad de mano de obra, pero de mejor calidad y eficiencia
- Disminución de desperdicios (producto de mala calidad, sobreproducción, retrasos, transporte, inventarios, proceso, etc.)
- Reducción de los activos circulantes (stocks y saldos): reducción de los capitales utilizados, aumento de tesorería y mejora de la recuperación sobre las inversiones (ROI).
- Trabajo sobre la productividad y la rentabilidad: mejora de la cuenta de pérdidas y de ganancias por reducción de los costes de producción.
- Producción alineada con la demanda del cliente, reducción de los plazos de entrega, mayor satisfacción del cliente.

⁴ Yepes, Ma Alejandra. WIRC Lean Manufacturing. 16 de Noviembre de 2013. Documento. 4 de Mayo de 2014. <<http://leanmanufacturingunal.blogspot.com/2013/11/los-beneficios-del-lean-manufacturing.html>>.

Algunas de las principales desventajas son:

- Resistencia al cambio por parte de los empleados, cuando no se les concientiza de la importancia de los cambios.
- Escasez en la cadena de productiva debido a no tener una rápida reacción ante un problema de inventarios.
- Puede crear brechas entre la dirección y los trabajadores.

2.2 Herramientas utilizadas dentro de Lean Manufacturing

2.2.1 TOC (Theory of Constraints)⁵

La Teoría de las Restricciones, TOC por sus siglas en inglés (Theory of Constraints) es una metodología para identificar el factor limitante más importante en un sistema de producción; es decir, la restricción que se interpone en el cumplimiento de un objetivo, para luego de la identificación mejorar sistemáticamente esa restricción hasta que ya no sea un factor limitante.

En la fabricación, la restricción se lo denomina como un cuello de botella.

La Teoría de las Restricciones adopta un enfoque científico para la mejora, se plantea la hipótesis de que todo sistema complejo, incluyendo los procesos de fabricación, se compone de varias actividades vinculadas, una de las cuales actúa como una restricción en todo el sistema; es decir, la actividad de restricción es el eslabón más débil de la cadena.

Para obtener un beneficio tanto a corto plazo como en el largo plazo, la Teoría de las Restricciones ofrece un potente conjunto de herramientas para ayudar a lograr ese objetivo, entre ellas:

- Los cinco pasos de enfoque (una metodología para la identificación y eliminación de obstáculos)

⁵ Vorne Industries Inc. (2013). *LeanProduction.com*. Recuperado el 11 de 02 de 2014, de <http://www.leanproduction.com/theory-of-constraints.html>

- Los procesos de pensamiento (herramientas para el análisis y resolución de problemas)
- *Throughput Accounting*⁶ (un método para medir el desempeño y orientar las decisiones de gestión)

Una de las características importantes de la Teoría de Restricciones es que prioriza inherentemente actividades de mejora, la principal prioridad es siempre la restricción actual.

En entornos en los que hay una necesidad urgente de mejorar, TOC ofrece una metodología altamente enfocada para la creación de una rápida mejora.

Una teoría satisfactoria de la aplicación de restricciones tendrá los siguientes beneficios:

- Aumento de ganancias (el objetivo principal para la mayoría de compañías)
- La rápida mejoría (resultado de centrar toda la atención en un área crítica, la restricción del sistema)
- Mejora de la capacidad (la optimización de la restricción permite aumentar la productividad)
- Reducción de los plazos de entrega (optimización de los resultados de restricciones en el flujo de producto)
- Reducción del inventario (eliminando los cuellos de botella significa que habrá menos trabajo en proceso)

2.2.2 Comparación de la Teoría de las Restricciones y Lean Manufacturing⁷

La Teoría de las Restricciones y Lean Manufacturing son métodos sistemáticos para mejorar la eficacia de la producción. Sin embargo, tienen enfoques muy diferentes:

⁶ *Throughput Accounting* es una metodología contable alternativa que trata de eliminar las falencias procedentes de las prácticas contables tradicionales, falencias que promueven las conductas contrarias a la meta de aumentar el beneficio a largo plazo.

⁷ Vorne Industries Inc. (2013). LeanProduction.com. Recuperado el 11 de 02 de 2014, de <http://www.leanproduction.com/theory-of-constraints.html>

- La Teoría de las Restricciones se enfoca en la identificación y eliminación de las restricciones que limitan el rendimiento. Por lo tanto, la aplicación exitosa tiende a aumentar la capacidad de fabricación.
- Lean Manufacturing se centra en la eliminación de los desperdicios del proceso de fabricación. Por lo tanto, la aplicación exitosa tiende a reducir los costos de fabricación.

Ambas metodologías tienen una fuerte orientación al cliente y son capaces de transformar a las empresas haciéndolas más rápidas, más fuertes y más ágiles. Sin embargo, existen diferencias significativas, como se destaca en la tabla siguiente.

Tabla 1. Comparación TOC vs Lean Manufacturing

¿Qué?	Teoría de las Restricciones	Lean Manufacturing
Objetivo	Aumentar el rendimiento.	Elimine los residuos.
Foco	Enfoque singular en la restricción (hasta que ya no es la restricción).	Enfoque amplio sobre la eliminación de los residuos del proceso de fabricación.
Resultado	Aumento de la capacidad de fabricación.	Reducción del coste de fabricación.
Inventario	Mantener un inventario suficiente para maximizar el rendimiento en la restricción.	Elimina prácticamente todo el inventario.
Balaceo de Línea	Crear desequilibrio para maximizar el rendimiento en la restricción.	Crear equilibrio para eliminar residuos (exceso de capacidad).
Marcar el ritmo	Restricción marca el ritmo (Drum-Buffer-cuerda).	Cliente marca el ritmo (Takt Time).

Fuente: LeanProduction.com. Recuperado el 11 de 02 de 2014, de

<http://www.leanproduction.com/theory-of-constraints.html>

Desde la perspectiva de la Teoría de Restricciones, es más práctico y menos costoso de mantener un grado de exceso de capacidad para los no-restricciones (es decir, una línea intencionadamente desequilibrada) que tratar de eliminar todas las fuentes de variación (que es necesaria para operar de manera eficiente una línea equilibrada). La eliminación de la variación es todavía deseable en la tabla de contenido; simplemente se le da menos atención que a la mejora el rendimiento.

2.2.3 Combinar la Teoría de las Restricciones y Lean Manufacturing⁸

Uno de los aspectos más importantes de la Teoría de Restricciones es su enfoque en la mejora de la restricción. Mientras Lean Manufacturing puede ser enfocada, más normalmente se implementa como una herramienta de amplio espectro.

En el mundo real, siempre hay una necesidad de compromiso, ya que todas las empresas tienen recursos finitos. No todos los aspectos de cada proceso son realmente dignos o necesarios de una optimización, y no es conveniente eliminar todos los residuos o desperdicios generados en cualquier proceso.

En este sentido, la Teoría de Restricciones puede servir como un mecanismo muy eficaz para dar prioridad a los proyectos de mejora, mientras que Lean Manufacturing puede proporcionar una alta gama de herramientas de técnicas de mejora. El resultado - la eficacia de fabricación se incrementa significativamente mediante la eliminación de los residuos de las partes del sistema que son las mayores restricciones a las oportunidades y la rentabilidad.

Mientras que las herramientas de Lean Manufacturing y técnicas se aplican principalmente a la restricción, sino que también se pueden aplicar a un equipo que está subordinada a la restricción (por ejemplo, para un equipo que se muere de hambre o de bloques de la restricción, para el equipo después de la restricción que provoca pérdidas de calidad).

El resto de esta sección se describe cómo aplicar una serie de herramientas de Lean Manufacturing y técnicas de los cinco pasos de enfoque.

Por lo tanto se considerara a la teoría de restricciones dentro del Lean Manufacturing por todo lo antes mencionado, así mismo se contara con juegos didácticos para dicha teoría.

⁸ Vorne Industries Inc. (2013). LeanProduction.com. Recuperado el 11 de 02 de 2014, de <http://www.leanproduction.com/theory-of-constraints.html>

2.2.4 Cinco “S”

En el libro “Nueve aspectos claves para un ambiente de calidad en el trabajo” ITESM Campus Monterrey del año 2002, el concepto de esta metodología se refiere a la creación y mantenimiento de áreas de trabajo más limpias, organizadas y más seguras.

La metodología de las 5’S, como una respuesta a la necesidad de desarrollar planes de mejoramiento del ambiente de trabajo, integra nueve conceptos fundamentales, en torno a los cuales, trabajadores y empresa pueden lograr las condiciones adecuadas para producir con calidad bienes y servicios.

Una de las necesidades de los seres humanos es disponer de espacios y entornos adecuados para el desarrollo de las diferentes actividades de su vida, una de las cuales es el trabajo; la carencia de estos espacios produce insatisfacción o “pobreza de ambiente”.

Como consecuencia, es responsabilidad de las empresas y trabajadores organizar, mantener y mejorar permanentemente los lugares de trabajo, como la de asegurar un sitio adecuado para su labor y para su desarrollo y para lograr, por este medio, los índices de calidad y productividad que se requieren para sobrevivir en un medio de alta competitividad como el actual.

- Clasificar (Seiri): es separar u ordenar por clases, tipos, tamaños, categorías o frecuencia de uso.
- Para efectos de la metodología, clasificar consiste en separar, en el área de trabajo, las cosas que sirven de las que no son útiles, lo necesario de lo innecesario, lo suficiente de lo excesivo, y eliminar lo que no sirve.
- Organizar (Seiton): es ordenar un conjunto de objetos, partes o elementos, dentro de un conjunto, en especial en una combinación con que esté acorde con algún principio racional o con cualquier arreglo metódico de partes.
- Para esta metodología, organizar es tener una disposición y una ubicación de cualquier elemento, de tal manera que esté listo para que cualquiera lo pueda usar en el momento en que lo necesite.
- Limpiar (Seiso) es el acto de quitar lo sucio de algo.

En las 5^{as}S, este concepto se refiere a eliminar manchas, suciedad, grasa, polvo, desperdicios, etc., de pasillos, talleres de trabajo, oficinas, almacenes, escritorios o bancos de trabajo para de esta manera mantener permanentemente condiciones adecuadas de aseo e higiene.

Una interpretación más ambiciosa se refiere no solo a eliminar polvo y suciedad, sino a lograr que los operarios apoyen las tareas de mantenimiento específico de maquinaria, insumos, herramientas o instrumentos de trabajo, con una programación acorde con las mayores exigencias de operación, de tal manera que puedan eliminar desperdicios, sobrecargas irrazonables y problemas de variación que se hayan observado en sus talleres.

Es importante considerar que trabajar en un sitio sucio y desordenado, además de ser desagradable es peligroso, atenta contra la seguridad física y mental de los trabajadores e incide en la calidad del producto.

- Estandarizar (Seiketsu): es regularizar, normalizar o fijar especificaciones sobre algo, a través de normas, procedimientos o reglamentos.

Para lograr que los esfuerzos para mejorar el ambiente de trabajo sean perdurables, es necesario que la acción sea simultánea, que se sincronicen los esfuerzos de todos, que todos actúen al mismo tiempo, esto puede lograrse de manera permanente si hay un procedimiento o una norma que institucionalice los cambios que se muestren como provechosos.

Muchos esfuerzos individuales que se pierden, que producen frustración, se deben a falta de normalización. Normas, reglamentos o procedimientos que señalen como hacer ciertas cosas para mantener un ambiente adecuado de trabajo, propician que las acciones se realicen simultáneamente, es decir que el cambio sea realizado por todos y aun mismo tiempo.

Esta es la forma de lograr que no solo se dé el cambio, sino que además se mantenga y se realicen mejoras. En el reglamento que se establezca, pueden introducirse,

además, mecanismos para lograr la participación de los empleados en la prevención y mejora del ambiente de trabajo, así como las bonificaciones o recompensas.

- Autodisciplina (Shitsuke): se refiere al hecho de que cada empleado mantenga como hábito o costumbre normal, la puesta en práctica de los procedimientos correctos.

La indisciplina implica no solo el simple hecho de incumplir normas; significa, falta de respeto por los demás y un desconocimiento de las motivaciones humanas y de lo que significa en el ambiente social y empresarial la confiabilidad en la persona y en su trabajo.

2.2.5 Justo a Tiempo (JIT)

Villaseñor (2007) indica que JIT significa producir el artículo indicado en el momento requerido y en la calidad exacta. Todo lo demás se considera desperdicio (muda). Toyota introdujo el JIT en los años 50 en respuesta a problemas que estaban enfrentando, algunos de los cuales eran:

- Mercados fragmentados que demanda muchos productos en bajos volúmenes.
- Competencia difícil.
- Cambios rápidos en la tecnología
- Alto costo de capital
- Precios bajos o fijos
- Trabajadores capaces que demandan niveles más altos de involucramiento.

JIT es un conjunto de principios, herramientas y técnicas que permiten a la compañía producir y entregar los productos en pequeñas cantidades, con tiempos de entrega cortos, para satisfacer las necesidades del cliente. Simplemente, JIT es entregar los artículos correctos en el tiempo indicado en las cantidades requeridas.

El JIT provee tres elementos básicos para cambiar el sistema de producción de una compañía:

- El flujo continuo, el cual es típicamente utilizado en el concepto de la célula, permite a los materiales que fluyan de operación en operación y mejora la comunicación entre operadores.
- *Takt time*⁹ el cual marca el paso a seguir dentro del proceso.
- El sistema jalar (kanban), que permite a los materiales/productos fluir sin ningún inventario, o dentro de un rango mínimo de inventario en proceso.
- Reduce el tiempo de entrega y los costos de movimiento de inventario; refuerza la importancia de tener un sistema de calidad.

El JIT sigue una serie de reglas o principios básicos:

- No se debe producir nada menos de que el cliente lo haya ordenado.
- Se nivela la demanda de modo que el trabajo fluya suavemente a través de la planta.
- Se ligan todos los procesos a la demanda del cliente mediante simples herramientas visuales.
- Se maximiza la flexibilidad de la gente y la maquinaria.

2.2.6 Trabajo Estandarizado

Villaseñor (2007) define al trabajo estandarizado como un conjunto de procedimientos de trabajo que establecen el mejor método y secuencia para cada proceso. La hoja de trabajo estandarizado ayuda a ilustrar la secuencia de operaciones dentro del proceso, incluyendo el tiempo de ciclo. Esta hoja debe colocarse en el área de trabajo.

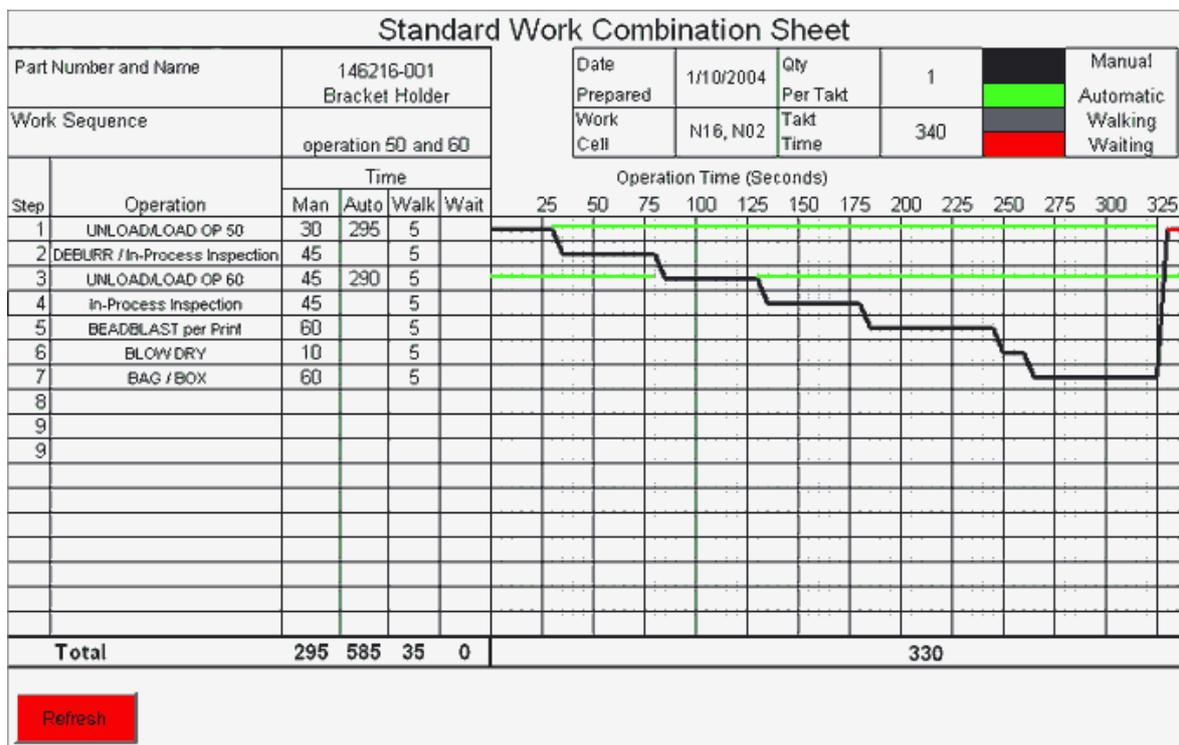
Los pasos a seguir para llenar esta hoja son:

- Dibujar el *layout* de la célula sobre la hoja e identificar todos los artículos.
- Asignar la ubicación de los elementos de trabajo por número
- Mostrar la trayectoria de los movimientos.
- Llenar la información requerida dentro de la hoja
- Colocarla en área de trabajo.

⁹*Takt time*: es la cadencia a la cual un producto debe ser fabricado para satisfacer la demanda del cliente.

El trabajo estandarizado provee las bases para tener altos niveles de productividad, calidad y seguridad. Los trabajadores desarrollan ideas de mejora continua justamente con la idea de optimizar estas tres áreas.

Tabla 2. Hoja de Trabajo Estandarizado



Fuente: <http://estrategiaycomandogerencial.blogspot.com/2013/12/el-gerente-de-planta-geek-2iphone-hoy.html>

2.2.7 Niveles de la producción (Heijunka)

Heijunka es un método para planear y nivelar la demanda del cliente a través del volumen y variedad a lo largo de una jornada de trabajo o turno. (Hernandez Matias & Vizan Idoipe, 2013).

Dentro del sistema de manufactura esbelta, es muy importante agilizar en alto grado los procesos de control, con el objetivo de reducir el desperdicio. Esto se logra por medio de la nivelación de producción, que consiste en mantener niveles de producción constantes, tanto como les sea posible. Si se manejan lotes pequeños o flujo continuo de una pieza, la demanda de partes está sujeta a repentinas

fluctuaciones de producción, las órdenes de producción grandes tal vez ocasionen inmediatamente inventarios, haciendo más difícil la administración.

Para implementar de una manera clara Heijunka se requiere un sentido de comprensión de lo que es la demanda de un cliente y de los efectos de esta en el proceso. Algunos de los puntos clave a tener en cuenta son:

- Si se fabrica una variedad de productos, la nivelación de la carga tal vez puede ser la clave para establecer un sistema pull (jalar la necesidad de la anterior estación) en la empresa.
- Heijunka se divide en unidades basadas sobre el volumen y la variedad de los productos que serán manufacturados.
- El número de kanban es determinado dividiendo los requerimientos diarios entre la cantidad de paquetes.
- La distribución de nivelación de la producción es administrada a través de la distribución de los kanban usando la caja Heijunka.

Caja Heijunka: Según (Wilson, 2010) la caja Heijunka es un método para nivelar la demanda del cliente en volumen y variedad en una unidad de tiempo, permitiendo amortiguar las variaciones de la demanda en pequeños lotes y variedad de productos en una misma línea de producción.

La caja de Heijunka permite observar qué puestos de trabajo están en la cola para la producción y para cuando están programadas.

2.2.8 Mantenimiento Productivo Total (TPM)

El mantenimiento productivo total o por sus siglas TPM (*Total Productive Maintenance*). (Soconnini, 2008) define a esta herramienta como un conjunto de técnicas orientadas a eliminar las averías a través de la participación y motivación de todos los empleados.

La idea fundamental es que la mejora y buena conservación de los activos productivos es una tarea de todos, desde los directivos hasta los ayudantes de los operarios. Para ello, el TPM se propone cuatro objetivos:

- Maximizar la eficacia del equipo
- Desarrollar un sistema de mantenimiento productivo para toda la vida útil del equipo que se inicie en el mismo momento de diseño de la maquina (diseño libre de mantenimiento) y que incluirá a lo largo de toda su vida acciones de mantenimiento preventivo sistematizado y mejora de las condiciones mediante reparaciones o modificaciones.
- Implicar a todos los departamentos que planifican, diseñan, utilizan o mantienen los equipos.
- Implicar activamente a todos los empleados, desde la alta dirección hasta los operarios, incluyendo mantenimiento autónomo de empleados y actividades en pequeños grupos.

La eficacia de los equipos se maximiza por medio del esfuerzo realizado en el conjunto de la empresa para eliminar las seis grandes pérdidas que restan eficacia a los equipos.

Tabla 3. Las seis grandes pérdidas en los equipos productivos

Tipo	Pérdida
Tiempo Muerto	1. Averías debido a fallas en el equipo
	2. Preparación y ajustes. Ej., cambios de utillajes, moldes, ajustes herramientas
Perdidas de Velocidad	3. Tiempo en vacío y paradas cortas (operación anormal de sensores bloqueo de trabajo en rampas, etc.)
	4. Velocidad reducida (diferencia entre velocidad nominal y real).
Defectos	5. Defectos en proceso y repetición de trabajos (desperdicios y defectos de calidad que requieren reparación)
	6. Menor rendimiento entre la puesta en marcha de las máquinas y producción estable

Fuente: Autores

Una consecuencia importante de la implantación del TPM en la fábrica es que los operarios toman conciencia de la necesidad de responsabilizarse del mantenimiento básico de sus equipos con el fin de conservarlos en buen estado de funcionamiento y, además, realizan un control permanente sobre dichos equipos para detectar anomalías antes de que causen averías. El TPM incluye como primeras actividades la limpieza, la lubricación y la inspección visual.

El TPM promueve la conciencia sobre el equipo y el auto mantenimiento por lo que es necesario asegurar que los operarios adquieren habilidades para descubrir anomalías tratarlas y establecer las condiciones óptimas del equipo de forma permanente.

2.2.9 Jidoka (Automatización)

(Hernandez Matias & Vizan Idoipe, 2013) definen a Jidoka (Automatización), como una herramienta cuyo objetivo radica en que el proceso tenga su propio autocontrol de calidad, de manera que, si existe una anomalía durante el proceso, este se detendrá, ya sea automática o manualmente por el operador, impidiendo que las piezas defectuosas avancen en el proceso. Dado que solo se producirá piezas con cero defectos, se minimiza el número de piezas defectuosas a reparar y la posibilidad de que estas pasen a etapas posteriores del proceso, con este sistema la idea es que cada máquina y operario se vuelvan en inspectores de calidad.

2.2.10 Dispositivos para prevenir errores (Poka-Yoke)

(Hirano, 2000) indica que el Poka-Yoke es una técnica de calidad desarrollada en Toyota en la década de los 60's, por el ingeniero Shigeo Shingo dentro de lo que se conoce como Sistema de Producción Toyota (TPS) y que significa "a prueba de errores". La idea principal es la de crear un proceso donde los errores sean imposibles de realizar.

Un dispositivo Poka-Yoke es cualquier mecanismo que ayuda a prevenir los errores antes de que sucedan, o los hace que sean muy obvios para que el trabajador se dé cuenta y lo corrija a tiempo. El sistema Poka-Yoke, o libre de errores, son los

métodos para prevenir errores humanos que se convierten en defectos del producto final.

Lo ideal es que los Poka-Yoke se incluyan desde la etapa de diseño. De lo contrario, si se quieren introducir una vez diseñados el Producto / Servicio o el Proceso, no se cumplirá con un axioma básico de la Calidad moderna que es hacer las cosas bien a la primera, con los costos adicionales que ello significa. O dicho de otro modo, es una mejora continua mal entendida, ya que se llama a los consultores para solucionar algo que en realidad debió preverse desde las primeras etapas. Los sistemas Poka-Yoke van estar en un tipo de categoría reguladora de funciones dependiendo de su propósito, su función, o de acuerdo a las técnicas que se utilicen. Estas funciones reguladoras son con el propósito de poder tomar acciones correctivas dependiendo del tipo de error que se cometa.

Existen dos funciones reguladoras para desarrollar sistemas Poka-Yoke:

- Métodos de control
- Métodos de advertencia

2.2.11 Indicador Visual (Andon)

En su obra (Villaseñor Alberto, 2007) explica que Andon es una herramienta que muestra el estado actual de las operaciones, utilizado para mostrar el estado de producción, el cual utiliza señales de audio y visuales. Básicamente son luces o señales luminosas en un tablero que indican las condiciones de trabajo en el área de producción dentro del puesto de trabajo, el color indica el tipo de problema, condiciones de trabajo o estándares de fabricación, además de generar una asistencia inmediata en caso de que exista una anomalía, o bien para generar una retroalimentación.

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.

Figura 1. Tablero Andon



Fuente: <http://www.leanroots.com/ANDON.html>

2.2.12 Cambio de herramienta en un solo dígito de minutos (SMED)

Los cambios de herramientas en minutos de un solo dígito se conocen popularmente como el sistema SMED, acrónimo de la expresión en inglés “*Single Minute Exchange of Die*”. El término se refiere a la teoría y técnicas para realizarlas operaciones de preparación en menos de 10 minutos. Aunque cada preparación en particular no pueda literalmente completarse en menos de 10 minutos, este es el objetivo del sistema. (Soconnini, 2008)

El sistema fue desarrollado por Shingeo Shingo a lo largo de 19 años, y es resultado de estudios de aspecto teóricos y prácticos de la mejora por procesos de preparación de máquinas. Tanto el análisis, como la realización, son fundamentadas para el sistema SMED y se debe considerar en cualquier plan de mejora.

Dentro de este sistema existen 2 tipos de operaciones:

- Operaciones Internas (IED), corresponde a operaciones que se realizan a máquina parada, fuera de las horas de producción.
- Operaciones Externas (OED), corresponde a operaciones que se realizan o pueden realizarse con la maquina en marcha, durante periodo de producción.

Se piensa habitualmente que los procedimientos de preparación son muy variados, dependiendo del tipo de operación y del tipo de equipo empleado. Sin embargo, si se analizan esos procedimientos desde un punto de vista diferente, se puede observar que todas las operaciones comprenden una determinada secuencia.

(Villaseñor Alberto, 2007) complementa que el objetivo del sistema SMED es estandarizar las operaciones de modo que con la menor cantidad de movimientos se puedan hacer rápidamente los cambios, de tal forma que se vaya perfeccionando el método y forme parte del proceso de mejora continua de la empresa, se clasifica en 4 etapas:

- Etapa preliminar

Se realiza un análisis detallado del proceso inicial de cambio, esta etapa es muy importante ya que puede evitar modificaciones del método en un futuro y se realiza la etapa con las siguientes actividades:

- Registrar los tiempos de cambio
- Estudiar las condiciones actuales del cambio

- Separar las tareas internas y externas

En esta fase se detectan problemas de carácter básico que forman parte de la rutina de trabajo, por ejemplo:

- Se sabe que la preparación de las herramientas, piezas y útiles no debe hacerse con la máquina parada, pero se hace.
- Los movimientos alrededor de la máquina y los ensayos se consideran operaciones internas

- Convertir tareas internas en externas

La idea es hacer todo lo necesario en preparar troqueles, matrices, punzones, etc., fuera de la máquina en funcionamiento para que cuando ésta se pare se haga el cambio necesario, de modo de que se pueda comenzar a funcionar rápidamente

- Perfeccionar las tareas internas y externas

El objetivo de esta etapa es perfeccionar los aspectos de la operación de preparación, incluyendo todas y cada una de las operaciones elementales (tareas externas e internas).

2.2.13 Mejora Continua (Kaizen)

Es el término japonés para referirse al mejoramiento continuo y es el proceso para hacer mejoras incrementalmente, no importa lo pequeñas que sean, y alcanzar las metas Lean de eliminar todos los desperdicios, que generan un costo sin agregar valor. Kaizen enseña a trabajar efectivamente a los individuos en grupos pequeños, a solucionar problemas, documentando y mejorando los procesos, recolectando y analizando datos y a manejarse por sí mismo. (Villaseñor Alberto, 2007)

Entre las ventajas del mejoramiento continuo es de:

- Reducción de costos
- Reducción de desperdicios,
- Reducir el impacto ambiental
- Reducción tiempos de espera
- aumentar los índices de satisfacción de los clientes,
- Aprovechar al máximo la capacidad intelectual de todos los empleados dentro de una empresa, manteniéndolos al mismo tiempo motivado y comprometido con la organización, etc. Es decir busca altos niveles en: Calidad, costo y entrega.

La filosofía de mejoramiento continuo, supone que la forma de vida en el ambiente de trabajo, social y familiar, mejorara en forma constante, ya que en cualquier momento y lugar que se hagan mejoras en los estándares de desempeño, estas con el conducirán a mejoras en la calidad y en la productividad.

2.2.14 Manufactura Celular¹⁰

La manufactura celular es una de las aplicaciones de la tecnología de grupo en la manufactura, en la cual un sistema de manufactura ha sido convertido en células de manufactura de manera parcial o total, algunas características de las células de manufactura son:

¹⁰Wilson, L. (2010). *How to Implement Lean Manufacturing*. New York: Mc Graw Hill.

- Tiene una sola pieza, o lote muy pequeño, el flujo
- A menudo se utiliza para una familia de productos
- Tiene el equipo que es del tamaño adecuado y muy específico
- Normalmente se dispone en un C o en forma de U de modo que los materiales primas entrantes y productos terminados salientes se controlan fácilmente
- Tiene personal entrenado en diferentes estaciones para lograr flexibilidad

Una célula de manufactura, es un grupo de máquinas o procesos agrupados y dedicados a la manufactura de una familia de partes. Esas partes son similares en sus requerimientos de proceso, tales como operaciones, tolerancias, utilización de herramientas, máquinas, etc.

Los objetivos principales en la implementación de la manufactura celular son:

- Reducir los tiempos de preparación del equipo (manufactura de partes similares o familias de partes con las mismas herramientas y secuencias)
- El tiempo dentro del proceso (lográndose al utilizar el tiempo de preparación del equipo en la manufactura de varias partes, al uniformizar el manejo de materiales por la “variedad de partes”), y por lo mismo se reducen inventarios y tiempos de respuesta de mercado.

2.2.15 Líneas de Trabajo Flexibles¹¹

El incremento en la variabilidad de las condiciones del medio ambiente externo (mercado, economía, etc.) y operativas de los sistemas de manufactura ha hecho necesario el desarrollo de capacidades que los haga “flexibles”. La flexibilidad en la manufactura se requiere para adaptarse a la incertidumbre originada por la variabilidad, y por lo tanto poder responder efectivamente a las circunstancias cambiantes. Las necesidades de flexibilidad de un sistema de manufactura pueden satisfacerse a través de la implantación de tecnologías y nuevas filosofías de trabajo. Las líneas de trabajo flexible son un sistema o una forma de pensar que permite que cualquier número de empleados pueda producir la cantidad requerida de producto sin hacer que decaiga la productividad.

¹¹Wilson, L. (2010). *How to Implement Lean Manufacturing*. New York: Mc Graw Hill.

La creación de flexibilidad en un sistema de manufactura puede ser reactiva u orientarse proactivamente. Al ser proactiva una empresa puede redefinir reglas en el mercado.

2.2.16 Cadena de Suministro (VSM)¹²

La cadena de suministros o VSM por sus siglas en inglés (Value Stream Mapping) contiene todas las acciones requeridas para producir o elaborar un producto: desde la materia prima, hasta llegar a las manos del cliente. El VSM se enfoca más al flujo de la producción, para realizar un mapa de procesos se necesita entender el flujo de materiales e información que se requieren para hacer un producto a través de su camino por el proceso.

Algunos de los beneficios del VSM son:

- Ayuda a visualizar más de un nivel de proceso de producción, Se puede apreciar el flujo.
- Ayuda a apreciar más desperdicios. Mapear ayuda a localizar las fuentes de desperdicio en el proceso.
- Provee un lenguaje común para hablar sobre procesos de manufactura.
- Ayuda a tomar decisiones acerca del flujo. Por otra lado, muchos detalles y decisiones en el piso suceden por si solas.
- Une los conceptos y técnicas del Lean Manufacturing.
- Forma la base para un plan de implementación. Ayuda a diseñar como el flujo de puerta a puerta debe operar. El Value Stream Mapping se convierte en un borrador o ante proyecto para la implementación del Lean Manufacturing.
- Muestra las conexiones entre el flujo de la información y de materiales. Ninguna otra herramienta hace esto.
- Es mucho más útil que las herramientas cuantitativas y diagramas de layout, que producen una copia de los pasos que no agregan valor, tiempo de entregas, distancia recorridas, cantidad de inventarios, etc. El VSM es una herramienta cualitativa que describe a detalle cómo debe operar una empresa para crear valor. Los números son bienes para crear la sensación de urgencia,

¹²Villaseñor Alberto, G. E. (2007). *Manual de Lean Manufacturing*. Mexico: Limusa.

o bien, se pueden interpretar como medibles de un periodo determinado. El mapeo del proceso es una herramienta que describe los pasos a seguir para afectar esos números.

CAPÍTULO 3

LA METODOLOGÍA SEIS SIGMA EN EL CAMPO EMPRESARIAL

3.1 Metodología Seis Sigma

3.1.1 Antecedentes

Según (Peter S. Pande, 2004) la metodología Seis Sigma ayuda a conocer y comprender profunda y claramente los procesos, de tal manera que puedan ser mejorados al punto de reducir el desperdicio generado en ellos, lo cual se verá reflejado en la reducción de los costos de pobre calidad, asegurándose de que el precio de los productos o servicios sean competitivos.

En otras palabras se puede decir que Seis Sigma es un enfoque cuantitativo de la calidad, una filosofía de trabajo y una estrategia de negocio, basada en el enfoque hacia el cliente e impulsada por el ahorro en costos y el mejoramiento sustancial en el desempeño del proceso, que permite eliminar la variabilidad dentro de los procesos y alcanzar un estándar de 3.4 defectos por cada millón de oportunidades (DPMO).

Este nivel de calidad se aproxima al ideal del cero defectos, y puede ser aplicado no solo a procesos industriales de manufactura, sino también en procesos transaccionales y comerciales de cualquier tipo, como por ejemplo: en servicios financieros, logísticos, mercantiles, entre otros muchos. Su aplicación requiere de un compromiso de la alta gerencia hacia los involucrados para el uso intensivo de herramientas y metodologías, en su mayoría estadísticas para eliminar la variabilidad de los procesos y producir los resultados esperados, con el mínimo posible de defectos, bajos costos y máxima satisfacción del cliente.

Como una breve reseña histórica la metodología Seis Sigma fue introducida por Motorola en los años 80's al mando del director general Bob Galvin, en ese momento

la compañía se convirtió en un icono de los negocios y una visión en el mejoramiento de la calidad.¹³

Hoy en día Seis Sigma ha sido ampliamente difundida y aplicada por muchas empresas de clase mundial, tales como: G.E, Sony, Texas Instruments, Polaroid, Dow Chemical, American Express, FedEx, Dupont, NASA, Toshiba, Johnson & Johnson, Ford, Black & Decker, entre otras.

Si algo caracteriza a la gestión de la calidad es la aplicación de la mejora continua. No se trata de obtener mejoras espectaculares en los procesos y sistemas, sino de ir alcanzando mejoras incrementales, no necesariamente de gran profundidad, pero sí de manera continua.

3.1.2 Seis Sigma

La metodología Seis Sigma se puede definir en 2 contextos:

Como Medida: Seis Sigma (σ) es una letra griega que representa a la desviación estándar, como también es un parámetro estadístico de dispersión que expresa la variabilidad que existe dentro de un conjunto de valores respecto a un valor medio.

Sigma cuantifica la dispersión de esos valores respecto al valor medio que son los límites de especificación fijados por el cliente con respecto al valor central objetivo, en cuanto mayor sea el valor de sigmas, menor será el número de valores fuera de especificación.

Como Metodología: Seis Sigma es una estrategia de negocios y de mejora continua que tiene como objetivo identificar y eliminar las causas de los errores que se generan dentro de un proceso, mejorando así de esta manera la calidad en los procesos, productos y las variables de importancia críticas para exceder las necesidades y expectativas de los clientes.

¹³Pyzdek, T. (2009). The Six Sigma Handbook. Mexico: McGraw-Hill.

La metodología Seis Sigma también ayuda a identificar y reducir la variabilidad dentro de los procesos, productos y servicios cuyo objetivo está en alcanzar un límite de 3.4 defectos por cada millón de oportunidades (DPMO), con la finalidad de tener un producto o un servicio más confiable.

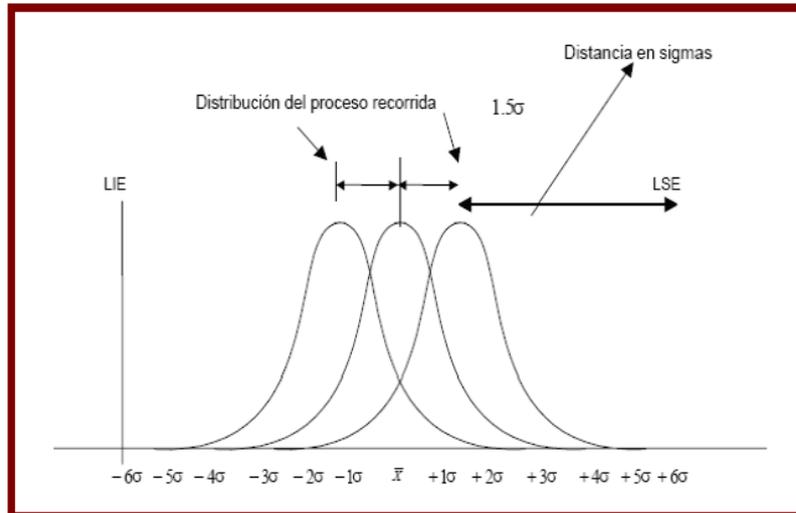
Tabla 4. Niveles de desempeño en Sigmas

Nivel de Sigma	DPMO	Nivel de Calidad	Costo de Calidad Promedio 20	Clasificación
6	3.40	999999998%	Menos del 1% de Ventas	Clase Mundial
5	233.00	99.98%	5 – 10% de Ventas	Industria Promedio
4	6.210.00	99.4%	15 – 25% de Ventas	Baja Competitividad
3	66.807.00	93.3%	25 – 40% de Ventas	No Competitivo
2	308.537.00	69.2%	No Aplica	No Competitivo
1	690.000.00	30.9%	No Aplica	No Competitivo

Fuente: George, M. L. (2002). *Lean Six Sigma: Combining Six Sigma Quality with Lean Production Speed*. New York: McGraw-Hill.

La capacidad en número de sigmas del proceso se determina por el número de veces que el valor numérico de la desviación estándar cabe en la distancia que existe entre la media aritmética del proceso si se distribuye en forma normal y el límite de especificaciones que se encuentre más cerca de ésta (ya sea el límite inferior LIE o el límite superior LSE).

Figura 2. Distribución del proceso centrado (corto plazo) y recorrida 1.5 sigmas (largo plazo). La capacidad en sigmas se mide por la distancia entre la media del proceso y el límite de especificación (LIE o LSE) más cercano.



Fuente: George, M. L. (2002). *Lean Six Sigma: Combining Six Sigma Quality with Lean Production Speed*. New York: McGraw-Hill.

Mediante el gráfico se puede decir que Seis Sigma es una metodología para resolver problemas crónicos que beneficia a los clientes y el desempeño financiero de la empresa, que reduce el desperdicio y la ineficiencia a través de un proceso sistemático de reducción de la variación y de la filosofía Lean basada en el conocimiento científico y en la generación de datos.

3.2 Los 6 principios de la metodología seis sigma¹⁴

Los puntos fundamentales en los que se basa esta metodología Seis Sigma son los siguientes:

3.2.1 Orientación al cliente

A raíz de que hoy en día las empresas llevan mucho tiempo diciendo que “el cliente es lo primero” o que “el cliente es el rey”, muy pocas son las empresas que se han concientizado o han avanzado en la comprensión de los requisitos y procesos.

¹⁴Peter S. Pande, R. P. (2011). *Las Claves Prácticas de Seis Sigma*. Mexico: McGraw-Hill.

Muchas empresas figuran cumplir con los requisitos de sus clientes mientras que, simultáneamente, dedican mucho tiempo a tratar de convencerlos de lo que están comprando es realmente lo que desean.

La orientación al cliente es la máxima prioridad de Seis Sigma, debido a que la medida del rendimiento empieza y termina con la voz del cliente y las mejoras se miden por su impacto en la satisfacción de los clientes y por el valor que les aportan.

3.2.2 Gestión orientada a datos y hechos

Los equipos Seis Sigma identifican cuáles son los indicadores clave para medir el verdadero rendimiento empresarial, además de levantar información y analizar los datos para conseguir un mejor entendimiento de las variables claves de los procesos, proporcionando respuestas a las preguntas más importantes que las empresas afrontan cada día ya sea el estado actual, proyecciones, o datos e información necesarias para lograr los objetivos.

3.2.3 Orientación a procesos, gestión por procesos y mejora de procesos

Seis Sigma se centra en el proceso como un elemento clave para conseguir cumplir los requisitos del cliente. Al mejorar los procesos asegura ventajas competitivas y proporcionar valor real a los clientes.

3.2.4 Gestión proactiva

Ser proactivo significa adelantarse a los acontecimientos, por lo que es necesario que la Alta Dirección sea dinámica, receptiva, proactiva, establezca y de seguimiento a las metas fijadas de manera ambiciosa, a las prioridades claramente implantadas y se enfoque en la prevención de problemas.

3.2.5 Colaboración sin fronteras

Dentro de este tema, la empresa General Electric, hace referencia a la importancia de poner atención en derribar las barreras que limitan el trabajo en equipo entre los miembros de la organización; siempre enfocados en las necesidades o requerimientos del cliente; los procesos trascienden más allá de las barreras inter departamentales.

Seis Sigma requiere una importante colaboración entre todos los involucrados a medida que cada uno descubra su papel en el gran proceso y su relación con los clientes externos. Situando al cliente como el centro del negocio, la metodología requiere de la utilización de los procesos en beneficio de todos y no solo de uno o dos departamentos.

3.3.6 Búsqueda de la perfección, tolerancia a los errores

Dentro de la filosofía de cero errores, Seis Sigma se enfoca en la búsqueda de la perfección y en conseguir resultados sostenibles durante un periodo de tiempo conveniente para las empresas de hoy en día. Las nuevas ideas, proyectos y propuestas tienen un riesgo, vencer el temor a cometer errores es necesario para lograr los objetivos que se han propuesto.

3.4 Beneficios de la metodología seis sigma

Según el autor Peter S. Pande, Robert P. Neuman, Roland R. Cavanagh, en su libro “The Six Sigma Way”, los beneficios de la aplicación de Seis Sigma que se aplican a las empresas hoy en día son:

- Reducción de costos
- Mejora de la productividad
- Satisfacción de los clientes por lo tanto; se da un aumento de cartera de clientes
- Reducción del tiempo de ciclo
- Reducción de defectos
- Desarrollo de productos y servicios
- Mejorar la visión de la administración de las actividades, calidad y costos
- Mejorar el entendimiento y la apreciación de la capacidad de servicio, así como los requerimientos actuales y propuestos, entre muchos otros.

3.5 La implementación de la Metodología Seis Sigma

La implementación de Seis Sigma es posible realizarla no solo en manufactura y electrónica donde se originó, sino también en cualquier tipo de organización, como es el caso del área financiera, de servicios, gubernamental, química, farmacéutica; mejorando la organización y generando mayores utilidades. (George, 2002)

Según la descripción mencionada anteriormente, para lograr un mayor nivel de implementación de Seis Sigma se requiere de un compromiso iniciando desde la alta dirección de la organización con la mejora continua y sobre todo con el enfoque de Seis Sigma. La experiencia demuestra que cuando la alta dirección no expresa su visión de la compañía, no transmite firmeza y con entusiasmo, no evalúa los resultados y no reconoce los esfuerzos, los programas de mejora continua se transforman en una pérdida de recursos valiosos. Es por esta razón que el proceso de implementación comienza con el compromiso de los altos directores y ejecutivos para llegar al entendimiento del enfoque de la Metodología y para comprender los beneficios y las técnicas que le permitan a la compañía alcanzar los niveles de calidad deseados.

Seguido de esto, el siguiente paso consiste en la selección del grupo de profesionales con capacidad y responsabilidad en sus áreas o funciones que van a ser intensivamente formados para liderar proyectos de mejora continua.

3.6 Estructura de la Metodología Seis Sigma ¹⁵

Seis Sigma no trata solo de herramientas estadísticas y cálculos de defectos, ni tampoco se limita a organizar a la gente en equipos de trabajo, los equipos no pueden cambiar por si solos la estructura de una empresa, sino que deben formar parte de una infraestructura diseñada para ayudar en el rediseño de la organización.

Una forma de entender esta estructura es revisar los diferentes roles existentes en una organización Seis Sigma en evolución, existen siete funciones y roles que se deben desarrollar los cuales se describen a continuación.

3.6.1 El consejo directivo

Se define que el consejo directivo está formado por los altos directivos de la empresa en la cual se reúnen en un foro diseñado para ayudarles a comprender una nueva forma de dirigir el negocio en contacto directo con los equipos de mejora Seis Sigma. En su papel natural de liderazgo de la compañía, este grupo desarrolla y ejecuta el plan de implementación de Seis Sigma. En las primeras etapas de este despliegue, el

¹⁵Peter S. Pande, R. P. (2004). *Las Claves Prácticas de Seis Sigma*. Madrid: McGrawHill.

consejo directivo debe:

- Elaborar un discurso que manifieste cómo se van a atender las necesidades de la empresa con Seis Sigma.
- Planificar y participar de forma activa en la implementación.
- Crear una visión y un plan de marketing interno para vender Seis Sigma a los principales clientes dentro de la organización.
- Convertirse en un defensor de Seis Sigma como un medio para resolver problemas y una nueva forma de hacer negocios.
- Fijar objetivos claros que puedan ser adaptados a acciones concretas en los niveles inferiores.
- Hacerse responsable del éxito o fracaso de Seis Sigma y trasladar también esta responsabilidad a otros.
- Exigir medidas sólidas de los resultados, incluyendo defectos y rendimiento, mejoras en el tiempo de ciclo, reducción de costes y desperdicios.
- Comunicar los resultados y los contratiempos, una comunicación constante honesta de los resultados, los buenos y los no tan buenos, resulta crucial para el desarrollo de Seis Sigma.

3.6.2. Los patrocinadores o *champions*¹⁶ de los proyectos

En la mayoría de las organizaciones, un patrocinador o *champion* es un directivo que supervisa un proyecto Seis Sigma y es responsable frente al consejo directivo de su desempeño. El rol de *champion* es bastante crítico, ya que debe orientar al equipo de mejora del proyecto sobre el camino a seguir y ayudarle a superar cualquier obstáculo que pueda encontrar en la organización para continuar con su trabajo. Sin embargo, debe evitar tomar el mando del equipo o imponer una solución para que se implante. Las responsabilidades del *champion* incluyen:

- Justificar la necesidad de los proyectos de mejora y fijar sus objetivos para que estén alineados con las prioridades del negocio.
- Estar preparado para los cambios en la definición del proyecto y en su alcance que se producirán a medida que el equipo recoge los datos y profundiza en el

¹⁶ Champions: Este término puede ser traducido como “campeones”, pero suele emplearse habitualmente en su forma inglesa.

análisis del proceso.

- Aconsejar y aprobar los cambios en el equipo y en el alcance del proyecto cuando sea necesario.
- Conseguir recursos (tiempo, apoyo, dinero) para el equipo.
- Defender el trabajo del equipo frente al consejo directivo.
- Eliminar las barreras burocráticas que pueda encontrar el equipo en el desarrollo de su trabajo.
- Trabajar junto con otros directivos para garantizar que la solución implantada por el equipo se incorpora con el ritmo adecuado a los procesos de la compañía.
- Aprender del equipo la importancia de una gestión basada en los datos y aplicar estas lecciones a su trabajo diario como directivo.

3.6.3 El responsable de implementación

El responsable de la implementación va a depender del tamaño de la organización, puede ser suficiente con un responsable o director de Seis Sigma o de un grupo de personas para llevar a cabo todas estas tareas:

- Apoyar al consejo directivo, comunicar el plan de implementación y ayudar en la selección y seguimiento de los proyectos.
- Identificar y reclutar a otros actores importantes, incluyendo la consultoría externa.
- Colaborar en la selección y desarrollo de los materiales de formación.
- Planificar y llevar a cabo la formación.
- Apoyar a los patrocinadores de los equipos o *champions*.
- Documentar el progreso de la implementación e informar al consejo directivo de los avances conseguidos y los problemas encontrados.
- Llevar a cabo planes de marketing internos para la formación y el seguimiento de los equipos.

3.6.4. El tutor de Seis Sigma (*master blackbelt*¹⁷)

El tutor de Seis Sigma aconseja a los propietarios de proceso y a los equipos de mejora en áreas tan diversas como la utilización de herramientas estadísticas de medida, la gestión del cambio o las estrategias de diseño de procesos.

Además de estar muy familiarizados con los fundamentos del trabajo en grupo y de la mejora, los tutores deben proporcionar ayuda en los siguientes temas:

- Comunicarse con los *champions* y con el consejo directivo.
- Establecer una estricta planificación del proyecto y ajustarse a ella.
- Superar las resistencias encontradas en la implementación de Seis Sigma.
- Estimar, medir y validar los beneficios, económicos o no, atribuidos a los proyectos de mejora.
- Ayudar en la resolución de conflictos dentro y fuera del equipo.
- Recoger y analizar datos sobre las actividades del equipo.
- Ayudar a los equipos a promocionar y celebrar sus éxitos.

3.6.5 El jefe de equipo o jefe de proyecto (*blackbelt*)

El jefe de equipo o *blackbelt* es la persona directamente responsable del trabajo diario y los resultados de un proyecto Seis Sigma. Sus funciones son parecidas a las del tutor, pero limitadas a un solo equipo, el jefe de equipo es, habitualmente, alguien familiarizado con el trabajo que se está analizando y forma parte del proceso que intenta mejorar. Sus responsabilidades incluyen:

- Revisar y aclarar la necesidad de desarrollar el proyecto con el *champion* y ayudarle a comprender como se aplican las diferentes técnicas de Seis Sigma en el trabajo diario.
- Trabajar con los miembros del equipo para desarrollar y actualizar el cuadro de proyecto y el plan de implementación.
- Seleccionar o ayudar a seleccionar a los miembros del equipo del proyecto.
- Identificar y conseguir recursos y datos para el equipo.
- Apoyar a los miembros de equipo y ayudarle a aprender y utilizar la

¹⁷Master Black Belt: Este término puede ser traducido como “maestro cinturón negro”, pero suele emplearse habitualmente en su forma inglesa.

metodología Seis Sigma y sus herramientas estadísticas.

- Asegurarse de que el equipo utiliza su tiempo de forma efectiva utilizando técnicas para la gestión de reuniones y herramientas para la toma de decisiones y la planificación de proyectos.
- Mantener la planificación del proyecto y ayudar al equipo a avanzar para que complete el proyecto en los plazos preestablecidos.
- Apoyar la implementación de las mejoras en los procesos de la empresa trabajando con sus responsables y propietarios.
- Registrar los resultados del proyecto y crear un documento que muestre el trabajo y los resultados del equipo, habitualmente una presentación para el consejo directivo.

3.6.6 Los miembros de equipo

Los miembros de equipo son elegidos, de forma habitual, por su trabajo en el proceso que se está revisando, ellos realizan la recolecta de datos y su posterior análisis necesarios para la mejora del proceso.

Los miembros de equipo deben estar dispuestos a:

- Hacer todo tipo de preguntas y participar activamente en el trabajo del equipo de una forma asertiva, tanto en las reuniones como fuera de ellas.
- Seguir las instrucciones para el levantamiento de datos y su análisis.
- Escuchar a los demás de forma activa y demostrar sus habilidades para la gestión de reuniones en las deliberaciones, decisiones y planes.
- Llevar a cabo las tareas que se le encomiendan entre las reuniones y explicar sus resultados al equipo.
- Evaluar el desempeño del equipo de vez en cuando para mejorar la eficiencia de las reuniones.

3.6.7 El dueño del proceso

El dueño del proceso es normalmente un directivo encargado de una parte de una función determinada, él es quien recibe la solución propuesta por un equipo de mejora y se convierte en el propietario responsable de dirigir el proceso mejorado.

La aparición del dueño de un proceso es gradual en muchas empresas Seis Sigma,

esta figura solo alcanza su pleno significado en organizaciones que han apostado por la gestión por procesos como su filosofía de hacer negocios.

3.6.8 Green Belts

Los *green belts* por lo general suelen ser empleados que han recibido suficiente formación en Seis Sigma para participar en los equipos o, en algunas empresas, para trabajar de forma individual en pequeños proyectos relacionados con su trabajo diario.

Todas las personas involucradas en el proyecto de Seis Sigma, desde los miembros del consejo directivo hasta los empleados que se dirigen a la primera reunión de su equipo, deben tener un compromiso de utilizar nuevas herramientas para aprender cosas nuevas que permitan la creación de un nuevo tipo de organización.

3.9 Descripción del ciclo DMAMC¹⁸

La Metodología consiste en 5 fases: Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar, y su abreviatura es DMAMC. A continuación se definen cada una de las fases:

3.9.1 Definir

En la etapa Definir, se realiza un análisis del problema y el objetivo, además de identificar a los clientes del proceso que se está estudiando, se requiere definir los requisitos de esos clientes y redactar un plan sobre cómo se completará el proyecto, a lo largo de todo el trabajo el equipo debe permanecer en contacto con el *champion* para asegurarse de que se mantienen alineados con los objetivos las prioridades y las expectativas de la empresa.

Al final de esta etapa se describen los pasos necesarios para completar el trabajo de Definir, lo cual dará resultado a los siguientes elementos:

1. El cuadro de proyecto y el plan de trabajo.
2. Los requisitos del cliente en forma medible y cuantitativa.
3. Mapa de proceso de alto nivel.

¹⁸Peter S. Pande, R. P. (2004). *Las Claves Prácticas de Seis Sigma*. Madrid: McGrawHill.

Las herramientas utilizadas para esta fase son las siguientes:

- Hoja de trabajo para el cuadro de proyecto DMAMC.
- Hoja de trabajo para la declaración del problema/oportunidad.
- Hoja de trabajo para la planificación para la planificación del proyecto DMAMC.
- Diagrama de Gantt.
- Hoja de trabajo para el análisis de las “partes interesadas” del proyecto.
- Hoja de trabajo para la declaración de requisitos.
- Mapa y análisis SIPOC.
- Lista de comprobación de la etapa Definir.
- Hoja de trabajo para preparar la revisión de Definir.
- El ciclo QFD.

3.9.2 Medir

Una vez que se ha identificado el problema, la etapa Medir evalúa el rendimiento del proceso, es decir calcular la situación de partida y clarifica la declaración del problema.

La etapa Medir es una etapa clave en el camino de Seis Sigma y ayuda identificar los problemas e identificar su causa raíz, además se refiere a la recolección de toda la información relevante sobre el proyecto de mejora, para lo cual es muy importante asegurarse de la confiabilidad de los dispositivos de medición, que pueden ser instrumentos de medición o herramientas de evaluación para servicios; es importante revisar con el equipo los siguientes conceptos básicos:

1. Observar y después medir.
2. Conocer la diferencia entre medidas discretas y continuas.
3. Medir siempre por una razón.
4. Tener un proceso de medida.

Las herramientas utilizadas para esta fase son las siguientes:

- Hoja de trabajo para la planificación de las medidas.
- Árbol de CTQ.

- Factores de estratificación.
- Árbol de evaluación de medidas.
- Hoja de trabajo para la definición operativa.
- Muestreo de procesos y de poblaciones.
- Hoja de trabajo para el cálculo de Sigma.
- Calculo de la proporción de unidades defectuosas y del rendimiento.
- Calculo de los Costes de Mala Calidad (CMC).
- Lista de comprobación de la etapa Medir.

3.9.4 Analizar

En esta etapa se hace un análisis tanto de datos como de procesos, para explorar y generar una hipótesis sobre las causas del problema a partir de la información obtenida en la fase de medición. En ella se identifica o verifica las fuentes de variación, los factores que permiten lograr una mejora sustancial y lograr un mejor desempeño del proceso. En algunos casos es necesario rediseñar el proceso o producto.

Las herramientas utilizadas son:

- Gráfico y análisis de Pareto.
- Gráfico de tendencia, gráfico de series temporales.
- Histograma o gráfico de frecuencia.
- Diagrama de Causa – Efecto.
- Histogramas
- Graficas de Dispersión
- Prueba de Hipótesis
- Diagrama de flujo o mapas de proceso detallados
- Diagrama de Flujo o Mapa del Proceso
- ANOVA (Analysis Of Variance)
- Métodos de Superficie de Respuesta

3.9.5 Mejorar

Esta etapa se refiere a la búsqueda de variables que tienen mayor influencia en la variabilidad y la determinación de los niveles en los que se deben operar para obtener

el mejor desempeño del proceso, además de la estandarización de sus niveles para optimizar el desempeño del proceso. Para identificar las variables de influencia y sus niveles se utilizan diversos métodos de diseño de experimentos.

Las herramientas utilizadas son:

- Diagrama de Gantt
- Diagramas de Afinidad
- Prueba de Hipótesis
- Intervalos de Confianza
- AMEF (Análisis de Modos y Efectos de Fallas)
- Prueba de Error / Simulación
- Diagrama de Flujo o Mapa del Proceso
- Implementación y Plan de Validación

3.9.6 Controlar

El objetivo de esta etapa consiste en el control de las variables críticas que causan la variabilidad de los proceso, realizando una medición constante del rendimiento del proceso ajustando su funcionamiento cuando los datos indiquen que es necesario o cuando cambien los requisitos del cliente.

Las herramientas utilizadas son:

- Cartas de Control
- Mapeo de Procesos / Monitoreo / Plan de Respuesta
- Poka – Yokes
- Estandarización de Procesos
- Procedimientos Normalizados

CAPÍTULO 4.

APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA LEAN MANUFACTURING PARA HERRAMIENTAS DIDACTICAS

4.1 Introducción

De acuerdo con el libro “The Lean Games Book” del autor John Bicheno, las herramientas de Lean Manufacturing, tratan específicamente acerca del gran aporte que la participación y el trabajo práctico realizado por los estudiantes y personas, aportan en el proceso de aprendizaje y el manejo de las herramientas lean; ya que la mayoría de personas que trabajan dentro del campo de Lean Manufacturing son aprendices visuales participativos

Los juegos Lean tienen gran impacto en los participantes y suelen implicar mucho más que el desarrollo práctico de los juegos, incluyendo factores multidisciplinarios, tales como el trabajo en equipo, la toma de decisiones y resolución de problemas prácticos.

De hecho, las herramientas no se basan solamente en su nombre y en el uso limitado de la mismas, sino que pueden abarcar diversos campos de aplicación, lo que representa la verdadera razón de la gestión de la mejora continua, la cual es aprender que las habilidades de mejora se han diversificado en todos los niveles de la organización, así como comprender el aporte de cada herramienta para mejorar el ambiente laboral y el desempeño tanto en estándares de calidad como en estándares de productividad, reflejándose todo esto en la optimización de recursos, reducción en los costos de producción, mejor respuesta ante las necesidades de los clientes y una mejor estructura organizacional dentro de las empresas.

4.2 Cuadro de resumen de juegos

A continuación se muestra un cuadro que describe cada una de las aplicaciones o juegos didácticos que se realizarán dentro de este proyecto, indicando las áreas de aplicación así como también las herramientas Lean Manufacturing que se analizarán, tiempo de duración y número de participantes.

Tabla 5. Cuadro de Resumen de Juegos Lean Manufacturing

Nombre del Juego	Área	Palabras Claves	Tiempo Aprox.	Núm. Jugadores
Lean JIT J&J ShipTec Game (Justo a Tiempo)	Flujo de procesos, desperdicios	Waste, Layout, Lead Time, Kanban, Pull, Demoras, Flujo de una sola pieza, Calidad, Autocontroles, Mapeo	2 Horas	8 a 20
Cell Layout Types Airplane Game (Células de Manufactura)	Distribución y diseño de células de trabajo	Diseño de Células, Layout, Mejoramiento Continuo, Productividad, Líneas de trabajo, Trabajo funcional	1.5 Horas	8,16,24
Bucket Brigade Line Balance Game (Balanceo de Líneas de Ensamble)	Balanceo de Líneas	Balanceo de Líneas, Células, Productividad, Variación de trabajo, Trabajo sincronizado	1 Hora	Máximo 6
TWI Type Job Breakdown (Entrenamiento dentro de la Industria).	Análisis de puesto de trabajo, Trabajo Estandarizado	Descripción de trabajo, Trabajo estandarizado, Instrucciones de trabajo, SOP	1 Hora	Máximo 15
Changeover Reduction SMED (Cambios Rápidos de Datos)	Reducción de cambios (Setup)	Setup, SMED, Desperdicios, Tamaños de lote, Mapeo	De 40 a 90 minutos	Equipos de 4 a 6

Basic Dice Game (Juego Básico de Dados)	Capacidad de una línea, principios TOC	Capacidad, TOC, leyes de la física de una fábrica,	40 minutos	De 6 a 11
Process Variation Reduction (Reducción de la Variación del Proceso)	5'S, Trabajo Estandarizado	Troughput, Variación, WIP, Inventarios	30 minutos	Individual
Reducing Input Variation (Reducción de la Variación de Entrada)	Importancia de la Estabilización	Variación del throughput	30 minutos	Individual
Kanban	Kanban, Pull, Variación	Kanban, Limitaciones del Sistema Pull	30 minutos	Individual
Flexible Working (Trabajo Flexible)	Capacidad y Flexibilidad	Trabajo flexible, Proyección de Producción, Entradas y Salidas, Capacidad	1 hora	Individual
Bottleneck and Uncontrolled Overcapacity (Cuello de Botella y Exceso de Capacidad)	Programación de Producción, Efectos del Cuello de Botella	Sobrecapacidad, Cuello de botella, Introducción Drum Buffer Rope.	30 minutos	Individual
Drum Buffer Rope DBR (Tambor, Amortiguador, Cuerda)	Programación de Producción, Control del Flujo de Producción	DBR, Reducción de WIP(Work In Process), TOC (Teory of Constraints)	30 minutos	Individual

CONWIP (Constant Work In Process) (Trabajo en Proceso Constante)	Programación de Producción, Control del Flujo de Producción	CONWIP vs DBR. Alternativas Kanban, Control de retroalimentación	20 minutos seguido de DBR	Individual
OEE Concept and Limitations (Eficiencia General de los Equipos)	TPM(Total Productive Maintenance)	Disponibilidad, Calidad, Velocidad, Interacciones, Calculo OEE, Limitaciones de OEE	40 minutos	Individual

Fuente: Autores

4.3 Conjunto de juegos ShipTech

4.3.1 Lean JIT J&J ShipTecGame (Justo a Tiempo)

El juego JIT (Just In Time) ShipTec está alineado a los sistemas JIT y contiene conceptos que se aplicarán dentro de una cadena productiva, de esta manera se pretende identificar las variaciones en los procesos, eliminar todo tipo de desperdicio que no genere valor agregado para el producto final, desarrollar una correcta distribución dentro de planta, implementar un sistema Kanban, realizar un control de inventarios y simular controles de calidad.

La línea de producción del juego ShipTec simulará una cadena de fabricación para barcos de papel.

Áreas Claves

Residuos, layout, lead time, kanban, pull, tiempos de entrega, flujo de una pieza, calidad, controles sucesivos de calidad.

¿Manufactura o Servicio?

La simulación está enfocada a empresas de manufactura. Sin embargo, se puede aplicar a empresas de servicios como hospitales, empresa de seguros, distribución, etc.

Perspectiva

La simulación constará de dos o tres rondas con una duración aproximada de 12 minutos cada una, en las cuales no se realizará ningún tipo de mejora tanto en la distribución de la planta, el sistema de calidad, los índices de productividad y el servicio al cliente.

Las rondas de simulación mostrarán las siguientes situaciones:

- Primera ronda: distribución regular, sistema push, falencias en la calidad, bajos niveles de productividad y servicio al cliente.
- Segunda ronda: mejora en el diseño, mejora en la calidad, sistema pull (kanban), oportunidad de mejoras.
- Tercera ronda: sistema pull (kanban), flujo de una pieza, demoras, cambios que aumentan la productividad y mejoran el servicio.

Resumen de Puntos de Aprendizaje

Identificación y eliminación de los desperdicios, mejora de la productividad y servicio al cliente

- Se demostrarán conceptos específicos de Lean: sistema pull, layout, flujo de una pieza, demoras, reducción de lead time, auto inspección sucesiva, takt time, balanceo de líneas de trabajo, mapeo de la cadena de valor.
- Aplicación de DBR (Drum - Buffer - Rope) y CONWIP.

Jugadores

Un mínimo de 8 (el instructor realizará el papel de cliente); ideal entre 10 a 16, con un máximo de 20.

Tiempo Aproximado

2 horas.

Descripción

Los jugadores deberán construir un barco de papel estándar, pero con variaciones en el modelo y medidas del mismo. En la primera ronda no se contará con un layout

establecido y los pedidos se realizarán en lotes de 6 unidades en cada estación de trabajo, por lo que la demanda será variable.

Para la segunda ronda los jugadores deberán realizar mejoras de acuerdo a su criterio, excepto el cambio de la demanda y el layout. El instructor realizará una retroalimentación antes de la tercera ronda. Los cambios se implementarán, se tomarán medidas correctivas y al final se mostrará un resumen con cada ronda y sus resultados.

Instrucciones del Jugador

Primera Ronda

- El instructor realizará una demostración de cómo construir un barco de papel.
- Cada jugador tendrá su respectiva hoja de instrucción de trabajo de acuerdo al tipo de barco que se deba elaborar.
- En la primera ronda se comenzará con 3 barcos en cada etapa, los cuales serán elaborados por partes en las estaciones de producción de la 1 a la 5, y finalmente se completará cada unidad en la operación 6 la cual realizará el control de calidad para su respectivo despacho. En las dos últimas etapas se tendrá un barco de cada tipo.
- Los jugadores elaborarán los barcos en lotes de 6 unidades y cada operación será realizada por los distintos jugadores de manera que cada parte o elemento del barco sea realizado en cada estación de trabajo.
- Se tomaran medidas correctivas en base a los primeros resultados de esta ronda y se analizarán los resultados.

Segunda Ronda (Opcional)

- Los jugadores analizan las posibles mejoras que se pueden aplicar.
- Después de analizar conjuntamente entre el instructor y los jugadores se procede con la segunda ronda.
- Se debe establecer e ilustrar el mapa de procesos.
- Cualquier cambio puede realizarse, excepto el diseño de los barcos, y la demanda del cliente.

- En esta ronda se trabajara con WIP y con productos terminados, pero cada unidad del inventario se debe contar como unidades de barcos. Por lo tanto, la solución no es tener grandes cantidades de inventario.
- Al finalizar la ronda, se tomaran medidas correctivas.

Tercera Ronda

- El instructor puede sugerir la aplicación de varias metodologías Lean.
- A partir de las instrucciones del instructor, se utilizarán los mimos puntos de la segunda ronda.

Formatos, Gráficos, Tablas, Resultados

Utilizar las hojas de instrucción de trabajo para la construcción de los barcos.

Utilizar las hojas del juego JIT J&J ShipTec.

Notas del Instructor y discusión

- Al inicio de la simulación el instructor debe tener claros los conceptos Lean / JIT para lograr el aprendizaje de los jugadores.
- El instructor deberá indicar la manera de construir los barcos de papel.
- Preparar un papelógrafo que muestre las medidas y resultados que se obtendrán en cada ronda.
- Decida si va a ejecutar dos o tres rondas, además del tiempo de análisis y modificaciones que habrá entre rondas, se recomienda un tiempo de 30 minutos.
- Establecer las estaciones de trabajo como se indica, o lo más similar posible al diseño especificado.
- Utilizar un paquete de hojas A4 en la estación de trabajo 1 de los diferentes colores con respecto a cada modelo de barco que se deba construir además de las ventanas y banderas que estos llevarán. Como variante, se pueden incluir adhesivos para indicar si es un producto conforme o no conforme, los cuales deben ser rechazados por el inspector de calidad.
- El instructor realizará el papel del cliente, por lo que deberá revisar el instructivo y realizar los pedidos de acuerdo al tiempo predeterminado. (Se necesitará un cronometro o temporizador).

- Realizar la primera ronda.
- Discutir brevemente las medidas de mejora.
- Los resultados serán poco favorables en esta ronda.
- En cualquier ronda, si los jugadores dejan de trabajar para tener un mínimo de inventario al final, el cliente debe mantener constantes sus órdenes de pedido.
- Realizar la segunda ronda.
- Al finalizar esta ronda el instructor dará recomendaciones antes de la ronda final. En la ronda final, dejar una cantidad de inventario de productos terminados.
- Realizar la tercera ronda.
- Discutir resultados de esta ronda en todas las estaciones de trabajo.
- Realizar medidas de mejora.

Notas sobre la reunión informativa

Se recomienda comenzar con los cinco principios lean: valor, cadena de valor, flujo, pull, la perfección.

Valor: ¿Están todos los participantes al tanto de los requerimientos del cliente? (mix de productos, takt media de 3,5 aviones por minuto, o 17 segundos cada uno, con una meta de 15 segundos; calidad).

Cadena de valor: es la entrega total lo importante, no la productividad de cada estación de trabajo individual. Entender de extremo a extremo el rendimiento.

Flujo: ¿Cuáles son las fuentes de interrupción, los cuellos de botella? ¿Es posible el flujo de una sola pieza?

Pull: ¿Cuadros kanban entre cada estación de trabajo?

Sistema pull: no implementar hasta que se conozca la demanda real.

Perfección: qué se puede hacer acerca de la calidad, auto inspeccionar e inspección sucesiva.

- Residuos: Discutir e identificar los 7 residuos: transporte, inventario, movimiento, espera, sobreproducción, procesamiento en exceso, los defectos.
- Desarrollar un mapa básico que describa las etapas y los tiempos para cada ronda. Esto ayudará a identificar los cuellos de botella y obtener un balance de línea en base a un takt de 15 segundos.

Notas sobre el juego

- Debe haber seis unidades en el área de despacho de acuerdo al modelo solicitado por el instructor, y uno o dos unidades entre cada etapa.

Las unidades que se despachen no deben ser de ningún otro modelo a menos que se dé un cambio en la especificación en el tipo de barco, esto asegurará entregas de acuerdo a lo pedido; es decir utilizando un sistema pull.

- Se debe colocar un cuadrado kanban de dos unidades entre cada etapa, la estación de trabajo anterior simplemente repone el kanban.
- Un takt time de 15 segundos deberá ser suficiente para completar una operación en cada etapa.
- Algunas operaciones pueden ser combinadas en las etapas posteriores para de esta manera agrupar a los jugadores.
- Una vez identificado el cuello de botella, se recomienda integrar un jugador extra en esa operación.
- Realizar auto inspecciones e inspecciones sucesivas por parte de los jugadores, esto podrá eliminar la necesidad de una etapa adicional de calidad.
- Es posible señalar un Drum Buffer Rope (DBR) o el sistema WIP (CONWIP) constante. En un sistema de CONWIP el inventario total en el sistema es constante. Por lo tanto, el inventario de entrada debe coincidir con el inventario de salida. Cualquier cantidad que se libere del pedido del cliente, se iniciará al comienzo de la línea, y no habrá necesidad de kanban entre estaciones.
- El sistema push ocurre entre estaciones, pero el sistema pull está determinado por las órdenes de los clientes o los requerimientos del cliente. En un sistema DBR, el inventario total entre la estación de trabajo del cuello de botella y la estación de trabajo de entrada es constante.

- Lo que se obtenga del cuello de botella corresponde con la cantidad obtenida en la primera estación de trabajo. Por lo tanto, ambos sistemas cuentan con un sistema kanban, pero lo cual al momento de reponer el kanban mantendremos las estaciones de trabajo con material en proceso suficientes para completar una unidad en el tiempo especificado (CONWIP).

Materiales

- Un paquete de hojas A4 (Opcional: incluir hojas de color blanco, azul, tomate)
- Adhesivos de colores para el control de calidad
- Hojas de instrucción de trabajo para los jugadores
- Marcadores
- Esferos
- Reglas
- Cronometro
- Tijeras
- Cinta adhesiva
- Barra de pegamento

4.3.2 Cell Layout Types Airplane Game (Células de Manufactura)

Áreas Claves

Diseño de células, layout, mejor desempeño del trabajo, línea de trabajo, célula, trabajo multifuncional.

¿Manufactura o Servicio?

Específicamente para manufactura, aunque es posible aplicar a empresas de servicios.

Perspectiva

Dentro del juego de tipos de Células de Manufactura se revisarán temas relacionados a la distribución de la cadena productiva, es decir el layout de planta, así como

también se centrará el enfoque a un mejor desempeño del trabajo, logrando así un trabajo multifuncional.

Este juego o ejercicio está diseñado para estimular la discusión con respecto a los diferentes arreglos en una estación de trabajo.

Como primer punto los jugadores realizarán la construcción de barcos de papel sin ningún tipo de instrucción ni especificación con el fin de poder identificar las variaciones en el proceso.

El objetivo de esta etapa es eliminar el trabajo repetitivo y de ciclos cortos, para lograr que las personas puedan desempeñarse en diferentes actividades; pero además es importante preguntarse cuáles serían las alternativas, por un lado un extremo sería que un jugador realizara por sí mismo todo el proceso de fabricación de un barco de papel, o podría considerarse como opción realizar una línea de montaje de ciclos cortos; lo importante es buscar soluciones intermedias.

Este juego es un importante complemento para los demás juegos de J&J ShipTec, una vez que los jugadores estén familiarizados con la elaboración de los barcos de papel, podrán discutir sobre el diseño o formatos de asignación de tareas de trabajo.

Una vez que los jugadores estén habituados en el proceso de construir los barcos, podrán realizarlos en cuatro períodos de 12 minutos, recoger los datos y luego discutir sobre el ejercicio en general.

Los Puntos de Aprendizaje son:

- En la elaboración individual de cada barco existirá una gran variabilidad entre los procesos que realicen los diferentes jugadores, algunos lo harán de una mejor manera que el resto de la línea de montaje y los problemas serán visibles debido a la cantidad de inventario que se obtendrá de cada pieza del barco.
- La variación es el punto clave a ser analizado

- La línea de montaje es tradicionalmente la más eficiente, pero el problema es que se producen pérdidas debido al equilibrio imperfecto y el trabajo en proceso puede llegar a acumularse sin Kanban o CONWIP.
- El proceso paralelo puede ser un equilibrio para la línea de montaje tradicional. El costo del equipo, el entrenamiento y los inventarios; sumados a este tipo de proceso reducen los tiempos en cada línea de producción.
- Al momento de existir una variabilidad individual, existirá la necesidad de realizar una trazabilidad para identificar las causas del defecto o la variación, muchas veces esto puede resultar costoso pero necesario para la empresa.
- El CONWIP controla el flujo de producción durante el proceso productivo, además es una variante del sistema pull que incorpora un sistema kanban en cada estación, después de obtener una unidad completa, una tarjeta se transfiere a la primera estación de trabajo y una nueva parte se empuja en la ruta de proceso secuencial.

Jugadores

Se puede realizar entre un número de 8 a 16 y un máximo de 24 personas, dependiendo del número de personas se realizará un balance de los cargos.

Tiempo Aproximado

Aproximadamente 2 horas con sus respectivas evaluaciones y discusiones.

Descripción

Se evaluarán 5 tipos de diseño:

1. Línea de Montaje: un máximo de 8 estaciones, los jugadores primero deben equilibrar (igualar) el trabajo entre ellos mismos.
2. Trabajo individual: cada persona fabrica un barco completo de principio a fin.
3. Dos líneas de montaje en paralelo, de manera que permita optimizar el tiempo de producción.
4. Dos grupos transversales: en cada grupo, los jugadores realizarán una parte de los barcos, el primer grupo coloca la parte del barco en un área WIP intermedia de manera que el segundo grupo pueda tomar los barcos para terminar el ensamble.

5. CONWIP: utiliza la secuencia de línea de montaje, pero solamente permite elaborar una unidad una vez que se haya completado otra.

En medio de las etapas existirá un sistema push la cual indicará la necesidad de materiales a lo largo de la línea, dejando una unidad como kanban en la línea de ensamble.

Instrucciones del Jugador

- Utilizar las hojas e instrucción del ensamble de barcos, asegurarse de que cada jugador puede realizar los barcos de manera correcta.
- En primer lugar, realizar 5 ciclos de cada operación en las 8 etapas del proceso y asignar a cinco personas diferentes. En esta etapa se podrá observar la variación en cada ciclo.

Tomar un tiempo intermedio, ni el más cortó ni el más largo.

- Se evaluarán los 5 tipos de diseño en la línea de montaje, el trabajo individual, paralelo y transversal. El instructor explicará la diferencia.
- Realizar cada diseño que corresponda y a su vez asignar las distintas operaciones a cada jugador.
- Si ya se ha realizado el ejercicio de “Bucket Brigade” se puede utilizar este método para el balance de la línea, de acuerdo con los tipos de procesos paralelos y transversales.
- Comience con el siguiente inventario inicial para cada tipo, para de esta manera hacer comparaciones válidas entre ambos tipos.
- Línea: un barco semiterminado de cada una de las 5 operaciones.
- Individual: una hoja de tamaño A4 desplegada para cada jugador.
- Paralelo: una parte del barco de las operaciones 1 y 2, 3 y 4 para ambas líneas de ensamble.
- Transversal: las operaciones 1 a 3 serán completadas por cada una de las cuatro estaciones de trabajo iniciales.
- CONWIP: partes en proceso constante para cada línea.
- Ejecutar cada uno de los cinco tipos de diseño en un tiempo de 12 minutos, y contar cuántos barcos resultan en buen estado como también el número de defectuosos.

- Consultar la tabla en blanco, discutir y analizar los cinco tipos de diseño en las partidas que figuran en la tabla, una vez terminada la tabla se puede mostrar en un paleógrafo para el análisis correspondiente.

Formatos, Gráficos, Tablas, Resultados

- Utilizar las hojas de trabajo estándar para la construcción de los barcos.
- Utilizar las hojas del diseño de las células.

Notas para el instructor

- Supervisar el funcionamiento del juego, los miembros del grupo trabajaran en los arreglos de cada estación de trabajo. Esta es una buena parte del ejercicio.
- Consultar la tabla para los tipos de consideración.
- Realizar la tabla de resultados y realizar una discusión general.

Materiales

- Un paquete de hojas A4
- Suficientes esferos de color azul y rojo para cada jugador.
- Reglas para realizar el control de calidad.
- Papelógrafos.

4.3.3 Bucket Brigade Line Balance Game (Balanceo de Líneas de Ensamble)

Áreas Clave

Balanceo de Líneas, Células, Productividad, Variabilidad, Trabajo Sincronizado.

Perspectiva

Este juego está diseñado para estimular el debate sobre las alternativas del balanceo de líneas tradicional, aplicando la filosofía de trabajo sincronizado, un trabajo aburrido, repetitivo y de ciclo corto es cada vez menos aceptable, del mismo modo la existencia de operaciones sincronizadas externamente, y errores que se consideran o en muchos casos no son considerados, complican el balanceo de la línea.

Como una alternativa, el método ayuda a disminuir algunos de los inconvenientes anteriormente analizados del balanceo de líneas convencional, los operadores (jugadores) deberán ser fijados en cada estación de trabajo, y el problema de una estación de trabajo con cuello de botella puede ser optimizado de manera efectiva en una célula completa, si se utiliza kanban, y de ser el caso de no utilizar un kanban el resultado será una sobreproducción.

El equilibrio de una línea mixta en muchos casos resulta ser dificultoso o en otros casos ineficiente, las líneas de modelo mixtos en donde varias clases o productos se fabrican por familias es un modelo que mayormente se utiliza dentro de Lean Manufacturing.

El juego de Bucket Brigade Line Balancing es un método heurístico, que autocorrigie diversos tipos de errores que se presentan en las líneas de manufactura, como los existentes en las instrucciones de trabajo, o los que ocurren debido a la variabilidad que existe en las actividades que realiza un operador (pieza a pieza, un operador a otro, día a día), a más de los que pueden presentarse en la demanda.

Este juego o ejercicio es un buen complemento del resto de los juegos J&J ShipTec, y es importante realizarlo posterior al ejercicio o juego Cell Layout Types.

Los puntos de aprendizaje son:

- El juego Bucket Brigade Line Balancing no requiere de una sincronización o de un analista externo.
- Se logrará un balance automático que permitirá hacer frente a los cambios en el contenido del trabajo, la variabilidad y la demanda del operador.
- Se recomienda realizar una capacitación sobre las prioridades en cada puesto de trabajo.
- Bucket Brigade permite analizar fácilmente los cambios que se presenten en el proceso ya sean generado por cambios en los tiempos perdidos o por la rotación de puestos.

- Este método es más eficiente que el balanceo de la línea tradicional debido a que se optimiza el tiempo, por ejemplo, no se requieren exactamente las mismas actividades de trabajo en cada ciclo de trabajo.
- No existe un trabajo más rápido o más lento dentro del equilibrio de trabajo tradicional, por lo que los operadores marcan el ritmo de trabajo conjuntamente con toda la línea.
- La dinámica de grupo tiende a solucionar el problema de los trabajadores más lentos o más rápidos.
- Debe existir una alta motivación.
- Se pueden monitorear las anomalías, y la trazabilidad.

Jugadores

Se debe contar con un mínimo de 3 personas, y máximo de 6.

Tiempo Aproximado

La duración aproximada es de 1 hora.

Descripción

Se trata de un ejercicio de demostración en lugar de un juego. Para empezar, las distintas operaciones se asignan entre los tres operadores que utilizan el método heurístico descrito. La productividad se mide.

A continuación se añaden las variaciones de un operador adicional (total 4), un operador menos (total 2), el contenido del trabajo extra.

En cada caso, después de una serie de ciclos, el reparto del trabajo se asienta en un estado bastante estable, pero ciertamente no es exactamente el mismo para cada producto.

Instrucciones del Jugador

- El juego requiere muy poca preparación para ponerse en marcha, pero cada uno de los cuatro operadores (jugadores) debe estar familiarizado con la fabricación de los barcos de papel. Cada operador debe hacer dos barcos completos, utilizando las hojas de operación.

- Las hojas de operación de los barcos estarán en secuencia a lo largo de una mesa, con una resma de unas hojas A4, además se debe dejar una separación de 1 metro entre cada estación de trabajo para mayor comodidad y claridad.
- Los jugadores realizarán las operaciones de la secuencia de una forma lenta, pero rápidamente comenzarán a trabajar a una velocidad normal.
- Tres jugadores se colocarán frente a las tres primeras hojas de las operaciones de barcos.
- El Jugador 1 comenzará con su tarea en la primera hoja de operación, el jugador pasa la hoja plegada al Jugador 2 que lleva a cabo la operación 2 y pasa el barco al Jugador 3.
- El Jugador 3 completa la operación 3, y posteriormente a la operación 4, 5, 6, y así sucesivamente hasta que se complete la última operación y el barco ya finalizado se deposita en el área de producto final. Luego el jugador 3 pasa a realizar las operaciones de una forma descendente, es decir las operaciones 7, 6, 5, etc. Hasta que el jugador 3 se reúna con el Jugador 2.
- Cuando el Jugador 1 completa la primera operación y pasa al Jugador 2, el Jugador 1 regresa al comienzo de la línea y procede a realizar un nuevo barco.
- El Jugador 1 realizará la operación (doblado del barco) con el jugador 2, el Jugador 2 no realizará la operación 2, pero luego procede a las operaciones 3, 4, etc., hasta que el Jugador 2 se reúne con el Jugador 3 y realizan nuevamente un nuevo ciclo.
- Posteriormente el Jugador 2 entrega en parte el barco completo al Jugador 3, el Jugador 2 regresa a la operación de doblado con el Jugador 1, por lo que, el Jugador 2 no realiza el barco completo.
- El Jugador 3 toma el barco del Jugador 2, y se traslada para completar todas las operaciones hasta que el barco se haya completado. Entonces, una vez más, el Jugador 3 regresa a la primera operación.
- Cuando el Jugador 1 entrega el segundo barco al Jugador 2, el Jugador 1, una vez más regresa a la operación 1 y comienza a construir el tercer barco, por lo que el Jugador 2 se ocupará de las operaciones finales. Así, el Jugador 1 luego realizará las operaciones 2,3 etc., hasta que ambos jugadores realicen las operaciones finales. De esta manera el Jugador 1 toma la parte construida

del barco y lo pasa al Jugador 2, el Jugador continua realizando las operaciones finales mientras que el Jugador 1 regresa al proceso inicial y elabora el 4 barco.

- Ahora el modelo de trabajo se está estableciendo, el Jugador 1 realiza las operaciones iniciales hasta que se reúna con el jugador 2. El Jugador 2 realiza las operaciones iniciales hasta que se reúna con el Jugador 3. Cuando las reuniones (o la finalización de cada barco en el caso de Jugador 3) se llevan a cabo, todos los deberán regresar a las operaciones iniciales o finales.
- Finalmente se produce el equilibrio.
- No dejar atrás a otros jugadores, trabajar en su segmento, a pesar de que el segmento puede tener un límite que coincide con otros.
- Si se produce un desequilibrio, el jugador deberá esperar en el lugar en donde se haya producido. Por ejemplo, si un jugador es mucho más rápido que el anterior, él o ella puede alcanzar al siguiente jugador. Si es así, esperar a que se produzca el equilibrio hasta que el siguiente jugador vuelva a su trabajo normal.
- Debe existir una constante comunicación, debido a que es un punto muy importante dentro de la flexibilidad del trabajo. Los jugadores deben hablar entre sí sobre el progreso del trabajo, esto incluye la operación de división.

Otras recomendaciones sobre el Balanceo de Líneas

- Las hojas de operación contienen varias sub operaciones similares. En general toda la operación debe completarse antes de entregar al siguiente jugador. Un jugador no debe tomar más de una sub operación.
- Esto a veces puede significar que se está esperando a que un jugador complete una operación. Hay una serie de posibilidades.
- Por lo general, sólo aceptar la demora.
- Dividir una operación en dos. Por ejemplo, la operación 3 se puede dividir en dos pasos; el doblado central, y doblar las bases sobre el cuerpo.
- Una tercera posibilidad es tener una estación kanban alrededor del punto habitual en el que los jugadores se encuentran. La regla es que si la estación está ocupada cuando el jugador llegue a ella, el jugador debe esperar a que el próximo jugador la retire antes de que el primer jugador comience a

desplazarse a la operación inicial, esto no es recomendable, ya que va en contra de la flexibilidad del método.

Formatos, Gráficos, Tablas, Resultados

Utilizar las hojas de trabajo estándar para la construcción de los barcos.

Notas para el Instructor

- Trazar una línea de 1 metro entre las hojas de operaciones de los barcos, es decir las estaciones de trabajo.
- Disponer de algunos barcos elaborados para tener como muestra, y asegurarse de que todos los jugadores saben cómo elaborar un barco.
- Explicar la motivación para Bucket Brigade Balanceo de Líneas, revisar la información general y los puntos de aprendizaje.
- Comience con tres jugadores. Explique el método, poco a poco.
- Desarrollar el balance de la línea, y posteriormente después de pocos minutos realizar un conteo del número de barcos elaborados en 5 minutos.
- A continuación, añadir a otro jugador, y nuevamente realizar un conteo durante 5 minutos.
- Posteriormente retirar a 2 jugadores, dejando únicamente a dos personas en la línea, nuevamente realizar el conteo.
- Incluir nuevamente a un 3 jugador, pero alterar la operación, retirar la calcomanía o colocarla calcomanía marcando o tienen calcomanías en cada segundo avión.
- Preguntar al grupo acerca del entrenamiento. (Los nuevos operadores no tienen que aprender todas las tareas. Pueden, por ejemplo, empezar por el principio de las operaciones o al final realizando poco a poco todas las tareas, los operadores experimentados pueden cubrir este periodo de aprendizaje.)
- Preguntar acerca de la aplicación del método en su propia organización.

Retroalimentación de las condiciones para lograr el Balanceo de Líneas

- El Trabajo estandarizado es importante para lograr una alta eficiencia, tanto en la calidad y la productividad.
- Los operadores y los sindicatos deben apoyar el trabajo funcional cruzado.

- El trabajo debe tener la mayor cantidad de operaciones conjuntas posibles.

Claramente, si existen tareas largas que no pueden ser interrumpidas, el método no es adecuado.

Sin embargo, es posible usar el método antes y después de tales operaciones.

- Los operadores y las tareas se realizarán en un constante movimiento es por eso que el trabajo se lo debe realizar de pie, y si es necesario trasladarse de una estación a otra.

Materiales

Una resma de hojas A4

Esferos azul y rojo

4.3.4 TWI Type Job Breakdown (Entrenamiento dentro de la Industria).

Áreas Clave

Desglose de Trabajo, Trabajo Estandarizado, SOP, Formación dentro de una Industria, Instrucciones de Trabajo.

¿Manufactura o Servicio?

Todos los sectores industriales en general como también operaciones de servicios.

Perspectiva

Aplicando el ejercicio de avión estándar, los jugadores deberán elaborar una hoja de desglose de trabajo además de las instrucciones de trabajo y los procedimientos estándar SOP.

Este ejercicio es recomendable llevarlo a cabo posterior a uno de los juegos de la fabricación de barcos, es decir cuando los jugadores estén familiarizados con la construcción de barcos.

Los puntos de aprendizaje son:

- El aprendizaje de la disposición y el uso de una tabla de desglose.

- La comprensión de la importancia de la aplicación de procesos estandarizados e instrucciones de trabajo.
- Una hoja de desglose de trabajo no es un SOP.

Jugadores

Un número máximo de 15 jugadores.

Tiempo Aproximado

1 hora.

Descripción

Los jugadores deberán utilizar las hojas de operaciones estándar para la elaboración de los barcos, y completar las hojas de desglose de trabajo las cuales serán facilitadas por el instructor.

Instrucciones del Jugador

- Utilizar las hojas de operaciones estándar para elaborar los barcos de papel, además se deberá elaborar una hoja de desglose de trabajo que puede ser utilizado para instruir a un nuevo trabajador en la línea de producción.
- Identificar los pasos importantes que permitan optimizar la producción de barcos, pero también tener en cuenta que no todos los pasos necesitan ser documentados. Por ejemplo, no se tendría un paso o proceso que sea llamado “recoger papel”, porque eso es obvio, y no agrega valor para el producto final o para la calidad del producto.
- Luego de identificar los puntos clave del proceso productivo, se debe analizar cuáles son los puntos críticos para el trabajador las cuales permitan hacer el trabajo más fácil y eficiente.
- A continuación, desglosar y discutir los puntos clave.
- Es un excelente ejercicio si el grupo puede utilizar la tabla de desglose de trabajo para instruir a alguien que no ha intervenido anteriormente en uno de estos ejercicios de fabricación de barcos.
- Los pasos, según lo especificado por TWI, son:

- Preparar al trabajador (jugador), explicar los objetivos de la producción de barcos, ubicar a la persona en la línea de producción correcto a conforme a su destreza y enfatizar la comunicación y oportunidades de mejora.
- Explicar la cadena productiva, mostrar e ilustrar un paso clave a la vez.
- A continuación el jugador deberá realizar la primera corrida de producción en la cual el instructor podrá corregir errores y responder preguntas para al final realizar una retroalimentación de los errores o falencias.

Formatos, Gráficos, Tablas, Resultados

Formato de desglose de trabajo.

Notas para el Instructor

Se recomienda que el instructor de lectura de las dos primeras partes de la referencia antes de ejecutar este ejercicio.

Utilizar una resma de hojas A4.

4.3.4 Changeover Reduction SMED (Cambios Rápidos de Herramientas o Datos)

Áreas Claves

Setup, SMED, Desperdicio, Tamaño de lotes

¿Manufactura o Servicio?

Este ejercicio se enfoca en empresas manufactureras como punto clave de Lean Manufacturing, también se puede aplicar a empresas de servicios como es el caso de hoteles, hospitales, clínicas.

Perspectiva

La reducción de tiempo en el cambio de herramientas o calibraciones es un factor clave para lotes pequeños de producción dentro de Lean Manufacturing así como también en la optimización de la capacidad. Este juego representa o simula un cambio, en el que un equipo “changover” se presenta con 5 sobres que representan los componentes (matrices, herramientas, etc.) que se requieren, y un "elemento de

calor" necesario para el "precalentamiento" del dado. El tiempo empleado se mide, y las actividades se asignan, además de realizar una charla informativa sobre "SMED" y la reducción de tiempos perdidos.

Los puntos de aprendizaje son:

- Separar las actividades externas e internas, cambiar o transformar las actividades internas a externas, eliminar tiempos perdidos y pérdidas en general.
- Mapeo y análisis de las actividades de reducción de cambio.

Jugadores

Se pueden crear varios equipos de 4 a 6 personas.

Tiempo Aproximado

De 40 a 90 minutos, incluyendo el mapeo del análisis de las actividades y las presentaciones y discusión de los demás equipos.

Descripción

- Dividir cada equipo de trabajo en un número de 4 a 6 jugadores.
- Cada equipo necesitará un puesto de trabajo en el cual se pueda realizar el cambio de herramientas o calibraciones.
- Explicar a cada equipo que cuando el juego comienza, un lote acaba de ser completado y las matrices o dados para el siguiente lote deberán estar preparados.
- Preparar los cinco sobres, cada uno con piezas, y la hoja instructiva de precalentamiento los cuales serán parte de un conjunto.
- Disponer de un conjunto para cada equipo, claramente marcado con el número del equipo, organizar los sobres en diferentes esquinas del lugar en donde se realice la simulación separando los sobres "A" de los sobres "B", y así sucesivamente para lograr simular la selección de las herramientas y matrices de diferentes "talleres".
- Explicar a cada equipo que es necesario reunir 5 cuadrados de igual tamaño, lo más rápidamente posible, colocados uno junto al otro, con el círculo de

(tratamiento térmico) ubicado en el centro. Esa es la tercera mesa de trabajo de la izquierda o la derecha.

- Cada equipo tendrá el mismo tiempo disponible.
- A partir de entonces, explicar brevemente el proceso SMED.
- Ahora cada equipo debe poner todas las piezas (incluyendo extras) de vuelta en los sobres, y los sobres de vuelta a los lugares de origen.
- Reanudar nuevamente el cambio o ajuste en el propio tiempo, analizar el tiempo de cada elemento, realizar un diagrama de procesos o un mapa de actividades.
- Retirar las piezas que no sean necesarias, el contenido de los sobres pueden cambiar, pero las ubicaciones de los cinco sobres deben permanecer fijos. (Esto constituye a los tiempos de movimiento interno externos, y la eliminación de desechos).
- Marcar los pedazos. (Esto constituye la reducción de tiempo interno). Solicitar que cada equipo practique el cambio. (La práctica es parte de un cambio de pulido).
- Tener en cuenta que la etapa de tratamiento térmico incluye el ajuste que a menudo es una actividad que consume tiempo en un cambio real.
- Solicitar que cada equipo realice el procedimiento estándar.
- Adjudicar una recompensa a los ganadores.
- Discutir la aplicación en una empresa real.

4.3.5 Juego Básico de Dados

Áreas clave

Capacidad de un línea, “Leyes de la física de una fábrica”, Principios TOC, Capacidad

¿Manufactura o servicios?

Principalmente manufactura. Algunos servicios. Cualquier operación secuencial.

Perspectiva

Una línea secuencial de estaciones de trabajo es simulada. Todas las estaciones de trabajo tienen variaciones. El juego ilustra lo que Goldratt llama “fluctuación estadística y eventos dependientes”. A medida que avanza el juego, el inventario y el tiempo de reposición incrementa. El rendimiento (throughput) nominal no se cumple. Pero por otro lado, se da una advertencia de recompensa y castigo e cuanto el cumplimiento de objetivos.

Resumen de puntos de aprendizaje

- La variación es el enemigo.
- Las salidas son menores a la capacidad nominal.
- La advertencia de Deming (variación natural).
- En un sistema sin control, el inventario incrementa constantemente.
- La acumulación de inventario no necesariamente indica el cuello de botella.
- El problema de balancear una línea (“Balancear el flujo, no la capacidad”).

Jugadores

Mínimo 6 hasta 11. Con 12 o más se empieza una segunda línea.

Tiempo aproximado

40 minutos.

Descripción

Se instala una línea secuencial de ensamblaje. Los productos se mueven secuencialmente a lo largo de la línea. Se debe jugar en 20 periodos o más. Cada jugador lanza los dados en cada periodo y pasa los productos al siguiente jugador. La meta de la capacidad nominal nunca se alcanza, y el inventario incrementa a medida que el juego progresa.

Instrucciones

Formar una línea de jugadores en una mesa larga. Si es recta mejor, pero en “L” también funciona bien. Dar a cada jugador un dado y 4 piezas de un producto. Los

productos pueden ser fichas de LEGO, nueces, pernos o incluso caramelos envueltos. Imaginar que el juego va de izquierda a derecha.

Cada jugador tendrá dos cuadrados en frente. Los cuadrados deberán estar etiquetados, el de la izquierda con “RECIBIDO” y el de la derecha con “WIP” (Work in Process). El inventario inicial se ubica en el cuadrado de WIP. El jugador del principio de la línea no tiene dos cuadrado, en vez de eso tendrá un cubo de piezas para representar la materia prima.

El inventario (productos/piezas) fluirá a lo largo de la línea de izquierda a derecha.

Preguntar a los jugadores, ¿cuál es el promedio de capacidad por periodo?

Respuesta: es 3.5 o el promedio de los lanzamientos del dado. Esto es porque el inventario inicial es de 4 piezas.

El instructor necesita escribir una columna de números del 1 al 20 y dos columnas siguientes en blanco (2 para cada equipo) en una pizarra. Cada periodo, el instructor debe registrar el número de piezas completadas (producidas) por la última estación de trabajo. Además, el instructor debe anotar el número acumulado de piezas producidas en la pizarra.

Decir a los jugadores que todos tienen que jugar simultáneamente, como indique el instructor. El instructor voceara el número de periodo.

Los pasos del juego son:

- Cada periodo el instructor voceara el número de periodo que se está jugando.
- Cada jugador lanza su dado. Esa sería la capacidad disponible que tendría para ese periodo.
- Cada jugador saca del inventario lo que tiene en el cuadrado WIP. Pasa una cantidad igual a la del dado, si es posible. Si es que hay menos inventario en el cuadrado de WIP de lo que salió en el dado, entonces pasa todo el inventario al cuadrado de WIP.

- No usar el inventario del cuadrado de RECIBIDO. (Este solo está disponible para el siguiente periodo).
- “PASAR” significa colocar el inventario en el cuadrado de RECIBIDO del siguiente jugador.
- Después de que todo los jugadores hayan colocado su inventario en el cuadrado de RECIBIDO del siguiente, mover el inventario de su propio cuadrado de RECIBIDO al cuadrado de WIP. Entonces no deberá haber inventario en los cuadrados de RECIBIDO.
- Si es que algún jugador no tiene inventario en el cuadrado de WIP en esta etapa, el jugador o el anterior cometieron algún error.
- Esperar hasta el siguiente periodo y repetir.
- Para el primer jugador: en cada periodo debe lanzar los dados y colocar esa cantidad de piezas en el cuadrado de RECIBIDO del segundo jugador.
- Para el último jugador: debe informar al instructor el número de piezas que se han completado.
- Pueden requerirse algunas piezas recicladas. Los ítems finalizados deben volver al principio.

Decir a los jugadores que la capacidad nominal de la línea es $20 \times 3.2 = 70$ piezas.

Pedir a los jugadores que estimen el total de salidas de la línea. Escribir estos estimados en la pizarra.

A la mitad de la ronda, después del periodo 10, detener el juego y hacer una revisión. Señalar que la meta de salida es menor a la nominal de 35.

También debe registrarse el inventario del cuadrado de WIP de cada jugador. Pedir a los jugadores que revisen el inventario de 4 piezas con el que empezaron el juego, el mismo que sufrirá una variación con menos de 4, o algunos con más.

Sumar el inventario total en los cuadrados de WIP. Es muy probable, que este total exceda a la cantidad inicial de los cuadrados WIP. (# Total de jugadores - el primer jugador) x 4. Señalar que el inventario ha aumentado.

Hacer la revisión (farsa) de Deming. Ir a lo largo de los cuadrados WIP. Averiguar quién es el que tiene mayor inventario y decir “Eso no es suficiente. ¡Tienes que mejorar! ¡Te estaré vigilando!” Ahora, encontrar al que tenga menor inventario y decir: “Buen trabajo. ¡Eres exactamente el tipo de trabajador que estamos buscando! ¡Bien hecho!” y darle la mano.

Después, realizar los siguientes 10 periodos como los primeros.

Formatos, gráficos, resultados

Resultados después del periodo 10

JUGADOR	2	3	4	5	6	7	8
WIP	10	7	3	12	5	1	4

TOTAL WIP = 42
INICIAL WIP = 7 x 4 = 28

Resultados después de periodo 20

JUGADOR	2	3	4	5	6	7	8
WIP	13	2	8	7	2	4	7

TOTAL WIP = 44
INICIAL WIP = 7 x 4 = 28

PERIODO	SALIDA	ACUMUL.
1	4	4
2	3	7
3	5	12
4	1	13
5	3	16
6	2	18
7	5	23
8	1	24
9	2	26
10	3	29
11	2	31
12	1	32
13	4	36
14	3	39
15	2	41
16	1	42
17	6	48
18	2	50
19	2	52
20	3	55

Notas el instructor y discusión

Señalar que:

- La meta de 70 piezas no fue alcanzada, de hecho no puede alcanzarse nunca, por motivo de la variación. No solo en cada estación de trabajo sino por la variación a lo largo de la línea. Goldratt llama a esto “la fluctuación estadística y eventos dependientes”. Una conclusión general es que las Salidas son menores a la capacidad nominal.

- El inventario ha aumentado. siempre lo hace porque lo que está siendo ingresado es un promedio de 3.5 pero el resto de la línea está restringiendo el flujo por debajo de 3.5.
- La variación es el enemigo. Si no hubiera variación – se diría a todos que tienen un dado con solo un número 3 (que es menor que el promedio de un dado normal), las salidas se incrementarían y el inventario permanecería igual.
- Entonces, con la variación, si se esperara alcanzar la meta, se estaría continuamente decepcionado. Algunos gerentes no se dan cuenta de este punto fundamental.
- La acumulación de inventario no necesariamente indica el cuello de botella. Sería muy pronto para juzgar. Sobre la marcha del juego, recién se podría determinar el cuello de botella por la acumulación de inventario.
- Deming. Frecuentemente, como en el ejemplo, el jugador que recibe una advertencia, mejora. Claramente entonces, las advertencias de los jefes y las motivaciones funcionan. Pero ¿cuán frecuente se da esto en las empresas? Deming fue muy claro al decir que muchos gerentes no entienden la variación y no están aptos para manejar recompensas y castigos. Por supuesto, esta es la diferencia entre una causa común y una causa especial de variación. Aquí se tiene una causa común o variación natural. Las recompensas y castigos no son apropiadas.
- El problema de balancear la línea: Goldratt dijo: “Balancear el flujo no la capacidad”. Aquí se tiene una línea perfectamente balanceada, pero falla al momento de producir y alcanzar la meta. Se requiere de mucho esfuerzo para balancear líneas y celdas reales. Pero como está ilustrado aquí, esto resultaría inútil si es que hubiera mucha variación. Una línea balanceada pudiera ser efectiva únicamente si es que existiera poca variación. Existen mejores alternativas. Ver a continuación.
- Mientras más se juegue, más inventario habrá. Eventualmente, después de un largo periodo, habrá tanto inventario en el sistema frente a cada estación de trabajo que el efecto de la variación será acolchonada (buffered) por el inventario. Luego, el juego alcanzará un equilibrio o estado de constancia con el promedio de entrada siendo emparejado por el

promedio de salida. En este caso, se tendrán pequeñas reglas. Esta es $WIP = \text{throughput} \times \text{lead time}$ (rendimiento \times tiempo de reposición).

- Una vez más, una ley física de la variabilidad en un sistema de producción será acolchonada por una combinación de:
 - Inventario
 - Capacidad
 - Tiempo

Entonces, si se tiene variabilidad se pasará la cuenta por el inventario, la capacidad o el tiempo. No hay salida de esto.

Equipamiento

- 4 piezas (productos) por jugador.
- 30 piezas mínimo para el primer jugador como tienda de materia prima.
- Un dado por jugador.
- Pizarra.

4.3.6 Process Variation Reduction (Reducción de la Variación del Proceso)

La reducción de la variación mejora el rendimiento y disminuye el inventario de producto en proceso (WIP); por lo que resulta importante la implementación de un trabajo estandarizado, 5S's y Seis Sigma.

El juego deberá empezar posterior al juego básico de dados, el promedio de la capacidad se fija en 3.5 (el promedio de la lanzada de dados) pero la variación se reduce si no se obtiene un 1 o un 6, si resulta un 1 o un 6, los dados deberán lanzarse de nuevo.

El juego puede ser ejecutado nuevamente obteniendo mayor reducción en la variación si no se obtiene un 1, 2, 5 o 6 como lanzadas legítimas, lo cual mejorará el rendimiento nuevamente.

Como en el juego básico de dados, si todos los jugadores obtuvieron un 3, entonces el lote sería exactamente de 60 unidades y el producto en proceso (WIP) se mantendría en 4 unidades por jugador.

Los puntos de aprendizaje son:

- En comparación con el juego básico de dados, el rendimiento aumenta ligeramente y disminuye el producto en proceso (WIP).
- Reducir la variación no se trata de calidad, pero tiene un gran impacto en los niveles de inventario y rendimiento.

Jugadores

6 mínimo, hasta 11. Con 12 o más, iniciar una nueva línea.

Tiempo aproximado

20 minutos, ya que los jugadores entenderán la mecánica del juego con el juego básico de dados.

Descripción, instrucciones, formatos y equipamiento

Igual que el juego básico de dados, excepto que el número 1 y 6 no están permitidos y debe ser repetido hasta que los valores sea entre 2 y 5.

No es necesario detenerse en el período 10.

Notas del instructor y discusión

- Preguntar a los jugadores sobre la predicción del resultado del lanzamiento de los dados y anotar las predicciones en una cartilla.
- Preguntar por qué predijeron esos números.
- Después de empezado el juego, revisar las predicciones.
- Después de empezado el juego, enfatizar la aplicación de las 5S's y el trabajo estandarizado como herramientas de calidad, las cuales son de gran aporte para la reducción del inventario y el rendimiento son la gran recompensa.
- Con la ecuación $L = VUT$. Donde L es el lead time (tiempo de reposición), V es la variación, U es la utilización y T es el tiempo nominal del proceso. Esta ecuación se la considera como la física de una fábrica.

4.3.7 Reducing Input Variation (Reducción de la Variación de Entrada)

Áreas clave

Este juego sigue directamente del juego de reducción de la variación del proceso y del básico de dados.

¿Manufactura o Servicio?

Importante para ambos.

Perspectiva

Este juego se alinea directamente con el ejercicio de reducción de la variación del proceso y del ejercicio básico de dados.

La simulación muestra el efecto de estabilizar la entrada, la variación del proceso ha recibido mucha atención a diferencia de la tasa de llegada de trabajo, si se estabiliza la tasa de llegada, el impacto sobre el inventario y el tiempo de reposición puede ser significativo.

Los puntos de aprendizaje son:

- Prestar atención a la estabilidad de las órdenes y/o la tasa de inicio de trabajos en producción.
- La estabilidad o inicio de trabajo pueden reducir el inventario (lead time) y (en menor medida) mejorar el rendimiento (throughput).

Jugadores

Un mínimo de 6 y máximo 11, iniciar una nueva línea en caso de 12 o más personas

Tiempo aproximado

20 minutos, ya que los jugadores entenderán la mecánica del juego con el juego básico de dados.

Descripción

Es el juego básico de dados pero con una variación que limita al primer jugador, el inventario total baja comparado con el juego básico de dados y el inventario es

equivalente al tiempo de reposición, lo cual muestra como resultado una optimización en el tiempo de reposición.

Instrucciones, formatos y tablas

Cada jugador tiene un dado el cual se jugará de igual manera que el juego básico de dados, excepto que el primer jugador solamente podrá lanzar un 3 o un 4. Si resulta cualquier otro número, el jugador deberá lanzar de nuevo.

Todos los demás jugadores lanzarán sus dados (1 al 6) como en el juego básico de dados, la mecánica de movimiento de las piezas son exactamente iguales como en el juego básico de dados, posteriormente todos los jugadores empezarán nuevamente con 4 piezas cada uno.

Todas las demás instrucciones, formatos y tablas se mantienen sin cambios, además se debe realizar una pausa después del período 10 y hacer una comparación con los resultados obtenidos.

Notas del instructor y discusión

- Explicar la mecánica del juego.
- Preguntar a los jugadores cuáles son sus expectativas.
- Después de jugar, revisar los resultados.
- Explicar que al estabilizar la entrada de las piezas se limita la variación de la actividad. Mientras más larga es la línea, más se estabilizan las salidas. En el periodo 10, habrá frecuentemente menos inventario comparado con el período 10 del juego básico de dados.
- Hay dos elementos de variación del proceso y suministro/variación de órdenes (o tasa de llegada); este juego ilustra el segundo de estos.

El juego es una justificación para actividades como:

- Estabilización de órdenes
- Heijunka o production smoothing
- Regularización de entregas
- Modelo de programación mixta

- Cuando la corrida, la repetición y el análisis están orientados a una programación estable.

Materiales

- 4 piezas (productos) por jugador, al comenzar más de 30 piezas mínimo en la bodega de materia prima.
- Un dado por jugador.
- Una cartilla.

4.3.8 Kanban: Lo bueno y lo malo

Áreas clave

Un juego que muestra que el kanban es efectivo en limitar la producción del inventario, pero que puede reducir el rendimiento si es que existe una gran variación.

¿Manufactura o servicio?

Manufactura

Perspectiva

Un juego que muestra que el kanban es efectivo en limitar la acumulación del inventario, pero que puede reducir el throughput si es que existe una gran variación.

Este ejercicio debe ser jugado en una sesión que incluye el juego básico de dados, en el juego básico de dados, hay excesiva producción de inventario, el kanban es una forma de limitar esta producción; en proceso, los cuadrados de kanban limitan la cantidad de inventario; desafortunadamente, con una variación alta pueden desabastecer a algunos centros de trabajo conduciendo a una caída en el throughput.

Se juega con cuadrados de kanban entre cada estación de trabajo y se ilustra un simple sistema pull de kanban.

Los puntos de aprendizaje son:

- Kanban es efectivo para limitar la acumulación de inventario.
- Kanban puede limitar el rendimiento cuando exista una alta variación del proceso a menos que exista inventario excesivo.

Jugadores

6 mínimo, hasta 11. Con 12 o más, empezar una segunda línea.

Tiempo aproximado

30 minutos

Descripción

Se juega de forma parecida al juego básico de dados, formando una línea de ensamble secuencial con los jugadores, en el cual las piezas son pasadas a lo largo de la línea. Se pone en operación un sistema pull, en el cual los jugadores están únicamente autorizados a intentar llenar los espacios vacantes en los cuadrados de kanban posteriores, evitando sobrellenarlos.

Instrucciones

Los jugadores forman una línea de igual manera que en el juego básico de dados, con un cuadrado kanban adicional con seis espacios para ubicarlos entre cada jugador.

Cada jugador tendrá un dado. Al comienzo del juego todos los seis espacios del cuadrado kanban estarán llenos. Esto significa que el inventario inicial es $(\text{el número de jugadores} - 1) \times 6$. El jugador del final tiene una infinita cantidad de inventario disponible – como en el juego básico de dados.

Las señales pull necesitan fluir desde la estación de trabajo final hacia la línea. Esto significa que los jugadores no lanzan los dados simultáneamente sino que deben esperar al próximo jugador hasta completar su primera jugada.

- El jugador final lanza los dados, toma un menor número de su lanzada de dados o el número de piezas disponibles de su primer cuadrado kanban y le entrega al instructor. (cliente)

- El siguiente cliente lanza los dados, el mismo que está únicamente autorizado para llenar espacios vacantes en el cuadrado kanban entre él y el siguiente jugador. Si es que al lanzar los dados, resulta un número mayor al de los espacios vacantes, solamente podrá llenar el número de cuadrados disponibles; si resulta un número menor o igual al número de cuadrados vacantes, podrá llenar los espacios que el dado le permita.
- El jugador dibujará las piezas para el siguiente cuadrado kanban. Si el número de piezas en el cuadrado es mayor o igual que el resultado del lanzamiento del dado, él podrá tomar todo lo que el dado o el siguiente cuadrado kanban le permita. Si el número de piezas en el cuadrado es menor que lo del lanzamiento del dado permite, podrá tomar únicamente las piezas disponibles del siguiente cuadrado.
- Esta secuencia se repite a lo largo de la línea.
- El último jugador lanza los dados y está autorizado para llenar el cuadrado kanban final pero sin excederse, si es que el lanzamiento de dados lo permite.
- Esto completa la primera secuencia.
- Adicionalmente 19 secuencias más son llevadas a cabo. Ir al primer paso.
- Esperar hasta que el último jugador complete su lanzada antes de comenzar el siguiente período. Esto es para evitar confusiones.
- En ningún momento, un cuadrado kanban podrá tener más de 6 piezas.

Formatos, Gráficos, Tablas y Resultados

Dar a cada jugador, excepto al del final, una hoja A4 de papel. Los jugadores deben hacer cuadrados kanban, dibujando 6 círculos en cada hoja lo suficientemente grandes para ubicar una pieza (producto) dentro de cada círculo.

Estos cuadrados kanban son ubicados entre cada par de jugadores, al comienzo del juego los cuadrados son llenados con 6 piezas cada uno el mismo que será el límite máximo de número de piezas.

Tablas

Como en el juego básico de dados.

Resultados esperados

Después de 20 períodos, usualmente, en comparación con el juego básico de dados

- El inventario es mucho menor
- Pero la salida también es menor

Notas del instructor y discusión

- Explicar la mecánica del juego.
- Pedir a los jugadores que adivinen la cantidad de salidas, pues ellos frecuentemente no esperan que esta disminuya.
- ¿Por qué disminuye la salida? Porque cada jugador ahora tiene 3 variables, no solo dos como en el juego de dados. Así como el lanzamiento de los dados y el inventario disponible, los jugadores deberán mirar también el siguiente cuadrado.
- Un resultado alto en el lanzamiento del dado no tiene efecto debido a que hay que mirar hacia adelante también, y la necesidad resulta del tope del inventario que viene en camino. El efecto es comunicado a lo largo de la línea.
- El sistema kanban funciona muy bien para limitar el crecimiento del inventario, pero en donde hay excesiva variación, el kanban puede limitar el rendimiento.

Materiales

- 6 piezas del producto por jugador, mínimo 30 piezas más en la tienda de materia prima.
- Un dado por jugador.
- Una hoja A4 por jugador.
- Cartilla.

4.3.9 Flexible Working (Trabajo Flexible)

Áreas clave

- Las buenas y las malas noticias del trabajo flexible.
- Una manera de conocer la salida objetivo del trabajo flexible.
- Hacer seguimiento de la entrada y la salida.

¿Manufactura o Servicio?

Cualquier manufactura u operación de servicio que tenga estaciones de trabajo secuenciales, trabajo flexible.

Perspectiva

El juego empieza con un reto: alcanzar una producción de 70 unidades, lo cual no era posible en el juego básico de dados, los jugadores deciden entre ellos como asignar la capacidad, se requiere de un tiempo considerado, pero la mayoría de equipos alcanzan el objetivo. La ventaja de incrementar el rendimiento debe ser comparada con el costo del entrenamiento flexible, tiempo de la decisión tomada, y quizás lo más importante es la creación de un sistema de rendimiento establecido sea un flujo constante y uniforme.

Los puntos de aprendizaje son:

- Mayor rendimiento equilibrado contra costo de entrenamiento para flexibilidad.
- Oportunidad de que el objetivo puede ser alcanzado.
- Tomar la decisión involucra tiempo y costo.
- Un rendimiento indeseado.

Jugadores

Igual número que en el juego básico de dados.

Tiempo aproximado

Una hora.

Descripción

El juego empieza con un reto: alcanzar una cantidad de salidas (piezas, productos) de 70, lo cual no era posible en el juego básico de dados. Pero lo que está permitido es que el dado, hasta el número de jugadores, puede ser distribuido entre cualquier estación de trabajo o estaciones de trabajo, y pueden variar de periodo a periodo. Esto representa el trabajo flexible.

Por ejemplo, si se tiene 8 jugadores, en el periodo 1 habrá

- 4 dados utilizados en la estación de trabajo 1
- 4 dados utilizados en la estación de trabajo 2
- 0 dados utilizados en cualquier otro lugar

En el periodo dos habrá

- 2 dados utilizados en la estación de trabajo 1
- 4 dados utilizados en la estación de trabajo 2
- 2 dados utilizados en la estación e trabajo 3
- 0 dados utilizado en cualquier otro lugar

Como en el juego básico de dados, solamente el inventario disponible en los cuadrados de producto en proceso podría ser utilizado en cualquier periodo.

El equipo de jugadores deberá decidir en la asignación. Se debe tomar una decisión sobre la asignación en cada ronda.

Instrucciones

Como en el juego básico de dados, existe una estación de trabajo por jugador, un cuadrado de recepción y un cuadrado de producto en proceso en cada estación de trabajo, excepto la primera estación de trabajo, como con el juego básico de dados, hay inventario disponible infinito.

El juego tiene exactamente las mismas reglas que el juego básico de dados con respecto al inventario inicial (4 por estación de trabajo) y la mecánica del juego se realiza pasando las piezas a lo largo de la línea. El número total de dados es igual al número de jugadores o estaciones de trabajo.

El instructor deberá nombrar cada periodo y registrar las salidas, si la hay.

En cada periodo, los jugadores deben decidir cómo van a ser asignados los dados entre las estaciones de trabajo; existirán retrasos entre los periodos, según como el equipo decida sobre las asignaciones.

Usar la misma tabla del juego básico de dados.

Resultados típicos

Con frecuencia, el objetivo de los 70 es alcanzado por lo que una buena forma de jugar es asignar la mayoría del dado a la estación de trabajo de entrada, hasta un total de 70 piezas menos el inventario inicial de 4 piezas por estación de trabajo que han sido alimentadas.

No utilizar más dados en las estaciones de trabajo de subida donde todas las piezas del inventario necesario han sido consumidas.

Notas del instructor y discusión

Algunos equipos se toman mayor tiempo para resolver como jugar. Algunos equipos no alcanzan el objetivo debido a que:

- No resuelven la manera de jugar el juego.
- Agregan muy poco o demasiado inventario en la primera estación de trabajo.
- Cuentan mal las piezas.

El instructor debe comentar sobre la cantidad de tiempo que se toman y sobre el conteo incorrecto de las piezas, si es que esto sucede.

Los puntos por hacer son:

- El trabajo flexible puede incrementar el rendimiento o conducir a alcanzar el objetivo, debido a la reducción en el desperdicio de la capacidad a través de tener suficiente inventario.
- El costo está en el entrenamiento y en el tiempo de tomar una decisión.
- Más importante, en el periodo 20 el inventario será consumido frecuentemente.

- Entonces, esto es un problema para los siguientes 20 periodos ya que no existirán salidas por los siguientes 6 u 8 periodos y el servicio al cliente podría tener problemas.
- Existen mejores métodos para el juego.

Materiales

- 4 piezas de producto por jugador, más de 30 piezas mínimo aproximadamente en la tienda de materia prima.
- Un dado por jugador.
- Cuadrados de recepción y producto en proceso para cada jugador.

4.3.10 Bottleneck and Uncontrolled Overcapacity (Cuello de botella y exceso de capacidad)

Áreas clave

- Una advertencia acerca de la sobrecapacidad y el cuello de botella.
- Una introducción opcional para los juegos de Drum Buffer Rope y CONWIP.

¿Manufactura o Servicio?

Enfoque en manufactura, aunque también aplica en algunas empresas de servicios con operaciones secuenciales las cuales cuentan con problemas de cuello de botella.

Perspectiva

Con esta simulación se podrá obtener una visión acerca de la sobrecapacidad y el cuello de botella y una introducción opcional para los juegos de Drum Buffer Rope y CONWIP.

El juego es muy similar al juego básico de dados, pero claramente existe un cuello de botella.

Inesperadamente para algunos jugadores, el lote de producción usualmente incrementa ligeramente sobre el promedio del juego básico de dados, bajo las setenta piezas existe un rendimiento normal o ajustado.

Los puntos de aprendizaje son:

- El inventario se acumula en el cuello de botella.
- La acumulación de inventario en el cuello de botella forma un buffer o amortiguador, por lo que el cuello de botella nunca pierde capacidad.
- En la disminución del cuello de botella, el inventario se consume.

Jugadores

Como en el juego básico de dados, se colocará un jugador por estación de trabajo, con un mínimo de 6 estaciones de trabajo.

Tiempo aproximado

20 minutos

Descripción e Instrucciones

Todos los jugadores tendrán dos dados, excepto el jugador de la mitad de la línea quien tendrá solamente uno, el mismo que será cuello de botella. Todos los jugadores excepto el cuello de botella deberán sumar sus dos dados al lanzarlos juntos.

Como en el juego básico de dados, todos los jugadores empiezan con 4 piezas de inventario, excepto el de la primera estación de trabajo.

La mecánica del juego es similar que la del juego básico de dados, se jugarán 20 periodos y el instructor deberá registrar el rendimiento total y el inventario total.

Se buscará tener altas cantidades de inventario acumuladas, así que hay que esperar que se tengan bastantes piezas. Alternativamente, más adelante en el juego, se pueden remover 10 piezas del inventario del cuello de botella y se debe indicar a este jugador que recuerde cuantas piezas han sido removidas.

Formatos, Gráficos, Tablas, Resultados

Los formatos serán los mismos que en el juego básico de dados, cada jugador tiene un cuadrado de recepción y otro de producto en proceso.

Los resultados son escritos en una cartilla, no es necesario para el juego a la mitad.

El rendimiento normal está en la mitad de los 70 y el inventario final puede fácilmente alcanzar los 80.

Notas del instructor y discusión

- Después de explicar la mecánica del juego, el instructor deberá pedir a los jugadores que estimen el rendimiento después de 20 periodos.
- Escriba las estimaciones y pregunte sus razones.
- Es frecuente que haya una opinión amplia. Desde una muy baja (porque han aprendido de juegos anteriores los peligros de la variación), hasta una muy alta (porque se juega con un dado extra).
- Después preguntar a los jugadores donde piensan que el inventario va a acumularse. (en el cuello de botella) ¿Cuál será el efecto del inventario en el cuello de botella? (Nunca se perderá la capacidad) Entonces, ¿cuál será el rendimiento esperado a través del cuello de botella? (Acerca de 70, dependiendo del lanzamiento del dado, mas no de la escasez) ¿Qué sucederá con la disminución del cuello de botella? (El inventario podría reducir debido a la capacidad de los dos dados).
- Registrar los resultados del juego.

Las buenas noticias: Si el rendimiento es satisfactorio.

Las malas noticias: Si el inventario es excesivo.

Pedir sugerencias de cómo puede hacerse todo bien ya que esto es el pilar para el juego de Drum Buffer Rope.

Equipamiento

Dos dados por jugador y alrededor de 80 piezas de inventario si es que no es requerido reciclar.

4.3.11 Drum Buffer Rope DBR (Tambor, Amortiguador, Cuerda)

Áreas clave

Control de flujo efectivo y maximización del flujo cuando exista claramente un cuello de botella.

¿Manufactura o Servicio?

Principalmente manufactura pero algunos servicios tiene operaciones secuenciales con cuellos de botella.

Perspectiva

El juego ilustra la efectividad del sistema de Drum Buffer Rope mayormente utilizado en la programación de la teoría de restricciones. Como en el juego del cuello de botella, hay una secuencia de jugadores, cada uno con dos dados, excepto el cuello de botella que solo tiene uno, el cuello de botella es el tambor (Drum), un amortiguador (Buffer) es puesto en frente del cuello de botella, una cuerda (Rope) imaginaria conecta el tambor al centro de trabajo de partida, el rendimiento es alto y el inventario bajo. Se obtendrá un control de flujo efectivo, y maximización del flujo cuando existe claramente un cuello de botella lo cual generará un sistema kanban de escenarios múltiples.

Los puntos de aprendizaje son:

- El sistema de Drum Buffer Rope es superior al escenario múltiple del pull.
- DBR funciona mejor que el escenario del kanban en donde existe una alta variación.
- DBR puede ser aplicado a nivel de la cadena de suministros, de planta y de celda.

Jugadores

Como en el juego básico de dados, se colocará un jugador por estación de trabajo, con un mínimo de 6 estaciones de trabajo.

Tiempo aproximado

40 minutos incluida la revisión de los resultados.

Descripción

Este juego se lo debe realizar a continuación del juego de cuello de botella.

Todos los jugadores tendrán dos dados, excepto el jugador de la mitad de la línea quien tendrá solamente uno, el mismo que será cuello de botella. Todos los jugadores excepto el cuello de botella deberán sumar sus dos dados al lanzarlos juntos.

Un sistema de Drum Buffer Rope es discutido y establecido antes de empezar el juego.

La mecánica del juego es similar a la del juego básico de dados, en el cual se juegan 20 periodos y el instructor registra el rendimiento total y el inventario total.

En comparación con el juego de cuello de botella, el rendimiento se mantiene pero el inventario disminuye significativamente.

Instrucciones

- Reparar el juego de la misma manera en la que se lo hizo para el juego de cuello de botella.
- Una estación de trabajo en el medio de la línea debe ser elegida como el cuello de botella.
- Todos los jugadores tienen dos dados excepto el cuello de botella.
- Todos los jugadores empiezan con 4 piezas de inventario, excepto el cuello de botella.
- Si jugarán dos partidas simultáneamente, se deberá ubicar el cuello de botella en diferentes puntos a lo largo de la secuencia, ya sea en la estación 3 o 5 si es que se incluye un sexto jugador.
- El instructor deberá explicar la teoría de Drum Buffer Rope e implementarla o adaptarla al sistema.
- Las mecánicas del juego son similares al juego básico de dados, en el cual el dado es lanzado y las piezas se pasan a lo largo de la secuencia cuando el instructor lo indique.
- Se juegan 20 periodos y el instructor registra el rendimiento total y el inventario total.

Formatos, tablas y resultados típicos

Los formatos son similares al juego básico de dados, la tabla del periodo 20 debe estar planificada en la cartilla. Los resultados normales tienen un rendimiento de 70 o más y un inventario menor que en el juego del cuello de botella.

Notas del instructor y discusión

- Se recomienda que el juego del cuello de botella sea jugado antes que este juego.
- Explicar el término de “cuello de botella”. Estrictamente, un cuello de botella limita la cantidad de rendimiento en un sistema.
- Indicar a los jugadores que “Drum” es el nombre que se le da a la estación de trabajo que es el cuello de botella, porque marca el ritmo (drum beat) de toda la línea.
- Explicar que el “Buffer” protege al cuello de botella de desperdiciar la capacidad ya que siempre existirá suficiente inventario disponible. Preguntar cuál sería un buen número de piezas en el buffer.
- Pedir las opiniones de los jugadores. Generalmente, los riesgos de quedarse sin inventario es menos de 8. ¿Por qué? Porque el cuello de botella pudiera lanzar dos 6's seguidos y la estación de trabajo anterior al cuello de botella pudiera lanzar dos 1's. No muy probable pero posible en un periodo acumulativo. Un buen número es 10. Si el grupo sugiere 12 o más, indique que un número mayor que 10 deberá ser dejado de lado y ser usado únicamente si es necesario. Esta es una buena práctica en el mundo real.
- Explicar que “Rope” es un vínculo imaginario entre el cuello de botella y el centro de trabajo de partida, la idea es que, donde sea que esté ubicado el cuello de botella debe fluir. Entonces un vínculo de comunicación debe ser establecido, de todas formas, el centro de trabajo de partida debe seguir lanzando los dos dados cada periodo y sumar los resultados.
- En la mayoría de periodos, el cuello de botella lanzará los dados con menos resultado que el punto de partida. Si el cuello de botella lanza más que el punto de partida entonces este necesita pasar la suma de los dos dados pero registrando el déficit. El déficit debe ser captado en los siguientes periodos, pasando lo del cuello de botella más el déficit.

- El inventario total entre el punto de partida y el cuello de botella (el inventario del Rope) debe mantenerse, excepto por si existe un déficit. El inventario individual de cada estación de trabajo podría fluctuar. El instructor deberá revisar esto después del primer periodo, y a la mitad del juego.
- Este inventario deberá ser el buffer del cuello de botella más (el número de jugadores entre el punto de partida y el cuello de botella pero excluyendo a estos dos jugadores por 4). Si esto no es correcto, un jugador debió cometer un error. Investigar y arreglar antes de proceder.
- Pedir al jugador “cuello de botella” que registre cualquier escasez cuando no esté en capacidad de procesar el total del lanzamiento del dado.
- Iniciar el juego y registrarlas salidas acumulativas, el inventario total y el inventario del Rope.
- Comparar los resultados con el juego del cuello de botella, el rendimiento deberá ser similar pero el inventario se reducirá significativamente.
- Si se compara con el juego básico de dados, el rendimiento subirá y el inventario usualmente disminuirá. Tener claro que el juego básico de dados no es una comparación directa.
- Explicar que el Drum Buffer Rope es un escenario múltiple pull o un sistema kanban.
- Pull no deberá ser utilizado como un sinónimo de kanban.
- DBR es mucho más efectivo que el escenario del sistema kanban donde existe alta variación. Compare con el juego de kanban, si es que este ha sido jugado. El kanban seguirá siendo utilizado en componentes pull dentro de la línea.
- En el mundo real, el buffer es un factor de tiempo y necesita ser monitoreado regularmente. (¿El lugar para tener la reunión de producción en la mañana?) en este juego hay un solo producto por lo que el buffer puede ser expresado en términos de inventario. Pero en sistemas reales, el buffer necesita ser expresado en unidades de tiempo. Entonces tal vez hay 20 productos “A” en el buffer del lunes, pero en el buffer del miércoles hay 15 productos “B”. Ambos representan, por así decir, seis horas de buffer.
- Explicar que DBR puede ser utilizado en tres niveles: a nivel de celda, exactamente como en este juego se pueden observar que muchas celdas tienen un cuello de botella o un Drum. ¿Por lo tanto, por qué no jugar una

celda con un sistema DBR en vez de intentar balancear de la línea? A nivel de planta, el Drum podrá estar en un escenario, una celda o una estación de trabajo. A nivel de la cadena de suministros: el Drum podrá ser una planta completa. En cualquiera de estos niveles, funciona efectivamente.

- Preguntar, ¿Cuáles son los problemas del DBR? Los posibles problemas son las dificultades (a veces) de localizar el cuello de botella y el cambio del cuello de botella. Esto está parcialmente abordado por el juego del CONWIP.
- Otro asunto es: ¿Cómo introducir al cliente pull en un sistema DBR? Este punto está parcialmente cubierto por el juego de OEE.
- Un cuello de botella puede o debe ser utilizado para regular el flujo contra la demanda. Esto es, arreglar la capacidad de la mayoría de los recursos restringidos a estar en la línea con la demanda actual, lo cual previene de la sobreproducción.
- Esto funciona bien con una demanda estable. De todas formas, en una situación de incremento o disminución de la demanda, estas tendencias necesitan ser anticipadas ya que toma tiempo fluir desde el cuello de botella hasta la estación de trabajo final.

Equipamiento

Como en el juego básico de dados, excepto que son dos dados por jugador. El jugador Drum (o cuello de botella) tiene un solo dado.

4.3.12 CONWIP (Constant Work In Process) (Trabajo en proceso constante)

Áreas clave

Control del flujo efectivo y maximización del flujo, cuando no existe un cuello de botella definido.

¿Manufactura o Servicio?

Principalmente manufactura, aunque también aplica en algunas empresas de servicios de operaciones secuenciales con cuello de botella.

Perspectiva

El juego ilustra la efectividad de sistemas de trabajo constante, como en el juego de cuello de botella, hay una secuencia en los jugadores, cada uno con dos dados

excepto el cuello de botella que solo tiene uno. El cuello de botella no tiene un buffer inicial y durante el juego el cuello de botella cambia de lugar.

El rendimiento se mantiene alto y el inventario bajo, de acuerdo al CONWIP que resulta ser un sistema kanban de escenario múltiple.

Se logrará un control del flujo efectivo y maximización del flujo, cuando no haya un cuello de botella claro.

Los puntos de aprendizaje son:

- El sistema de CONWIP es superior al escenario múltiple de pull.
- CONWIP es un buen sistema de control para la programación de desplazamiento o cuellos de botella inciertos.
- El inventario del amortiguador tiende a acumularse justo donde se quiere que se acumule.
- CONWIP funciona mejor que el escenario del kanban, donde existe alta variación.
- CONWIP puede ser aplicado a nivel de planta y celda.

Jugadores

Un jugador por estación de trabajo. Mínimo 6 estaciones de trabajo.

Tiempo aproximado

30 minutos con discusión.

Descripción

El juego está alineado al juego de cuello de botella y al de Drum Buffer Rope. Se recomienda realizar primero el juego Drum Buffer Rope.

Todos los jugadores tendrán dos dados, excepto el jugador de la mitad de la línea quien tendrá solamente uno, el mismo que será cuello de botella. Todos los jugadores excepto el cuello de botella deberán sumar sus dos dados al lanzarlos juntos.

El Sistema CONWIP es discutido y programado antes de empezar el juego.

La mecánica del juego es similar al juego básico de dados, Se jugarán 20 periodos y el instructor registrará el rendimiento total y el inventario total.

Instrucciones

- Programe el juego como en el juego de cuello de botella.
- Escoger una estación de trabajo cerca del centro de la línea como cuello de botella.
- Todos los jugadores tendrán dos dados, excepto el cuello de botella quien tendrá uno solo.
- Todos los jugadores iniciarán con cuatro piezas de inventario, excepto el cuello de botella.
- El instructor explica la teoría del CONWIP e implementará el sistema.
- La mecánica del juego es similar al juego básico de dados. Se lanzan los dados y las piezas pasan a lo largo de la línea cuando el instructor lo indique.
- Se juegan 20 periodos y el instructor registra el rendimiento total y el inventario total.

Formatos, Gráficos, Tablas, Resultados

Los formatos son similares a las del juego básico de dados. La tabla del periodo 20 debe ser programada en una cartilla. Los resultados normales son: un rendimiento de 70 o más y un inventario menor que el juego de cuello de botella.

Notas del Instructor y Discusión

- Es recomendado que el juego de cuello de botella y el juego de Drum Buffer Rope se lo realice antes de este.
- Explicar el término “cuello de botella”. Estrictamente, un cuello de botella limita la cantidad de rendimiento en un sistema.
- Un problema es el cambio de cuello de botella o la difícil identificación de los cuellos de botella. Esto puede sobresalir por los cambios en el mix de productos y/o por averíos en las máquinas. (Nota del juego básico de dados: la acumulación de inventario no necesariamente indica un cuello de botella).

- En este juego, ubicar al cuello de botella (el jugador con un solo dado) hacia el final de la línea pero no al final. En el periodo 10, cambie la ubicación a un tercio a lo largo de la línea.
- CONWIP simplemente establece un vínculo desde el final de la línea al comienzo de la línea. Todo lo que entra, sale. Por lo tanto, el trabajo en proceso en todo el sistema se mantiene constante, aun cuando el inventario en cada estación de trabajo pueda variar.
- El juego de CONWIP no tiene un buffer frente al cuello de botella, simplemente porque el cuello de botella no es conocido. (Por supuesto, en el juego, si se sabe en dónde está el cuello de botella.) Para poder comparar este juego con el juego de DBR, se debe dar a cada jugador 5 piezas de inventario.
- Preguntar a los jugadores, en dónde creen que se va a acumular el inventario. Ellos dirán “en frente del cuello de botella”. Y ¿dónde quisieran que se acumule el inventario? En frente del cuello de botella.
- En el juego de DBR hay una cuerda (Rope). Similarmente, en el juego de CONWIP hay una cuerda, la cual no se la llama cuerda, pero funciona de la misma manera.
- En CONWIP existe un vínculo imaginario entre el centro de trabajo final y el centro de trabajo de partida. La idea es que, cualquier cosa que el centro de trabajo final deje salir, el centro de trabajo de partida lo deje entrar. Entonces, un vínculo de comunicación debe ser establecido.
- El centro de trabajo de partida deberá lanzar los dos dados cada periodo y sumar los resultados. Si el centro de trabajo final lanza más que el centro de trabajo de partida, entonces el jugador de partida necesita pasar sobre la suma de los dos dados, pero registrando el déficit.
- El déficit debe ser recuperado por el punto de partida anotando el resultado obtenido de la lanzada más el déficit.
- En otras palabras, el inventario total entre el punto de partida y el centro de trabajo final deben mantenerse iguales, excepto si es que hay un déficit, el inventario en cada estación de trabajo podría fluctuar.
- El instructor debe revisar esto después del primer periodo, y a la mitad del juego, este inventario deberá ser el $(\text{número de jugadores} - 1) \times 5$. Si esto no es

correcto, un jugador debió haber cometido un error el cual será revisado y corregido antes de proceder.

- Pedir al jugador cuello de botella que registre cualquier escasez cuando no sea capaz de procesar todo lo que indique el lanzamiento de los dados.
- La salida deberá ser muy comparable con el juego de DBR; es decir alrededor de 70 piezas, tal vez un poco menos debido al tiempo que toma acumular el buffer, por lo que el inventario del buffer tiende a acumularse justo donde se quiere, en frente al cuello de botella.
- Señalar que si el cuello de botella cambia o aumenta en la línea, existirá una disminución en el inventario de reducción del cuello de botella. Esto podrá elevar las salidas de alguna manera.
- El sistema de CONWIP es simple, poderoso y flexible. El problema es cómo arreglar la cantidad de CONWIP, una forma de hacerlo es por prueba y error. Empezar holgado, con un inventario generoso, después disminuirlo suavemente hasta que se encuentre con una piedra y la salida disminuya.
- CONWIP puede o debe ser utilizado para regular el flujo contra la demanda. Esto es, ajustar el flujo al principio del proceso para estar en línea con la demanda anticipada. Esto previene la sobre producción o la baja producción. .

Equipamiento

El mismo que para el juego básico de dados, pero 5 piezas por jugador más, y 30 piezas en la tienda en el (upstream) final.

4.3.13 OEE Concept and Limitations (Eficiencia General de los Equipos)

Áreas clave

Un juego que explora los efectos de la disponibilidad del proceso y advierte contra el simplista OEE.

¿Manufactura o servicio?

Manufactura

Perspectiva

Un juego que explora los efectos de la disponibilidad del proceso y advierte contra el concepto de OEE.

OEE es extensamente utilizada, uno de los componentes de OEE es la disponibilidad. Dos máquinas podrán tener el mismo promedio de disponibilidad pero diferentes averíos y características de reparación, las implicaciones para el inventario son numerosas, especialmente cuando hay un cuello de botella.

Los puntos de aprendizaje son:

- La disponibilidad es importante, pero también lo es la variación, el convencional sistema OEE no se fija en la variación, pero debería.
- Mejorar la disponibilidad total es la clave para mejorar el rendimiento.
- El juego muestra por qué el tiempo medio entre fallas (MTBF Mean Time Between Failure) y el tiempo medio de reparación (MTTR Mean Time to Repair) podrían ser más útiles que el OEE para inventarios y decisiones de programación.
- Los averíos más frecuentes pero con reparación rápida, generalmente requieren menos inventario y tiene un corto tiempo de reposición, que los averíos menos frecuentes pero con una reparación larga para la misma disponibilidad y rendimiento.
- La discusión de la productividad versus el OEE a través del mejoramiento en el entendimiento del OEE.

Jugadores

6 jugadores mínimo, cada uno con dos dados en una línea secuencial, excepto el cuello de botella quien tendrá solo un dado.

Tiempo aproximado

40 minutos.

Descripción

Opcional: Si los jugadores necesitan convencerse del efecto del OEE en el rendimiento y en el inventario requerido, realizar primero el juego básico de dados pero con una mejora en la disponibilidad.

Explicar que con un promedio de capacidad (3.5) y sin variación (no es posible realizar el ejercicio con dados), el rendimiento sería exactamente 70 (2 x 35). El inventario no cambiaría.

Después vuelven a jugar con una disponibilidad más alta. Al lanzar los dados es válido el 2, 3, 4, 5, 6. Si sale un 1, se debe volver a lanzar. Este tiene una mayor disponibilidad (4) pero mayor variación, frecuentemente, la salida es menor que 70 e incrementa el inventario.

Cada uno de los siguientes juegos debe tener 20 periodos como mínimo. Cuando se compara con otros juegos, como el DBR, se debe parar y revisar después de 20 periodos.

El juego de DBR debe ser jugado antes que este. En el juego de DBR, el cuello de botella con un solo dado tiene la disponibilidad de $3.5 / 6 = 58\%$.

Entonces, se juega como en el juego del DBR con dos dados por jugador y 4 piezas del producto por jugador. Se ubica un cuello de botella con un dado cerca del centro de la línea.

Colocar 10 piezas de inventario en el buffer frente al cuello de botella.

La disponibilidad total de la estación de trabajo se mantiene en el promedio de $3.5 / 6 = 58\%$ pero se cambia el tipo de disponibilidad. Se exploran las implicaciones para el rendimiento y el inventario.

Instrucciones

- Prepare el juego de la misma manera que para el de DBR.; es decir dos dados por jugador y uno para el cuello de botella.

- Cuatro piezas de inventario por jugador, excepto el cuello de botella quien empieza con 8 piezas. 20 periodos por juego.
- Primero, el jugador del cuello de botella no lanza el dado durante el juego. El jugador simula varias disponibilidades usando una preselección de valores o lanzamientos. Todos los demás jugadores lanzan los dados como en el juego de DBR.
- Se juega con el cuello de botella teniendo una secuencia repetida de 6, 6, 6, 3, 0, 0. Este tiene el mismo promedio de disponibilidad del promedio de lanzamiento de 3.5 por periodo. Todo los demás jugadores juegan como antes con dos dados.
- Segundo, el jugador antes del cuello de botella no lanza los dados durante el juego, pero el jugador cuello de botella lanza un solo dado cada periodo normalmente como en el juego de DBR. El jugador anterior al cuello de botella simula varias disponibilidades usando un preselección de valores o lanzamientos.
- Se juega con el jugador anterior al cuello de botella teniendo una secuencia repetida de (6, 6) (6, 6) (4, 0) (0, 0). Este tiene el mismo promedio de disponibilidad del promedio de lanzamiento de 7 (2×3.5) por periodo. Todos los demás jugadores juegan como antes, con el cuello de botella usando un dado y los demás dos dados.

Formatos y tablas

Los jugadores deben usar los cuadrados estándares de inventario como en el juego básico de dados.

El instructor debe registrar los resultados del rendimiento usando la tabla estándar presentada en la cartilla.

Notas del instructor y discusión

Para el primer caso, del juego de cuello de botella anterior, a menudo la escasez de inventario se presenta en el cuello de botella, usualmente en la segunda o tercera secuencia. Si se presenta la escasez, el rendimiento bajará.

La capacidad perdida no puede ser recuperada puesto que se necesita más buffer. La estación de trabajo de partida, de alguna manera, dejará entrar una secuencia de 6's, devolviendo el inventario pero no necesariamente en el momento correcto.

Aun cuando no se presente escasez, las olas del flujo crearán una disminución más lejana.

Señalar que si las ordenes de los clientes no están sincronizadas con estas olas (y usualmente no lo están), las consecuencias serán un déficit en las entregas. En cualquiera de estos casos, la situación es indeseable.

Para el segundo caso, del juego del jugador anterior al cuello de botella, no se usará la capacidad completa en la primera secuencia y en las siguientes secuencias (se lanza un 12 pero solo hay 4 piezas de inventario en el primer periodo). Hay una oportunidad justa de que la escasez de inventario se presente en el cuello de botella y el rendimiento baje.

Estos dos escenarios ilustran lo importante de la variación en la disponibilidad, no solo el promedio como es medido por el elemento de disponibilidad en el OEE.

El instructor podría usar la discusión para pedir al grupo que piense en dos situaciones. En la primera, la disponibilidad y velocidad son del 100% pero la calidad es un 80%. En la segunda, la calidad y la velocidad son el 80% y la disponibilidad el 80%. ¿Cuál es el OEE en ambos casos? (Es 80%). ¿Cuál es la salida por 100 minutos si la velocidad es de 1 unidad por minuto? (Es 80 en ambos casos). ¿Cuál es el OEE en ambos casos? (Es 80%). pero, cuál es la entrada en ambos casos asumiendo que está implantado un sistema CONWIP o pull? (Es 100 unidades en el caso 1 y 80 en el caso 2). ¿Cuál es la productividad en ambos casos? (La productividad es salida/entrada, entonces es $80/100 = 80\%$ en el caso 1 y $80/80 = 100\%$ en el caso 2). Esto resalta que el OEE puede no ser una medida satisfactoria por sí mismo.

Equipamiento

El mismo utilizado en el juego de DBR

CAPÍTULO 5.

APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA SEIS SIGMA PARA HERRAMIENTAS DIDACTICAS

5.1 Introducción

De acuerdo con el libro “The Big Book of Sigma Training Games” del autor Chen, Shris; Roth, Hadley, el enfoque de Seis Sigma tiene como objetivo el aprendizaje práctico por parte de los estudiantes y personas, su enfoque en la eliminación de los defectos, tiempos de espera y la reingeniería de los procesos que no agregan valor se convierte en un pilar fundamental para ilustrar el funcionamiento de la metodología y generar las habilidades para identificar las distintas áreas problemáticas de un proceso, realizar el mapeo de procesos, medir los insumos y el producto, buscar las causas de los errores, negociar las soluciones y controlar los resultados.

5.2 Cuadro de resumen de juegos

A continuación se muestra un cuadro que describe cada una de las aplicaciones o juegos didácticos que se realizarán dentro de este proyecto, indicando las áreas de aplicación así como también las herramientas Seis Sigma que se analizarán, duración y número de participantes.

Tabla 6. Cuadro de Resumen de Juegos Seis Sigma

Nombre del Juego	Palabras Claves	Tiempo Aprox.	Núm. Jugadores
Letras Revueltas	Proceso básico, identificar variables	40 minutos	Dos o más grupos con 2 o 5 miembros cada uno (no se requiere que los grupos sean del mismo tamaño).
Oferta Grupal	Toma de decisiones del grupo, demanda y oferta	60 minutos	Grupo de 4 o 7 miembros, mínimo 4 grupos.

Enfoque en los requerimientos del cliente	Entrada, salida, actividad, cliente, proveedor, relación entre procesos, productos y satisfacción del cliente	90 minutos	Grupos de 8 a 10 personas
Variación en los procesos	Fuentes de variación de procesos	45 minutos	Grupos de 3 a 4 miembros.
Dar-recibir	Roles de Sig Sigma y organización	40 minutos	Cualquier número, grupos de 3 a 5 participantes funcionan bien.
Equipo de Poker	Liderazgo y toma de decisiones, equipos	40 minutos	Equipos de 3 a 7 participantes (este puede ser jugado con un solo equipo, pero al jugar con varios equipos se crea una atmosfera competitiva que energiza el ejercicio).
Malabares en el zoológico	Lluvia de idea, cliente determina la calidad	40 minutos	10 – 25 personas
Juguera creativa	Pensamiento creativo,	75 minutos	Grupos de 3 a 7 participantes
Descomponerlo	Documentación de procesos	45 minutos	Trabajar en parejas
Clue	Problema de competitividad vs comportamiento colectivo	30 minutos	10 a 50 participantes

Fuente: Autores

5.3 Conceptos Básicos de Mejora de Procesos

5.3.1 Letras Revueltas (Una mirada al proceso)

Descripción

Pequeños grupos compiten entre sí, para formar palabras con letras aleatorias.

Propósito

- Reconocer un proceso básico.
- Identificar las variables de entrada, del proceso y de salida.
- Ilustrar la variación de las salidas.

Tiempo requerido

30 - 40 minutos

- Ejercicio: 15 – 20 minutos.
- Retroalimentación: 15 – 20 minutos.

Número de participantes

Dos o más grupos con 2 o 5 miembros cada uno (no se requiere que los grupos sean del mismo tamaño).

Materiales requeridos

- Fichas de letras (pueden utilizarse las del juego letras revueltas “Scrabble”) o tiras de papel.
- Una bolsa o contenedor en donde se pueda contener las letras.
- Una pizarra.
- Un reloj o un cronometro para marcar intervalos de 20 segundos.
- Papel y lápiz.

Proceso

1. Dividir a los participantes en grupos de 2 a 5 miembros.
2. Entregar papel y lápiz a cada grupo.
3. Leer o mostrar las reglas del juego.
4. Colocar las letras en una bolsa o contenedor.

5. Extraer 9 letras aleatoriamente de la bolsa.
6. Escribir las letras en la pizarra.
7. Empezar a correr el tiempo y dejar que los equipos formen palabras durante 20 segundos.
8. Realizar el conteo regresivo de los últimos 5 segundos y anunciar que bajen los lápices.
9. Pedir a cada equipo que reporte en voz alta sus palabras y el número de letras que no usaron.
10. Registrar el número de letras no utilizadas por cada grupo en la pizarra.
11. Colocar las letras utilizadas nuevamente en la bolsa.
12. Repetir el proceso anterior por 7 o 10 veces más.
13. Retroalimentar los resultados del ejercicio.

Preguntas de discusión

- ¿Qué preguntas utilizó tu grupo para formar las palabras?
- ¿Cómo cambió tu proceso en cada ronda?
- ¿Por qué los resultados fueron diferente en cada ronda?
- ¿Por qué los resultados fueron diferentes entre cada grupo para las mismas letras?
- ¿Las variables se relacionaron con el proceso del grupo y sus entradas?
- ¿Qué otras metas para el juego se pueden crear y cómo estas podrían impactar en el proceso?

Notas para el facilitador

- El tiempo por ronda puede incrementarse a más de 20 segundos, pero manteniendo el tiempo lo suficientemente corto para sentir la presión y producir una variación en los resultados.
- En el indeseado caso de que se repitan los resultados en todas las rondas, retroceder y pedir a cada grupo que revelen sus palabras de las últimas rondas para utilizar las diferencias de las palabras e ilustrar la variación de la salida.
- Cuando se discuta los procesos utilizados por cada grupo, generar un mapa del proceso simple para uno o más de los grupos.

- Observar el desarrollo de las listas de palabras de cada grupo y anotar las diferencias durante la discusión. Algunos grupos desarrollan un proceso grupal y trabajan en una sola lista mientras otros grupos desarrollan listas individuales y eligen el mejor resultado.
- Cuando se discutan los resultados, generar una lista de variables y dejar que los participantes etiqueten cada una como parte del proceso o parte de la entrada.
- Otras metas para el juego pudieran ser: la palabra más larga, más palabras o utilizar letras de puntajes más altos.
- Este ejercicio será revisado y ampliado en capítulos posteriores.

Reglas para las palabras revueltas

1. Los grupos tienen 9 letras aleatorias.
2. Los grupos tienen 20 segundos para formar palabras.
3. Todas las palabras deben ser de 3 o más letras.
4. Cada una de las 9 letras pueden ser usadas una sola vez.
5. Las palabras no podrán ser sustantivos propios o jerga (la decisión del facilitador es final).
6. Solamente una lista de palabras por grupo será registrada.
7. Meta del juego: menor número de letras no utilizadas.

Ejemplo 1

Letras aleatorias: P, B, F, S, R, E, S, A, M

Lista de palabras: FRESA

Resultado: 4 letras no utilizadas (P, B, S, M)

Ejemplo 2

Letras aleatorias: D, G, O, P, R, E, T, A, T

Lista de palabras: GOTA, PRE

Resultado: 2 letras no utilizadas (D, T)

5.3.2 Oferta Grupal (Valor Agregado para el Cliente)

Descripción

Los participantes ofertan una cuenta de \$100 en una subasta con un giro dinámico. Este inquietante juego toca la emoción más fundamental del ser humano, la codicia.

Propósito

- Explorar la dinámica de la toma de decisiones del grupo.
- Explorar las proposiciones de valor y cómo cambian las necesidades de los clientes.

Tiempo requerido

60 minutos

- Ejercicio: 30 minutos
- Retroalimentación: 30 minutos

Materiales

- Dinero en efectivo (una cuenta de \$100 atrae la atención pero puede usarse una cantidad menor).
- Papel y algo para escribir.
- Una pizarra y marcadores.

Número de participantes

Grupo de 4 o 7 miembros, mínimo 4 grupos.

Proceso

1. Separar a los participantes en grupos pequeños. Pedir a cada grupo que seleccione un nombre para el grupo.
2. Mostrar el dinero a los participantes y anunciar que unos de los grupos ganara el dinero.
3. Decir a los participantes que ellos son clientes en una subasta y que tienen una oportunidad para realizar una oferta por el dinero. Estas son las reglas para realizar las ofertas:

- Cada grupo hace una oferta grupal pero el costo de la misma puede ser dividido entre los integrantes al igual que el dinero del premio, de la manera en que deseen.
 - Las ofertas se cerraran y cada grupo deberá escribir su oferta y entregarla.
 - Las ofertas se realizaran en rondas. Las ofertas se detendrán después de la ronda en la que ya no se reciben más ofertas. Las ofertas se publicaran después de cada ronda.
 - Las ofertas no deberán reducirse. Las ofertas que no sean incrementadas seguirán de ronda en ronda.
 - En cada una de las tres primeras rondas, los grupos deberán tener 3 minutos para entregar su oferta. No se permite ningún tipo de comunicación entre los grupos durante las 3 primeras rondas.
 - Después de la tercera ronda, la siguiente deberá durar 5 minutos (si es necesario) y podrá haber comunicación entre los equipos.
 - Cuando las ofertas se hayan completado, el equipo con la oferta más alta paga lo que ofreció y gana el dinero. (normalmente se acepta solo efectivo)
 - El equipo con la segunda oferta más alta deberá pagar lo que ofreció también, pero no recibirá nada del premio.
 - Decir a los participantes que sus ofertas deberán llevar el nombre del equipo y la cantidad ofertada.
4. Responda cualquier pregunta que tengan los participantes.
 5. Diga a los participantes que la primera ronda ha comenzado y que tienen tres minutos para entregar su primera oferta.
 6. Al final de cada ronda recoja todas las ofertas y muéstreles en la pizarra. Usualmente se crea una matriz con los nombres de los equipos en una columna y las ofertas de cada grupo en la siguiente columna (una columna de ofertas por cada ronda).
 7. Al final de cada ronda, fíjese que equipo está manteniendo el primer puesto en las ofertas y que equipo está pagando sin recibir nada.
 8. Cuando ha pasado una ronda en la cual no se han recibido nuevas ofertas, se completan las ofertas.

9. Recoja el dinero de los equipos que tienen la primera y segunda ofertas más altas y entregue el premio al equipo con la oferta mayor.
10. Proceda a la retroalimentación.

Preguntas de discusión

Los equipos deben retroalimentar el juego entre los miembros de cada uno respondiendo las siguientes preguntas. Cuando hayan completado, pida a cada equipo que comparta un aprendizaje clave con los demás grupos.

- ¿Cómo formuló el equipo el asunto? (competición, apuesta, dinero fácil, etc.).
- ¿Qué proceso utilizó el equipo para tomar decisiones? (consenso, mayoría, la decisión fue tomada por cualquiera que tenía intención de poner el dinero, etc.)
- Como clientes, ¿qué necesidades esperaron encontrar durante el proceso de la subasta? ¿Cómo cambió su propuesta de valor a lo largo de las rondas?
- ¿Qué necesidades se encontraron y cuáles no? Como clientes, ¿estarían satisfechos con esta subasta? ¿por qué o por qué no?

Notas del facilitador

- Asegurarse de que los participantes entiendan desde el comienzo del ejercicio que el ganador se llevará todo el dinero. Si es que ellos no están realmente convencidos, el ejercicio pierde su encanto. Un tip que puede ayudar, es decir que todo el dinero recaudado será donado a la caridad.
- Estar preparado para hacer dinero. Este ejercicio casi siempre reúne más de \$100.
- Si las cosas se salen de control y dos equipos están en una imparable guerra de apuestas, detenga el juego y proceda a retroalimentar. El punto del ejercicio deberá estar hecho. En este caso, no se necesita recoger el dinero, pero si se está donando a proceso de caridad, se puede sugerir una contribución razonable.

5.4 Enfoque en los requerimientos del cliente

5.4.1 Paisajes personalizados a precios asequibles (Identificando el proceso)

Descripción

Los participantes ejecutan una pequeña simulación de negocio, los paisajes personalizados a precios asequibles (CLAAP en su siglas en inglés, Custom Landscapes at Affordable Prices), produciendo trabajos de arte personalizados, para luego apuntar a mejorar el desempeño del proceso.

Propósito

- Introduce los conceptos básicos de entrada, salida. Actividad, cliente, proveedor y medidas de calidad.
- Identificar atributos de calidad.
- Brindar a los participantes una oportunidad de descubrir e implementar cambios simples para demostrar las relaciones entre los procesos, productos y satisfacción del cliente.

Tiempo requerido

60 – 90 minutos

- Simulación 1: 20-30 minutos
- Retroalimentación: 5-10 minutos
- Reunión de cambio: 15-20 minutos
- Simulación 2: 15-20 minutos
- Retroalimentación: 5-10 minutos

Número de participantes

Grupos de 8 a 10 personas

Materiales requeridos

- Descripción del trabajo y el cliente, 1 por persona.
- Materiales para la simulación del proceso (por grupo).
 - Formato de órdenes de clientes (5).

- Lista de precios CLAAP.
- Lápices o esferos (4)
- Crayones de colores o pinturas.
- Regla de 12 pulgadas.
- Tijeras (1 par)
- Papel para manualidades de colores variados (10 hojas).
- Clips para hojas (3).
- Pegamento en barra o cinta adhesiva transparente.
- Materiales adicionales a la mano para requerimientos en cambios del proceso.
 - Reglas
 - Tijeras
 - Clips para papel
 - Pegamento en barra o cinta adhesiva transparente.
 - Membretes adhesivos blancos o carpas de cartón.

Proceso

1. Revise la introducción al CLAAP con todos los participantes.
2. Divida a los participantes en grupos de 8 a 10 miembros, los participantes extras podrán mirar la primera simulación y luego intercambiar roles para la segunda simulación.
3. Ubique a cada grupo en una mesa y provea de 1 descripción de trabajo o descripción de cliente a cada miembro del grupo. (Gerente y Enfermera son opcionales).
4. Dote a cada grupo con los materiales de simulación del proceso. Nota: es conveniente una caja pre abastecida para reducir el tiempo de preparación.
5. Después de que todos los participantes hayan leído sus instrucciones de trabajo o descripciones de clientes, empiece la simulación solicitando que el Gerente de Sala de Bingo se acerque al Vendedor y genere una orden.
6. Recuerde a los participantes que están en contra del tiempo y que el tiempo de entrega es crítico.
7. Treinta segundos después de que el Gerente de Sala de Bingo se acerque al Vendedor, solicite al Comerciante de Arte que se ponga en la fila para generar otra orden al Vendedor. Treinta segundos después, solicite al Agente de Seguros que se ponga en la fila para generar otra orden. Treinta segundos

después, solicite a la Enfermera (si es que está disponible) que se ponga en la fila para generar otra orden.

8. Dejar que la simulación continúe hasta que todas las órdenes estén llenas y las inspecciones completas.
9. Retroalimente la primera simulación con las preguntas de discusión.
10. Después de la retroalimentación, diga a todos los grupos que tienen 15 minutos que se reorganicen con no más de 2 cambios para mejorar el proceso CLAAP. Los clientes deberán observar los encuentros y estar disponibles para responder las preguntas.
11. Reabastecer los materiales para cada grupo durante la reunión de cambios.
12. Al final de la reunión de cambios, cada grupo debe anunciar los cambios que van a realizar.
13. Ejecute la simulación por segunda vez con los nuevos cambios en el proceso.
14. Retroalimente la segunda simulación con las preguntas de discusión.

Preguntas de discusión

- Primera retroalimentación
 - ¿Cómo se sienten los clientes con sus adquisiciones del CLAAP?
 - ¿Cómo podemos decir, si el proceso CLAAP está produciendo un producto de calidad?
 - Si es que se ejecuta el proceso nuevamente, ¿cómo podemos decir si es que hemos mejorado la calidad del producto y la satisfacción del cliente?
- Segunda retroalimentación
 - ¿Qué enfoques o métodos usó su grupo para identificar los problemas y mejoras potenciales?
 - ¿Cómo decidió su grupo que cambios debieron ser implementados?
 - ¿Cuáles fueron los resultados de los cambios del proceso?

Notas del facilitador

- Mantenga la simulación del proceso en movimiento recordando a los grupos que el tiempo de entrega es crítico.
- Enfoque la retroalimentación de la primera simulación en el punto de vista de calidad del cliente y la salida del producto, y no en las soluciones o arreglos potenciales del proceso.
- Enfoque la retroalimentación de la segunda simulación en las actividades del proceso, los cambios de mejora y medidas correctivas.
- Con un tiempo adicional, la simulación CLAAP podría ser usada para desarrollar una carta de proyecto, proveedor, entradas, procesos, salidas, clientes (SIPOC) y un árbol de críticos para la calidad (CTQ).

5.5 Variación en los Procesos

5.5.1 Gotero (examinando la variación del proceso)

Descripción

Los participantes utilizan un gotero para examinar la variación del proceso en un contexto diario.

Propósito

- Demostrar cómo existe variación de proceso aun en el más simple de los procesos.
- Ayudar a los participantes a identificar y reconocer las fuentes de variación de los procesos.

Tiempo requerido

45 minutos

Materiales

- 1 gotero por grupo, preferiblemente con pequeñas o sin marcaciones de medida.
- 1 taza de agua por grupo.
- Papel y algo para escribir.

Número de participantes

Grupos de 3 a 4 miembros.

Proceso

1. Pedir a cada grupo que identifiquen a un encargado de registrar y a un implementador del proceso. Los demás miembros del grupo serán observadores del proceso.
2. Ejecución del proceso:
 - El implementador del proceso tiene que colocar el gotero en la taza de agua presionar el bulbo del gotero y sacarlo.
 - Pedirles que expulsen el agua del gotero de vuelta a la taza una gota a la vez.
 - Indique a los observadores del proceso que cuenten el número de gotas.
 - Pedir al registrador que escriba el número de gotas.
3. Repetir el proceso (Paso 2).
4. Repetir el proceso nuevamente (Paso 2).
5. Ejecute la primera retroalimentación.
6. Pedir a los grupos que repitan el experimento pero que tomen medidas para minimizar la variación en los resultados.
7. Cada grupo tiene que seleccionar un nuevo implementador del proceso y repetir el experimento.

Preguntas de Discusión

- Primera retroalimentación
 - ¿Cuáles son las fuentes de variación en el número de gotas?
 - ¿Cuál de las fuentes de variación son controlables por el grupo? ¿Cuáles incontrolables? ¿Por qué?
- Segunda retroalimentación
 - ¿Cómo el nuevo implementador del proceso impacta en los resultados? ¿Por qué?
 - ¿Qué nos dice la variación en un proceso simple sobre la variación en un proceso más complejo?

Notas del facilitador

- Usar la variación sin los grupos y la variación entre los grupos como puntos de variación.
- La mayoría de los grupos marcaran al gotero para reducir la variación en los resultados.
- Las fuentes de variación del proceso incluye cuan duro es presionado el bulbo cuando se recoge el agua, y cuando se expulsa el agua, y los cambios en las condiciones del gotero de cómo se esté usando, etc.
- Señale que la variación de entrada podría incrementarse si cada equipo trabajara con un diferente fluido (agua, aceite, leche, etc.).
- Otra posible fuente de variación incluye la precisión del conteo de las gotas por los observadores del proceso (variación de medida).

5.6 Funciones dentro de la Organización

5.6.1 Dar-recibir (roles y expectativas del Seis sigma)

Descripción

Usando la matriz de trabajo que se encuentra en los anexos, los participantes definen las contribuciones requeridas y los beneficios esperados para funciones específicas de trabajo a través de una variedad de roles sin la iniciativa Seis Sigma.

Propósito

- Proveer una visión de los roles del Seis Sigma y la organización.
- Definir expectativas para la iniciativa total y el desempeño de proyectos individuales.

Tiempo requerido

30 – 40 minutos

- Ejercicio: 20 -25 minutos
- Retroalimentación: 10 – 15 minutos

Número de participantes

Cualquier número, grupos de 3 a 5 participantes funcionan bien.

Materiales

- Matriz de trabajo Dar-Recibir

Proceso

1. Proveer a cada participante con un matriz de trabajo.
2. Indicar a los participantes que ingresen para cada función de trabajo (fila,) las contribuciones esperadas (dar) a las actividades (columnas) y los beneficios (recibir) de las actividades.
3. Indique a los participantes que completen la matriz de trabajo con la mayoría de ítems que sea posible.
4. Retroalimente el ejercicio.

Preguntas de discusión

- ¿Para qué función de trabajo, las contribuciones y beneficios no están claras o definidas? ¿Qué puede hacerse para definir mejor las expectativas?
- ¿Existen algunas funciones de trabajo que estén significativamente desequilibradas entre las contribuciones y los beneficios? ¿Qué podría hacerse para mejorar ese equilibrio?

Notas del facilitador

- Recuerde a los participantes moverse rápido a través de los cuadros y no permanecer mucho tiempo en ninguno de ellos. Completar todos los cuadros que sean posibles.
- Detalle las funciones de trabajo de una organización específica o a la iniciativa del Seis Sigma, o alternativamente los participantes tuvieran que preparar una lista de funciones de trabajo.
- Este ejercicio es idealmente desempeñado por los participantes después de una introducción a la iniciativa del Seis Sigma y la organización.

5.6.2 Equipo de poker (liderazgo y toma de decisiones)

Descripción

Los participantes trabajan en pequeños equipos para intentar crear 5 manos de póker de 25 cartas seleccionadas aleatoriamente.

Propósito

- Ilustrar la dinámica de cómo el liderazgo emerge sobre equipos no estructurados.
- Demostrar los impactos del liderazgo en el desempeño del equipo.
- Explorar las alternativas de la toma de decisiones.

Tiempo requerido

- Ejercicio: 20 minutos
- Retroalimentación: 20 minutos

Número de participantes

Equipos de 3 a 7 participantes (este puede ser jugado con un solo equipo, pero al jugar con varios equipos se crea una atmosfera competitiva que energiza el ejercicio).

Materiales requeridos

- Cartas de juego (1 mazo por equipo)

Proceso

1. Dividir a los participantes en equipos de 3 a 7 personas.
2. Explicar los objetivos y procedimientos a los participante:
 - Cada equipo se repartirá así mismos, 25 cartas aleatorias de un mazo barajado.
 - El objetivo del equipo es crear 5 manos de las 25 cartas lo más rápido posible.

- Una mano de cartas consiste en 5 cartas que hacen: color (todas las cartas de un mismo color), escalera (cartas en secuencia), (full house, tres cartas iguales más dos iguales), o una carta con cuatro iguales.
 - Hay dos fases: planificación (10 minutos) e implementación (10 minutos).
 - Los equipos pueden intercambiar cartas por una nueva, aleatoriamente se negocia una carta con una penalización de 15 segundos por cada carta intercambiada.
 - Los equipos deben comunicar al facilitador cuando hayan alcanzado su objetivo. Opcionalmente puede ofrecerse un premio para el equipo que complete el ejercicio en el más corto y ajustado tiempo.
3. Iniciar la fase de planificación. Los equipos deberán jugar con las cartas durante este tiempo.
 4. Al final de los 10 minutos, pedir a los equipos que barajen las cartas y se repartan 25 cartas cada uno.
 5. Comenzar la fase de implementación.

Preguntas de discusión

- ¿El equipo tiene un plan efectivo?
- ¿El equipo hizo un buen uso de sus recursos (estuvieron todos involucrados)?
- ¿Cómo se tomaron las decisiones?
- ¿Cómo impactó la presión del tiempo en la toma de decisiones del equipo y su efectividad?
- ¿Cómo se manejó el liderazgo en el equipo? ¿Cómo impactó el liderazgo en el desempeño del equipo?

Notas del facilitador

- Cinco manos casi siempre pueden hacerse de 25 cartas seleccionadas aleatoriamente y el intercambio de cartas casi nunca es necesario.
- Una persona familiarizada con la tarea puede completarla en menos de 2 minutos y la mayoría de equipos pueden hacerlo en menos de los 10 minutos permitidos.

5.7 Fase de Mejoramiento de Procesos

5.7.1 Malabares en el zoológico (Lluvia de ideas para mejorar el proceso)

Descripción

Un ejercicio fácil y físicamente leve de realizar, donde los participantes definen un proceso pasando un animal (peluche) a cada equipo en un orden particular para luego hacer una lluvia de ideas e implementar las mejoras al proceso.

Propósito

- Alentar a los participantes a pensar ampliamente durante el proceso de la lluvia de ideas para mejoras.
- Explorar la dinámica de la lluvia de ideas e implementar las ideas con la configuración del equipo.
- Demostrar cómo el cliente define la calidad.

Tiempo requerido

- 20 minutos para la preparación y el ejercicio.
- 20 minutos de retroalimentación.

Materiales

- 3 animales (peluches)
- Cronómetro

Número de participantes

10 – 25 personas

Proceso

1. Pedir a los participantes que se coloquen en círculo.
2. Lanzar unos de los animales a otro participante. Recordar a cual participante se lanza el animal.
3. Pedir al participante que lance el animal a otro y que recuerden a quienes lo lanzaron.

4. Continuar hasta que todos los participantes hayan lanzado y recibido el animal una vez. Nadie puede tener el animal por más de una vez.
5. Cuando el animal llegue a la última persona, esta debe regresárselo al facilitador.
6. Decir a los participantes que lo que acaban de realizar es definir un proceso. Pedir a los participantes que repitan el proceso lanzando el animal en el mismo orden.
7. Lanzar el animal a la primera persona y repetir el proceso.
8. Pedir que repitan el proceso y agregar un animal más al flujo del proceso, lanzando el segundo animal inmediatamente después del primero. Adicionar un tercer animal antes de que el primero regrese al facilitador.
9. Ahora que los participantes saben que tienen tres animales, repetir el proceso. Iniciar el proceso lanzando el primer animal y enseguida el segundo y después el tercero. Retar a los participantes a completar el proceso lo más rápido que les sea posible y tomarles el tiempo con un cronometro.
10. Cuando los tres animales hayan regresado al facilitador, explicar que el facilitador es un cliente y que su tarea es pasar los 3 animales en el mismo orden a cada persona en el grupo. Decir a los participantes que la calidad está definida por seguir el orden correcto, asegurándose de no dejar caer a los animales.
11. Decir a los participantes el tiempo que marcaron en el último proceso.
12. Decirles que tienen tres rondas de práctica y que deben avisar cuando deben ser cronometrados.
13. En cada práctica, alentar a los participantes a mejorar.
14. Después de haber sido cronometrados por tres veces, felicitarlos por sus logros y continuar a la retroalimentación.

Preguntas de discusión

- ¿Están satisfechos con los resultados de su equipo?
- ¿Creen que su definición de calidad coincide con la calidad estándar establecida por el cliente?
- ¿Qué pensamientos permitieron que el equipo mejore al máximo?
- ¿Qué hizo el equipo para alentar nuevas ideas?

- ¿Qué hizo el equipo para desalentar nuevas ideas?
- ¿Se consideraron todas las ideas, o hubieron algunas ignoradas o pasadas por alto?
- ¿Cómo es el ambiente de la lluvia de ideas en este ejercicio, similar o diferente de los proyectos de Seis Sigma en los que están trabajando?

Notas del facilitador

- Por motivos de seguridad, recuerde a los participantes que deben asegurarse que la persona a las que lanzan el animal les estén prestando atención antes de lanzar.
- Durante la lluvia de ideas, algunos participantes estarán preocupados por conocer los estándares de calidad y preguntaran por las reglas. Si preguntan, solamente reitera las instrucciones dadas. Esto permite al grupo experimentar la dinámica de que una persona observa las reglas y definiciones de la calidad de forma diferentes que otras.
- En general, permita al grupo que determine si han conocido los estándares de calidad. El facilitador solamente deberá reglamentar el ejercicio en caso de presentarse violaciones exageradas.
- Alentar a los participantes a que se tomen un tiempo para planificar si es que no lo han hecho.
- Observar si todas las ideas son consideradas o si son ignoradas. Frecuentemente, las personas calladas tienen buenas ideas pero son ignoradas porque hay participantes más bulliciosos que dominan la sesión de la lluvia de ideas.
- Casi todos los equipos reducen los errores y mejoran su tiempo en cada intento.
- Algunos equipos son muy creativos y completan el proceso en pocos segundos.

5.7.2 Juguera creativa (Generando soluciones creativas)

Descripción

En este ejercicio los participantes usan una variedad de técnicas de pensamiento creativas (pensamiento inverso, asociación de palabras aleatorias y metáforas) en conjunción con pensamientos críticos y de soporte para generar ideas que resuelvan un problema en particular.

Propósito

- Enseñar a los participantes utilizar técnicas de pensamiento creativo a través de la práctica y la experiencia.
- Ayudar a los participantes a entender el impacto del pensamiento crítico y de soporte a la hora de generar una idea.

Tiempo Requerido

- Ejercicio: 45 minutos
- Retroalimentación: 30 minutos

Número de participantes

Grupos de 3 a 7

Materiales requeridos

- Una taza
- Tiras de papel con palabras

Proceso

1. Organice los participantes en pequeños grupos de 3 a 7
2. Pedir a cada grupo que seleccionen a un registrador
3. Presentar al grupo un problema para resolver. Algunos ejemplos:
 - Congestión vehicular en la autopista
 - El aumento de costos en el cuidado de la salud
 - Destrucción de la selva

Los grupos harán 3 sesiones de generación de ideas usando 3 diferentes técnicas de pensamiento creativo y 3 diferentes procesos de retroalimentación. Permita 15 minutos por cada sesión

Sesión 1: Pensamiento inverso y no retroalimentación

Pedir a los participantes que hagan una lluvia de ideas y registren soluciones creativas usando la técnica del pensamiento inverso. Explicar que el pensamiento inverso es usar pensamientos sobre cómo hacer el problema más grave con la intención de generar ideas sobre cómo mejorarlo. Por ejemplo, para resolver la congestión de la autopista, se debería generar ideas en cómo hacerla peor y luego se verá si es que esas ideas inspiran ideas creativas en cómo mejorar. También decir a los participantes que no están permitidos a retroalimentar ni positiva ni negativamente sobre las ideas generadas. Tienen 15 minutos para hacer una lista de soluciones creativas usando esta técnica.

Al final del tiempo permitido, pedir a los participantes que detengan la discusión y pongan a un lado sus listas de soluciones.

Sesión 2: Asociación de palabras aleatorias y retroalimentación crítica

Pedir a los participantes que hagan una lluvia de ideas y registren las soluciones creativas usando la técnica de asociación de palabras aleatorias. Explicar que la asociación de palabras aleatorias involucra utilizar palabras seleccionadas aleatoriamente para generar soluciones creativas. Digamos que se utiliza un diccionario. Entonces, se haría una lista con todos los atributos o asociaciones que el diccionario trajera a la mente. El próximo paso es ver como cada uno de los ítems en la lista podrían aplicar para el problema. Además, decir a los participantes que están autorizados a proveer de retroalimentación crítica (por qué la idea no funcionaría) sobre las ideas generadas. Tienen 15 minutos para hacer una lista de soluciones creativas utilizando esta técnica.

Poner tiras de papel con una palabra en cada una en una taza y cada grupo tiene que elegir una palabra. Las palabras deben ser sustantivas. Aquí están algunos ejemplos:

Huevo	Taza
Libro	Tarjeta
Agua	Llanta
Banana	Sombrero
Fotografía	Edificio

Al final del tiempo permitido, pedir a los participantes que detengan la discusión y pongan a un lado sus listas de soluciones.

Sesión 3: Metáforas y retroalimentación de soporte

Pedir a cada grupo que realice una lluvia de ideas y registre las soluciones creativas usando la técnica de la metáfora. Explicar que la técnica de la metáfora es pensando en metáforas (nuestro problema es como...) para su problema con la intención de generar ideas sobre cómo mejorarlo. Por ejemplo, para resolver la congestión de la autopista, se debería pensar en que “la autopista es como un río”. Entonces se debe pensar en cómo fluyen los ríos para mejorar la congestión de la autopista. Además, decir a los participantes que ellos solamente están permitidos a realizar una retroalimentación de soporte (por qué la idea funcionaría) sobre las ideas que fueron generadas. Tienen 15 minutos para hacer una lista con soluciones creativas utilizando esta técnica.

Al final del tiempo permitido, pedir a los participantes que detengan la discusión y pongan a un lado sus listas de soluciones.

Preguntas de discusión

Retroalimentar en pequeño grupos

- ¿Cuál lista de soluciones es la más creativa?
- ¿Cuáles soluciones tienen el mayor potencial para resolver el problema?
- ¿Cuán efectivamente cada técnica de pensamiento creativo produce soluciones?

- ¿Cómo afecta a los resultados la regla de la retroalimentación en cada sesión?

Notas del facilitador

- Este ejercicio puede hacerse utilizando problemas reales que los participantes estén atravesando. Siempre y cuando los participantes estén típicamente más abiertos a aprender nuevas formas de pensamiento. Si es que los participantes están discutiendo algo que es más abstracto que algo por lo que están personalmente atravesando.
- Como una alternativa, se pueden asignar diferentes problemas a diferentes grupos o diferentes problemas a cada técnica.
- Durante la sesiones de generación de ideas, observe a los grupos y refuerce la regla de retroalimentación aplicable para cada sesión.
- Como alternativa para la sesión de asociación de palabras aleatorias, se puede pedir a los grupos que miren el periódico (si es que está disponible) y usen la primera palabra que lean. Es importante que se use la primera que lean para que sea aleatorio.
- Observe cuando los grupos discuten cuales soluciones pueden realmente solucionar el problema. Comparta sus observaciones con los grupos.
- Como retroalimentación adicional, puede pedir a los grupos pequeños que compartan sus respuestas con el grupo más grande. Esto es muy útil especialmente cuando alguno de los grupos pequeños tiene problemas para generar ideas.

5.8 Fase de Control

5.8.1 Descomponerlo (Documentación del proceso individual)

Descripción

En este ejercicio de documentación del proceso, los individuos documentan un proceso y luego reciben una retroalimentación por otra persona en la claridad de su documentación.

Propósito

- Enseñar a los participantes a definir y articular paso discretos en un proceso.
- Demostrar la dinámica de comunicar un proceso a otra persona.
- Demostrar cómo los procesos pueden ser más complejo de lo que comúnmente se percibe.

Tiempo requerido

45 minutos

- 10 minutos para preparar y completar la hoja de trabajo
- 20 minutos para la sesión de aclaración del entrenador
- 15 minutos para retroalimentar

Número de participantes

Trabajar en parejas

Materiales requeridos (computadora)

- Hojas de trabajo con los paso del proceso (ver abajo).

Proceso

1. Pedir a los participantes que piensen en una tarea o proceso con el cual estén familiarizados y competentes.
2. Presentar la hoja de trabajo con los pasos del proceso. Explicar que los participantes están para listar las entradas y salidas de la tarea o proceso y los pasos requeridos para completar esa tarea o proceso.
3. Permitir a los participantes completar la hoja de trabajo por 5 minutos. Anunciar una actualización del tiempo cuando falte un minuto.
4. Cada participante debe seleccionar una pareja para trabajar. Indicar a las parejas que se turnen para revisar la hoja de trabajo con los pasos del proceso de cada uno y explore los siguientes problemas:
 - ¿La hoja de trabajo define claramente el inicio y final de los eventos?
 - ¿La hoja de trabajo es lo suficientemente clara para permitir que alguien no familiarizado con la tarea o proceso pueda completarla?

- ¿Cómo puede ser más entendible al leer la hoja de trabajo, útil y completada por alguien no familiarizada con la tarea o proceso?
5. Permitir 20 minutos para la discusión.
 6. A la mitad del tiempo permitido, recuerde a los participantes que sean buenos administradores del tiempo y permita a cada persona la oportunidad de retroalimentar.

Preguntas de discusión

Retroalimente como grupo usando las preguntas a continuación (aproximadamente 15 minutos):

- ¿Fue fácil o difícil identificar las entradas, salidas y pasos del proceso de la tarea o proceso con la que está familiarizado?
- ¿Cuán fácil o difícil fue para otra persona no familiarizada con el proceso o tarea entender las entradas, salidas y procesos que usted identificó?
- ¿La perspectiva sobre su lista de pasos de su pareja difirió mucho de la suya o ayudó a aclarar los pasos que usted identificó?
- ¿Cómo haría más entendible y útil su documentación?

Notas del facilitador

- Si los participantes están cortos en ideas, sugiera que hagan sobre atar un zapato o fabricar un avión de papel.
- Los participantes frecuentemente experimentan dificultades en explicar aun cuando son tareas simples.
- Las ideas que pueden mejorar la documentación incluyen gráficas y fotografías, diagramas de flujo, contextos, que hacer en caso de errores y una clara descripción del estado final.

5.9 Comportamientos de un Equipo de Trabajo

5.9.1 Clue (Equipo versus metas individuales)

Descripción

Este es un ejercicio de resolución de problemas reminiscente a un juego popular de pizarra en el cual los participantes deben trabajar juntos para resolver un misterio.

Propósito

- Explorar el problema de competitividad versus el comportamiento cooperativo de los equipos.
- Explorar cómo las metas individuales versus las metas grupales pueden afectar la efectividad del equipo.

Tiempo requerido

30 minutos

Número de participantes

10 a 50 participantes

Materiales requeridos (computadora)

Hojas de pistas (cada hoja de pistas debe tener todo un preámbulo además de una o varias pistas. Para grupos de 13 o más participantes (hay 13 pistas) una hoja de pistas es apropiada. Grupos más pequeños requieren que algunos participantes reciban más pistas. Toda la información sobre las pistas debe ser diseminada para el ejercicio.

Preámbulo

- Un asesinato ha tomado lugar en donde no existen testigos.
- Su objetivo: determinar quién lo hizo, en qué cuarto y con qué arma.

Los sospechosos

- Sra. Peacock
- Col. Mustard

- Sra. White
- Srta. Scarlet
- Profesor Plum
- Reverendo Green

Localidades

- Sala de estar
- Comedor
- Cocina
- Conservatorio
- Cuarto de billar
- Biblioteca

Armas

- Cuchillo
- Candelabro
- Llave inglesa
- Cuerda
- Tubo
- Revolver

Las pistas

Cuando sucedió el asesinato:

1. La Sra. Peacock estaba en la cocina.
2. La Sra. White estaba en la biblioteca.
3. Reverendo Green estaba en la biblioteca.
4. Col. Mustard estaba en la cocina.
5. La Srta. Scarlet estaba en el cuarto de billar.
6. El asesinato no ocurrió en el cuarto de billar.
7. El Profesor Plum no estaba en el conservatorio.
8. El asesinato no ocurrió en el comedor.
9. El cuchillo estaba en la cocina.

10. Col. Mustard tenía un revolver.
11. El tubo estaba en la librería.
12. La Srta. Scarlet tenía la cuerda.
13. El reverendo Green estaba usando la llave inglesa.

Proceso

1. Distribuir una hoja de pistas a cada participante, asegúrese de que las 13 pistas estén repartidas.
2. Lea el preámbulo en voz alta. Diga a los participantes que cada persona tiene una o varias pistas que ayudaran a resolver el misterio y que tienen 15 minutos para intercambiar información.
3. Indicarles que avisen al instructor cuando crean que tienen la respuesta correcta.
4. El ejercicio está completo cuando alguien resuelve correctamente el misterio.
5. Ofrezca un premio para la primera persona que resuelva el misterio.
6. Empiece el ejercicio. Dar un recordatorio del tiempo cuando falten 5 minutos y en cada minuto posterior.
7. Cuando alguien haya llegado a la respuesta correcta, detenga el ejercicio y proceda a las preguntas de discusión.

Preguntas de discusión

- ¿Los participantes comparten abiertamente la información?
- ¿Los participantes se comprometen entre ellos con tácticas de negociación para incrementar su propia información y limitar a los demás?
- ¿Los participantes dan información falsa a los demás?
- ¿Cómo afecta el incentivo de premio en el comportamiento de los participantes?
- ¿La meta del ejercicio fue percibida como individual o grupal? ¿Por qué?
- ¿Qué puede hacer tu equipo para evitar comportamientos grupales destructivos, y competitivos?

Notas del facilitador

- Solución: Profesor Plum en la sala de estar con el candelabro.

- El premio enfatiza el potencial competitivo natural de este ejercicio y puede traer comportamiento que afectan a la efectividad del equipo.
- Los participantes frecuentemente perciben el objetivo del ejercicio como una meta individual, incluso cuando no ha sido establecida de esa manera.
- El premio para la primera persona en resolver el misterio puede representar un sistema de incentivos basados individualmente que están presentes en muchas organizaciones.

CONCLUSIONES

- Al realizar la investigación de este trabajo se obtuvo como resultados las bases conceptuales y metodológicas orientadas a la eliminación de cualquier desperdicio y variabilidad de los procesos dentro de una empresa de manufactura o servicios.
- Al diseñar y simular actividades los estudiantes podrán realizar ejercicios prácticos en los cuales se obtendrán resultados para identificar, evaluar y gestionar los componentes de la cadena de valor de una empresa, fomentando así el trabajo en equipo y la gestión de procesos de manufactura y/o servicios.
- Al contar con los elementos e instructivos de cada herramienta, el instructor y estudiantes podrán identificar cada metodología y herramienta, con las instrucciones y pasos a seguir durante el desarrollo de cada juego y taller didáctico.

BIBLIOGRAFÍA

- BICHENO, J.** (2010). *The Lean Games Book*. Buckingham: PICSIE Books.
- CHEN, C., & Roth, H.** (2005). *The Big Book of Six Sigma Training Games*. New York: McGraw-Hill.
- GEORGE, M. L.** (2002). *Lean Six Sigma: Combining Six Sigma Quality with Lean Production Speed*. New York: McGraw-Hill.
- HIRANO, H.** (2000). *Poka-Yoke. Primera Edición*. Mexico: Productivity.
- ITESM Campus Monterrey.** (2002). *9 aspectos claves para un ambiente de calidad en el trabajo*. Mexico: Monterrey, N.L.
- JAMES P. Womack, D. T.** (1991). *The Machine That Changed The World: the Story of Lean Production*. USA: First Harper Perennial.
- PETER S. Pande, R. P.** (2004). *Las Claves Prácticas de Seis Sigma*. Madrid: McGrawHill.
- PYZDEK, T.** (2009). *The Six Sigma Handbook*. Mexico: McGraw-Hill.
- SOCONNINI, L.** (2008). *Lean Manufacturing Paso a Paso*. Mexico: Grupo Editorial Norma.
- VILLASEÑOR, Alberto. G. E.** (2007). *Manual de Lean Manufacturing*. Mexico: Limusa.
- WILSON, L.** (2010). *How to Implement Lean Manufacturing*. New York: Mc Graw Hill.

REFERENCIAS DIGITALES

HERNANDEZ Matias, J. C., & Vizan Idoipe, A. (2013). *Lean Manufacturing Conceptos, tecnicas e implementacion* . Obtenido de Escuela de organizacion industrial Universidad Politecnica de Madrid:
http://api.eoi.es/api_v1_dev.php/fedora/asset/eoi:80094/EOI_LeanManufacturing_2013.pdf

LEANROOTS. (2010). *LEANROOTS*. Obtenido de LEANROOTS:
<http://www.leanroots.com/ANDON.html>

SANCHEZ, R. (13 de 12 de 2013). *Estrategia y comando gerencial*. Obtenido de Estrategia y comando gerencial:
<http://estrategiaycomandogerencial.blogspot.com/2013/12/el-gerente-de-planta-geek-2iphone-hoy.html>

UDA. (s.f.). *Escuela de Ingenieria de Produccion y Operaciones*. Obtenido de [//www.uazuay.edu.ec/servicios/facultades/pensum_sis_nuevo.php?id=T\[ZFN_F%3C;;FA?A](http://www.uazuay.edu.ec/servicios/facultades/pensum_sis_nuevo.php?id=T[ZFN_F%3C;;FA?A)

YEPES, M. A. (16 de Noviembre de 2013). *WIRC Lean Manufacturing*. Recuperado el 4 de Mayo de 2014, de <http://leanmanufacturingunal.blogspot.com/2013/11/los-beneficios-del-lean-manufacturing.html>

ANEXOS

Anexo 1

Lean JIT J&J ShipTecGame (Justo a Tiempo)

HOJA DE DESCRIPCIÓN DE MATERIALES

Modelo	Diseño +Detalles	Tipo de Hoja	Ventana(s)	Bandera
Acrópolis 101		A4 Size B10X		
Cabelas 102		A4 Size B10X		
Pandora 201		A4 Size B201		
Verona 301		A4 Size B301		

Anexo 2

DESCRIPCIÓN DE MODELOS DE BARCOS

Modelo	Diseño + Detalles
Acrópolis	
Cabelas	
Pandora	
Verona	

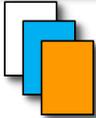
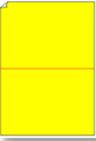
Anexo 3

HOJA DE ESPECIFICACIONES – INSPECCIÓN DE CALIDAD

Materiales						
Modelo	B10X	B201	B301	W102	W301	F123
Color	Blanco	Azul	Tomate	Negro	Cafe	Negro + Logo
Ancho	21 cm	21 cm	21 cm	1,5 cm	3 cm	4 cm
Alto	29,7 cm	29,7 cm	29,7 cm	1,5 cm	1,5 cm	3 cm
Tolerancia	+/- 1 mm	+/- 1 mm	+/- 1 mm	+/- 0,5 mm	+/- 0,5 mm	+/- 0,5 mm

Anexo 4

HOJA DE INSTRUCCIÓN DE TRABAJO – PRODUCCIÓN PASO 1

	ENTRADA Materiales: B10X → Blanco B201 → Azul B301 → Tomate	IMPORTANTE: Cada vez que se realice un cambio en el modelo o color de hoja, se deberá realizar un set up en base a las instrucciones de producción #1.
	Tomar el papel del modelo requerido. Producto: 101 y 102 → Blanco Producto: 201 → Azul Producto: 301 → Tomate Una vez que se tenga el color de hoja requerida, doblar la parte superior hacia abajo en el medio	
	Identificar la línea central de plegado por el lado izquierdo en el lado derecho y desplegado	
	SALIDA WIP de Producción II	

Anexo 5

HOJA DE INSTRUCCIÓN DE TRABAJO – PRODUCCIÓN PASO 2

	<p>ENTRADA WIP de Producción I HERRAMIENTAS: Esferos, Reglas, Tijeras</p>	<p>SALIDA WIP de Producción III</p>
	<p>Doblar hacia abajo los dos triángulos superiores como se muestra en la línea roja</p>	
	<p>Como resultado obtendremos esta figura</p>	
	<p>En la parte inferior doble la tira superior hacia arriba en la línea roja</p>	
	<p>Con el esfero y la regla, marque una línea pequeña de la parte superior de 5mm</p>	
	<p>Cortar con las tijeras la parte superior marcada con línea roja</p>	

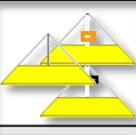
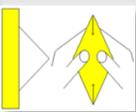
Anexo 6

HOJA DE INSTRUCCIÓN DE TRABAJO – PRODUCCIÓN PASO 3

	<p>ENTRADA WIP de Producción II Materiales W102 → Negro W301 → Café HERRAMIENTAS Esferos, Reglas, Tijeras, Pegamento</p>	<p>Añadir la ventana requerida debajo de la línea roja. Producto: 102 (Blanco) → 2 Ventanas Negras Producto: 301 (Tomate) → 1 Ventana Café</p>
	<p>Doblar los dos triángulos pequeños a la izquierda y derecha hacia atrás para hacerlos desaparecer</p>	<p>SALIDA WIP de Producción IV</p>
	<p>Obtendremos esta figura</p>	
	<p>Doblar la parte inferior hacia arriba hasta obtener esta figura</p>	
	<p>Utilice el pegamento para fijar las tiras al cuerpo del barco</p>	
	<p>Si se requiere añadir ventanas, medir desde la parte superior 1.5 cm y marcar la punta</p>	<p>IMPORTANTE: Cada vez que se requiera colocar cada tipo de ventana es necesario realizar un Set-up</p>

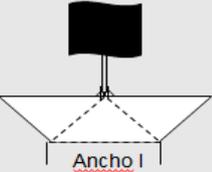
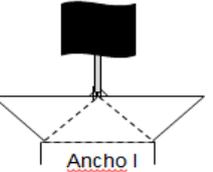
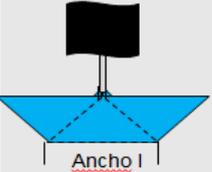
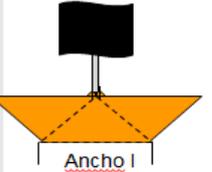
Anexo 7

HOJA DE INSTRUCCIÓN DE TRABAJO – PRODUCCIÓN PASO 4

	ENTRADA WIP from Producción III		Abrir el sombrero para formar una figura de rombo
			Tirar de las esquinas superiores de los triángulos en la dirección de las flechas.
	Gire los extremos inferiores de cada lado a 90 grados y abrirlo, los pulgares deben estar dentro.		Tirar de las esquinas superiores de los triángulos en la dirección de las flechas, tanto como sea posible hasta formar la figura de un barco
	Se obtendrá como resultado esta figura	SALIDA WIP de Producción IV	
	Doblar el triángulo inferior hacia adelante y hacia arriba de la línea roja		
	So obtendrá como resultado esta figura		
	Tomar el triángulo inferior y doblarlo encima de el triángulo superior, como resultado obtendremos una especie de sombrero		

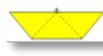
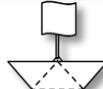
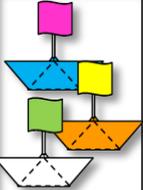
Anexo 8

HOJA DE CONTROL DE ESPECIFICACIONES – PRODUCCIÓN PASO 5

Producto Terminado				
Modelo	101	102	201	301
Ancho I	11,1 cm	11,1 cm	11,1 cm	11,1 cm
Ancho I Tolerancia	+/- 2 mm	+/- 2mm	+/- 2 mm	+/- 0,1 mm
Ubicación de Ventana	N/A		N/A	
Separación de Ventana	N/A	5 mm	N/A	N/A
Tolerancia de Separación	N/A	+/- 1 mm	N/A	N/A

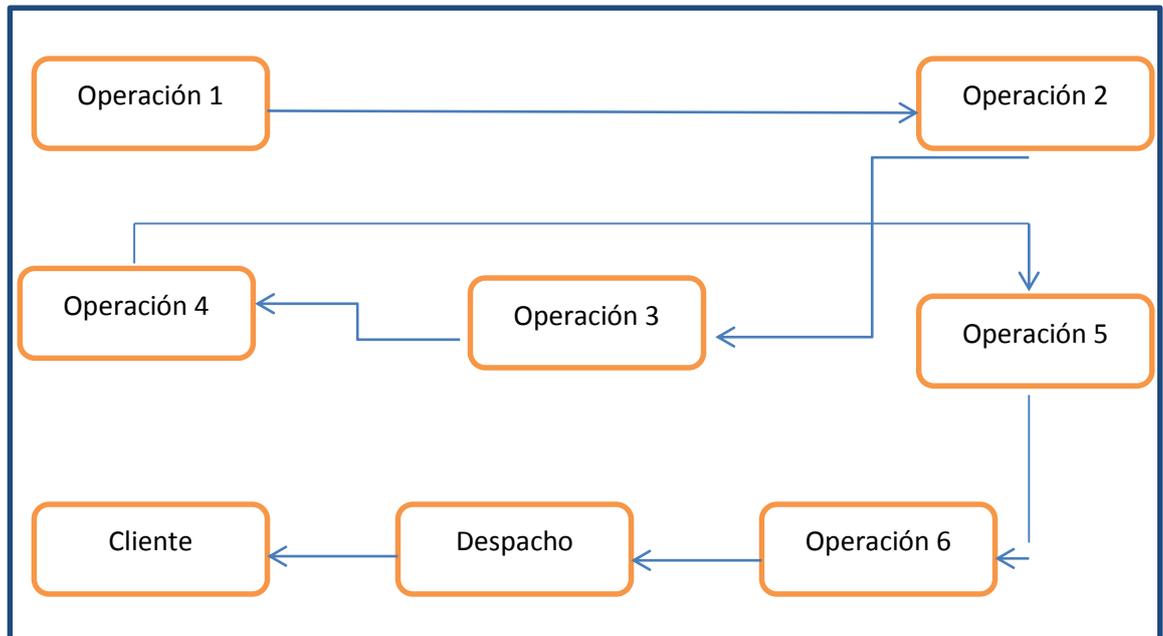
Anexo 9

HOJA DE INSTRUCCIÓN DE TRABAJO – PRODUCCIÓN PASO 6

	<p>ENTRADA WIP de Producción IV Material F123 Herramienta: Regla</p>	<p>IMPORTANTE: La persona encargada de el proceso de Producción 5, es también el responsable de realizar la inspección final del producto. →Con el fin de realizar la inspección final, siga las instrucciones del plan de control</p>
		
	<p>Estirar el barco tanto a la derecha y a la izquierda para obtener una base sólida.</p>	
	<p>Tomar una bandera y colocar en la parte superior del barco. Obtendremos esta figura.</p>	
		
	<p>SALIDA Producto Terminado</p>	

Anexo 10

JIT – Layout Inicial



Anexo 11

Requerimientos Del Cliente

- La primera entrega se la debe realizar a los 3 minutos.
- A los 2 minutos el cliente debe lanzar ambos dados y a partir de cada minuto que pase.
- El primer dado lanzado, indicará el número de lote que se deban producir en el próximo minuto.
- El segundo dado indicará el tipo de barco que deba ser fabricado.
- El lead time será de 60 segundos.
- Los pedidos que lleguen atrasados o fuera el tiempo especificado serán a consideración del cliente su uso o devolución.
- Realizar esta etapa hasta un tiempo de 12 minutos

Anexo 12

Instrucciones para el rol “despacho”

- El papel principal es proporcionar al cliente los requerimientos solicitados.
- Mantener un registro de todos los pedidos recibidos
- Contar con un registro de todas las órdenes que usted no es capaz de cumplir. Anote el número de barcos que no se hayan cumplido.
- Los pedidos por piezas también son permitidos.
- Ordenes fuera de tiempo establecido no serán recibidas.

Anexo 13

Notas sobre el juego

- Número de aviones no entregados
- Número total de WIP y productos terminados al final del juego.
- Número de barcos rechazados por problemas de calidad.
- Número de jugadores
- Nota: final (final) el inventario debe ser por lo menos tanto como el inventario inicial, con el fin de asegurar la continuidad; Es decir el inventario significa WIP y productos terminados. Si el inventario final es inferior al inventario inicial, el número se deducirá de barcos totales entregados.

Anexo 14

Hoja de Resultados: Ronda 1

Minutos	Núm. Órdenes Recibidas	Núm. Órdenes Pedidas
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		
11		
12		

Resultados Ronda 1	
Núm. De jugadores	
Pedidos no entregados	
WIP final	
WIP inicial	
Inventario total	

Nota: Si el inventario final es menor que el inventario inicial, la diferencia se debe agregar al número de barcos que no se hayan entregado, esto debido a razones de continuidad

Nota: Ordenes fuera de tiempo no serán aceptadas

Anexo 15

Hoja de Resultados: Ronda 2		
Minutos	Núm. Órdenes Recibidas	Núm. Órdenes Pedidas
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		
11		
12		

Resultados Ronda 2	
Núm. De jugadores	
Pedidos no entregados	
WIP final	
WIP inicial	
Inventario total	

Nota: Si el inventario final es menor que el inventario inicial, la diferencia se debe agregar al número de barcos que no se hayan entregado, esto debido a razones de continuidad

Nota: Órdenes fuera de tiempo no serán aceptadas

Anexo 16

Hoja de Resultados: Ronda 3		
Minutos	Núm. Órdenes Recibidas	Núm. Órdenes Pedidas
1		
2		
3		
4		
5		

Resultados Ronda 3	
Núm. De jugadores	
Pedidos no entregados	
WIP final	
WIP inicial	

6			<table border="1"> <tr> <td>Inventario total</td> <td></td> </tr> </table> <p>Nota: Si el inventario final es menor que el inventario inicial, la diferencia se debe agregar al número de barcos que no se hayan entregado, esto debido a razones de continuidad</p> <p>Nota: Ordenes fuera de tiempo no serán aceptadas</p>	Inventario total	
Inventario total					
7					
8					
9					
10					
11					
12					

Anexo 17

<p>Inspecciones de Calidad</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Controlar los parámetros de calidad de acuerdo con las especificaciones de cada barco. ▪ Marcar con un adhesivo si es que el barco se cumple los parámetros de calidad o si es que no cumple. ▪ En caso de recibir un barco fuera de especificación, este debe ser marcado y desechado. ▪ No se debe realizar un re trabajo.

Instrucciones del Jugador – Ronda 1

- Recopilar la materia prima o las partes en proceso de la elaboración de barcos del proceso previo en lotes de 6.
- Realizar los pasos correspondientes a las hojas estandarizadas de proceso.
- Colocar los barcos o partes del mismo en el área de salida de producto final.

Actividades de Mejora

- Identificar y eliminar los desperdicios.
- Realizar el mapeo de procesos.
- Implementar cambios propuestos.

- Se puede sugerir cualquier tipo de cambio, excepto el diseño de los barcos y los requerimientos del cliente.
- Se debe empezar el ejercicio nuevamente sin ningún inventario.
- El instructor indicará el tiempo requerido para proponer e implementar cambios o mejoras.

Posibles Cambios y Mejoras

- Diseño de layout.
- Flujo de una pieza
- Pull, Kanban, DBR, CONWIP
- Tiempos perdidos
- Auto inspecciones de calidad
- Takt time $60/3.5 = 17.1$ segundos, indicar que se utilizará 15 segundos
- Balanceo de líneas
- Reasignación de recursos
- Indicadores visuales
- Resolución de problemas
- PokaYoke

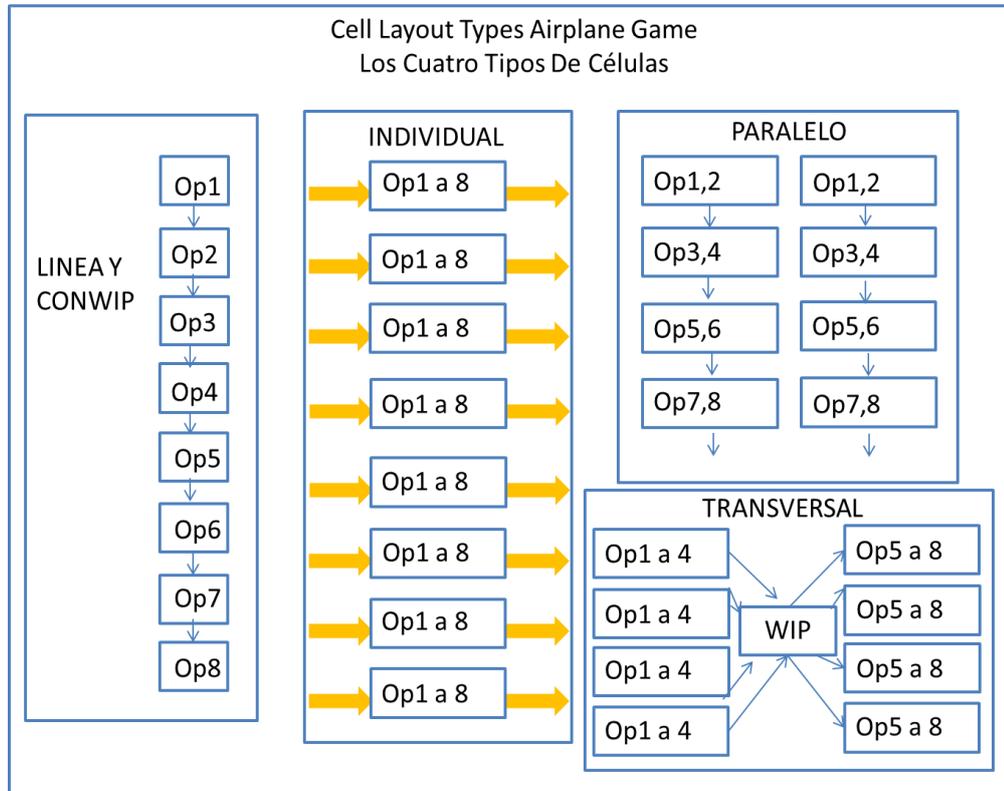
Tipos de Layout

En 12 minutos, construir e inspeccionar los barcos de acuerdo con cada uno de los siguientes tipos:

- Todos los jugadores deberán construir e inspeccionar individualmente cada barco.
- Formar dos equipos: el primer equipo construirá la mitad del barco individualmente en un diseño paralelo con el segundo equipo el cual completará la otra mitad del barco con un sistema WIP.
- Dos líneas paralelas de ensamble, con instrucciones de trabajo individuales en una célula de trabajo de tipo U o X.
- Una sola línea de ensamble, con instrucciones de trabajo.

Anexo 18

Cell Layout Types Airplane Game (Células de Manufactura)



Anexo 19

TABLA DE CONSIDERACIONES

Tipos >	Línea de Ensamble de ciclo corto	Personas que realizan la tarea completa	Dos líneas paralelas, cada una con un mayor contenido de trabajo	Dos grupos. Cada jugador realiza la mitad del trabajo. WIP entre grupos
Consideraciones	Línea de Ensamble Tradicional y CONWIP			
V				
Productividad				
Entrenamiento				
Inventario				

Revisión				
Trazabilidad				
Tiempo Perdido				
Calidad				
Herramientas				
Supervisión				

Anexo 20

SquaresGame

Instrucciones del Jugador

A cada jugador se le entrega un sobre con pedazos de papel.

Indicar a los jugadores que comprueben que no existan piezas que queden en los sobres.

Se explicarán las siguientes reglas:

reglas:

- Durante el ejercicio se deberá guardar silencio.
- Los jugadores no deben construir cuadrados adicionales, o formar puestos de trabajo.
- Los jugadores de un grupo podrán donar piezas si es que lo ven conveniente.
- No utilizar ningún tipo de señalización.
- Los jugadores no podrán ayudar a otros grupos.
- El tiempo es ilimitado.
- El instructor debe comprobar que se mantienen las normas. El instructor debe recordar las reglas a los jugadores.
- Con el tiempo, todas las cinco plazas se completan a veces después de 15 minutos o así.

- Cuando exista más de un juego en curso, los grupos que completen la tarea deberán permanecer de pie alrededor de su puesto de trabajo pero manteniendo el silencio.
- Discutir y evaluar los resultados.

Anexo 21

ChangeoverReduction

Instrucciones del Jugador

- Se tendrá un lote completo al inicio del ejercicio, la tarea de los jugadores será el preparar el próximo cambio o ajuste, al cambió se considerará completo cuando se hayan completado cinco cuadrados de igual tamaño en cada puesto de trabajo. El centro del cuadrado debe contener el círculo marcado como “térmicamente tratado”.
- Considerar las instrucciones de la tarjeta de tratamiento térmico.
- Cada grupo de trabajo tendrá cinco sobres alrededor de su puesto de trabajo los cuales serán considerados como herramientas y dados al igual que cada grupo tendrá su tarjeta de tratamiento térmico.
- Cada equipo debe medir el tiempo y registrar la hora en la cual se termine el montaje de los cinco cuadrados, incluyendo el tratamiento térmico.
- Una vez que haya culminado el paso inicial, el instructor dará una breve retroalimentación sobre el proceso de cambio o ajuste.
- Colocar nuevamente las piezas en los sobres originales, y correctamente almacenados en cada tipo de sobre, ya sea “A” o “B”.
- Repetir nuevamente la operación de cambio o ajuste, pero esta vez se deberá documentar el tiempo y los pasos con un diagrama de procesos, eliminar las tareas que no sean necesarias, además de convertir los tiempos internos en externos para la eliminación de desechos y tiempos muertos.
- El contenido de los sobres pueden cambiar, pero las ubicaciones de los cinco sobres deben permanecer fijos.
- Documentar el procedimiento y elaborar un SOP.
- Presentar y discutir los resultados obtenidos.

Anexo 22

Instrucciones de Cambio o Ajuste

- Realizar el ensamble en un rectángulo exterior que contenga un rectángulo interior.
- El rectángulo interior estará constituido por varias piezas.
- El círculo requiere de un precalentamiento de 20 segundos antes de ser colocado en el círculo, una vez que esté caliente se deberá manipular únicamente con dos lápices en forma de pinzas.
- La flecha en el interior del círculo debe estar alineado con una línea trazada desde la esquina inferior izquierda del rectángulo interior a la esquina superior derecha del rectángulo interior.
- No se podrá utilizar cinta adhesiva ni grapas durante el proceso de cambio o ajuste.

Anexo 23

Preparación

- **Cortar los pedazos de papel y colocarlos en un sobre, se recomienda utilizar cartón en vez de papel.**
- **El círculo debe ser colocado en otro sobre, y ubicado a una distancia de 5m del primer sobre.**
- **La línea diagonal para la alineación con la flecha no debe ser dibujado en la hoja, el calentador para el círculo se muestra en una hoja aparte.**

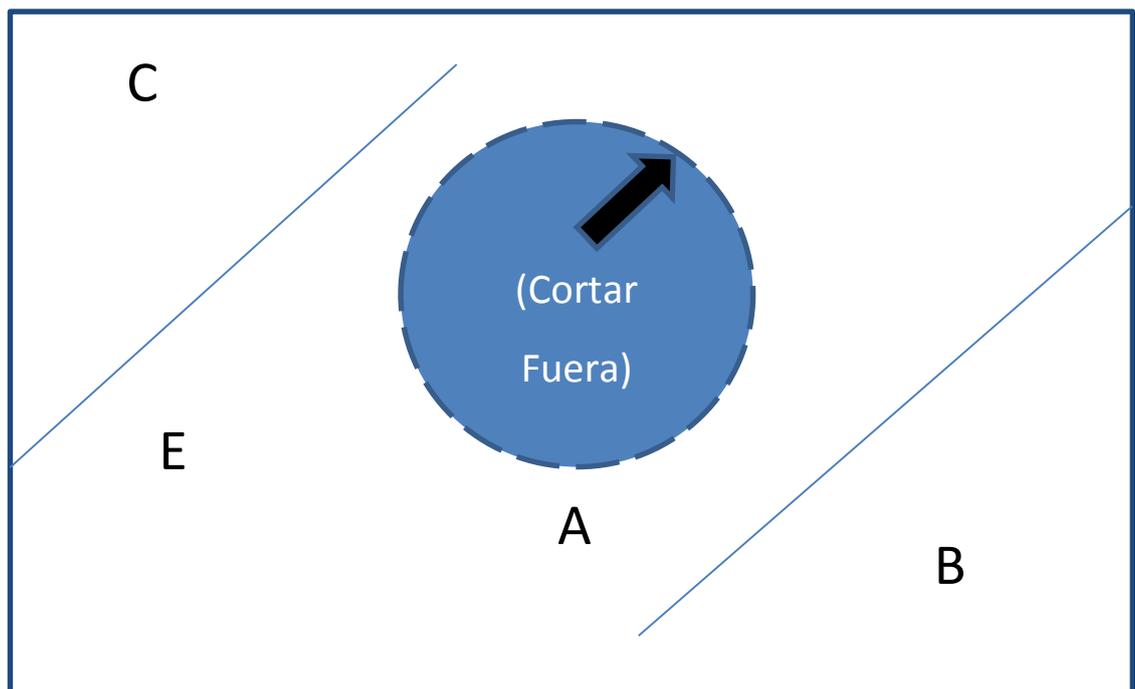
Anexo 24



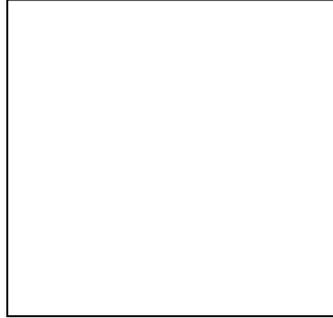
- Colocar el círculo en este calentador durante 20 segundos antes de la instalación, manejar el círculo con ambos lápices cuando esté caliente.
- Alinear la flecha con la esquina diagonal dibujada en la esquina.
- El círculo se mantendrá a una temperatura aceptable durante 20 segundos después de la calefacción.
- El cuadrado del calentador que contiene el círculo no se puede mover una vez iniciado el tratamiento térmico.

Anexo 25

Cuadrado Kanban (Kanban Square)



Uno de estos es requerido entre cada par de operadores.



El cuadrado podría contener un solo producto.

Cuando el cuadrado está ocupado, la operación previa debe parar de trabajar.

Cuando el cuadrado esta vacio, la operación previa es autorizar el inicio del trabajo para llenar el cuadrado.

Anexo 26

Paisajes personalizados a precios asequibles (CLAAP): Introducción

CLAAP produce escénicos, trabajos de arte a bajo costo bajo el camino de un modelo de ventas. CLAAP subarrienda un piso para un escritorio de ventas y una pequeña área de producción dentro de un marco de ventas al por menor y una tienda de suministros de arte.

Los clientes realizan una orden en persona a un vendedor de CLAAP y luego esperan o continúan comprando hasta que pieza este completa. El servicio rápido y el buen valor son las piedras angulares del modelo de negocio de CLAAP. La satisfacción del cliente está directamente relacionada con la cantidad de tiempo que el cliente debe esperar para la entrega de su paisaje. Las entrevistas con clientes anteriores indican insatisfacción si es que el tiempo de espera es mayor a unos cuantos minutos.

Los dueños de CLAAP están explorando la posibilidad de crear una franquicia del concepto de CLAAP. Habiendo desarrollado un formato estándar de órdenes de clientes (COF) y las descripciones de trabajo, los dueños desearían evaluar el proceso CLAAP.

Su grupo ejecutará el proceso para 3 o 4 clientes, discuta el proceso, y luego realice no más de dos mejoras antes de ejecutar el proceso nuevamente.

Descripción CLAAP de trabajo

Vendedor

Es el punto de contacto para los clientes CLAAP. El vendedor toma las ordenes de los clientes y les entrega paisajes completos. El vendedor usa el COF para registrar las ordenes e iniciar la producción de paisajes.

Instrucciones de trabajo

- Recibir a cada cliente y llenar el COF entrevistando al cliente.
- Entregar el COF completamente lleno al Cortador de solicitud.
- Tras la recepción de un paisaje completo:

- Llamar al cliente por su nombre.
- Ingresar el tiempo de entrega de la orden en el COF.
- Calcular e ingresar el tiempo transcurrido desde la recepción hasta la entrega en el COF.
- Separe el COF del paisaje.
- Entregar en las manos del cliente el paisaje completo.
- Completar la encuesta de satisfacción al cliente.
- Al final de cada día, reunir todos los COF de paisajes entregados y entregárselos al Contador para facturar.

Cortador de Solicitud

El responsable de cortar todas las solicitudes de las medidas personalizadas de los clientes. Utiliza una regla, lápiz y tijera para cortar el papel de manualidades en las medidas designadas por cada cliente en los COF.

Instrucciones de trabajo

- Tras recibir un COF:
- Tomar una pieza de papel de manualidades.
- Leer el COF para determinar la medida de la solicitud.
- Usar un lápiz y una regla para dibujar un rectángulo con la medida requerida en el papel.
- Usar unas tijeras para cortar el rectángulo.
- Juntar el rectángulo al COF con un clip.
- Entregar el COF y la solicitud adjunta al Artista.

Artista

Es responsable de crear los paisajes escénicos en los rectángulos cortados. Usa lápices de colores para agregar montañas, vegetación, animales o estructuras según lo designado en el COF.

Instrucciones de trabajo

- Tras recibir un COF y la solicitud adjunta:
- Separe el COF de la solicitud.

- Leer el COF para determinar los temas básicos requeridos y las opciones del cliente.
- Usar lápices de colores para dibujar los temas y opciones en el rectángulo.
- Con un clip, junte el COF con la solicitud terminada.
- Entregue el COF adjuntando la solicitud terminada al Enmarcador.

Enmarcador

Es responsable de agregar un marco al paisaje. Usa papel de manualidades, regla, lápiz, tijeras y una cinta para crear las tiras del marco, el cual se junta con el paisaje para formar un borde de 1 pulgada alrededor del paisaje.

Instrucciones de trabajo

- Tras recibir un COF y el paisaje:
- Separe el COF del paisaje.
- Escoja una pieza de papel de manualidades.
- Corte 2 tiras de papel de 2 pulgadas de ancho y 2 pulgadas más del largo del paisaje.
- Pegue las tiras de papel con cinta por la parte de atrás del paisaje para formar un borde de 1 pulgada alrededor del paisaje.
- Use un clip para juntar el COF y el paisaje enmarcado.
- Entregue el COF junto con el paisaje enmarcado al Contador.

Contador

Es responsable de calcular el precio total de cada uno de los paisajes personalizados y registrar el precio en el COF. Después de la entrega del paisaje, el contador se queda con el COF para usarlo en el proceso de facturación semanal.

Instrucciones de trabajo

- Tras recibir un COF con el paisaje:
- Calcule e ingrese el precio básico en la sección de medida del paisaje del COF.
- Calcule e ingrese los precios de las opciones en la sección de ítems de personalización del COF.

- Agregue el precio de las opciones al precio básico e ingrese el precio total en el COF.
- Entregue el COF junto con el paisaje al vendedor.

Gerente (opcional)

Es responsable de la operación total del negocio. El gerente toma café y echa un vistazo a los demás empleados.

Instrucciones de trabajo

- Brindar ayuda y apoyo sin realizar las actividades de los demás empleados.
- Conversar con clientes y proveedores.

Descripción CLAAP del cliente

Gerente de Sala de Bingo

Como Gerente del Big Bucks Bingo Parlor, usted utiliza los paisajes de CLAAP como premios para sus eventos de noche.

La apariencia y un precio módico son factores importantes pero la mayor preocupación son las supersticiones de los patrones del bingo. Verde dinero y azul cielo aparentemente son los más apreciados sobre el gris canoso, mientras el negro, café y rojo envían estampillas a jugadores locos.

Se está siempre en la búsqueda de implicaciones supernaturales, reales o imaginarias, en los paisajes de CLAAP.

Comerciante de Arte

Trabajando sin la era cortante del movimiento de la post calidad, te acercas a los trabajos de artistas desconocidos, los compras a un bajo precio y los revendes en grandes ferias a animadores ricos, atletas y líderes de naciones extranjeras. Tú premias al mérito artístico único y no convencional. Piezas controversiales con mensajes intangibles e incoherentes son altamente cotizadas. Además, los críticos de arte más respetados han etiquetado al movimiento post calidad como un vuelo por la noche. Tú y tus socios están apasionado tanto por el arte como por el dinero.

Agente de Seguros

Tus ventas y comisiones están directamente atadas al número potencial de clientes que puedas contactar cada día. Tu supervisor te ha pedido que te tomes un tiempo libre de tu trabajoso día a día para elegir un paisaje de CLAAP para la sala de recepción de tu oficina en casa. No está feliz con esta disposición. Tu único objetivo es conseguir el paisaje lo más pronto posible y que resista el viaje de vuelta a casa en el avión. Tu jefe amante del arte además te pidió un recibo de la compañía.

Nurse (opcional)

Trabajas en una unidad móvil de vacunación para niños de escuela. Usas los paisajes como decoración de las paredes. En ocasiones los paisajes sirven como distracción para aquellos niños que son aprensivos. Valor, niños y amistad son las apariencias de tus primeras motivaciones para adquirir un paisaje.

FORMATO CLAAP ORDEN DEL CLIENTE (COF)								
Información del cliente								
Nombre:								
Dirección de facturación:								
Información del tiempo del proceso								
Tiempo de orden recibida:								
Tiempo de orden entregada:								
Tiempo transcurrido (desde recibida a entregada):								
Medidas								
Ancho (de 3 a 8 pulgadas):				Precio básico Ancho x Alto x \$0.20 = \$				
Alto (de 3 a 11 pulgadas):								
Ítems personalizados					P. Unitario	P. de opciones		
Tierra:	<input type="checkbox"/>	Montañas	<input type="checkbox"/>	Praderas	<input type="checkbox"/>	Playa	\$	\$
Cielo:	<input type="checkbox"/>	Soleado	<input type="checkbox"/>	Nublado	<input type="checkbox"/>	Nevoso	\$	\$
Estructuras:	<input type="checkbox"/>	Granero	<input type="checkbox"/>	Casa	<input type="checkbox"/>	Cerca	\$	\$
Árboles:					Cant:		@\$0.20 = \$	
Arbustos:	Tipo:				Cant:		@\$0.20 = \$	
Animales:	Tipo:				Cant:		@\$0.50 = \$	
	Tipo:				Cant:		@\$0.50 = \$	
	Tipo:				Cant:		@\$0.50 = \$	
PRECIO TOTAL (BASICO MÁS OPCIONES)							\$	

ENCUESTA DE SATISFACCIÓN AL CLIENTE CLAAP									
El servicio de CLAAP es rápido, amigable y eficiente.									
Muy de acuerdo	<input type="checkbox"/>	De acuerdo	<input type="checkbox"/>	En desacuerdo	<input type="checkbox"/>	Muy en desacuerdo	<input type="checkbox"/>	No estoy seguro	<input type="checkbox"/>
Los paisajes de CLAAP son atractivos y cotizados como piezas de arte.									
Muy de acuerdo	<input type="checkbox"/>	De acuerdo	<input type="checkbox"/>	En desacuerdo	<input type="checkbox"/>	Muy en desacuerdo	<input type="checkbox"/>	No estoy seguro	<input type="checkbox"/>
Los paisajes CLAPP están a buen valor.									
Muy de acuerdo	<input type="checkbox"/>	De acuerdo	<input type="checkbox"/>	En desacuerdo	<input type="checkbox"/>	Muy en desacuerdo	<input type="checkbox"/>	No estoy seguro	<input type="checkbox"/>

LISTA DE PRECIOS CLAAP	
DESCRIPCIÓN	PRECIO
Paisaje básico (incluye una opción de tierra, cielo y estructuras).	\$0.20 por pulgada al cuadrado
Arboles (opcional)	\$0.20 cada uno
Arbustos (opcional)	\$0.20 cada uno
Animales (opcional)	\$0.50 cada uno

Anexo 27

Dar-recibir (roles y expectativas del Seis Sigma)

MATRIZ DE TRABAJO DAR-RECIBIR				
Instrucciones: para cada función de trabajo (filas) ingrese las contribuciones esperadas (dar) a las actividades (columnas) y los beneficios (recibir) de las actividades.				
	Desempeño del proyecto	Facilitación / tutoría	Implementación del proceso	Liderazgo / Vigilancia
Dueños del proceso				
Auspiciantes / Ganadores				
Miembros del equipo de proyecto				
Líderes de equipo				
Cinturones negros				

Consejo administrativo				
Usuarios del proceso				
Clientes				
Proveedores				

Anexo 28

Descomponerlo (documentación del proceso individual)

HOJA DE TRABAJO DE PASOS DEL PROCESO

Enliste las entradas requeridas para completar la tarea o proceso (use otra hoja de papel si es necesario).

Enliste las salidas de la tarea o proceso completado (use otra hoja de papel si es necesario).

Enliste los pasos requeridos para completar la tarea o proceso (use otra hoja de papel si es necesario).
