



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

**DISEÑO DE INVESTIGACIÓN EN LA APLICACIÓN DE LA MANUFACTURA
ESBELTA EN LA INDUSTRIA DE PUERTAS Y VENTANAS EUROPEAS
PARA EL AUMENTO DE LA CAPACIDAD INSTALADA**

Esteban Abraham Santizo Sulecio

Asesorado por el MSc. Ing. Nestor Alejandro Patzán Chitay

Guatemala, septiembre de 2014

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DE INVESTIGACIÓN EN LA APLICACIÓN DE LA MANUFACTURA
ESBELTA EN LA INDUSTRIA DE PUERTAS Y VENTANAS EUROPEAS
PARA EL AUMENTO DE LA CAPACIDAD INSTALADA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

ESTEBAN ABRAHAM SANTIZO SULECIO

ASESORADO POR EL MSC. ING. NESTOR ALEJANDRO PATZÁN CHITAY

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO INDUSTRIAL

GUATEMALA, SEPTIEMBRE DE 2014

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	Ing. Alfredo Enrique Beber Aceituno
VOCAL II	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL III	Inga. Elvia Miriam Ruballos Samayoa
VOCAL IV	Br. Narda Lucía Pacay Barrientos
VOCAL V	Br. Walter Rafael Véliz Muñoz
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. José Francisco Gómez Rivera
EXAMINADORA	Inga. Gladys Lorraine Carles Zamarripa
EXAMINADOR	Ing. Byron Gerardo Chocooj Barrientos
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

DISEÑO DE INVESTIGACIÓN EN LA APLICACIÓN DE LA MANUFACTURA ESBELTA EN LA INDUSTRIA DE PUERTAS Y VENTANAS EUROPEAS PARA EL AUMENTO DE LA CAPACIDAD INSTALADA

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Estudios de Postgrado, con fecha 02 de junio de 2014.



Esteban Abraham Santizo Sulecio



USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala



Escuela de Estudios de Postgrado
Facultad de Ingeniería
Teléfono 2418-9142 / Ext. 86226

MOD-MGIPP-017-2014

0 0 0 5 0 5

Guatemala, 02 de junio de 2014.

Director
César Ernesto Urquizú Rodas
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial
Presente.

Estimado Director:

Reciba un atento y cordial saludo de la Escuela de Estudios de Postgrado. El propósito de la presente es para informarle que se ha revisado los cursos aprobados del primer año y el Diseño de Investigación del estudiante **Esteban Abraham Santizo Sulecio** carné número **2010-20761**, quien optó la modalidad del **“PROCESO DE GRADUACIÓN DE LOS ESTUDIANTES DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA OPCIÓN ESTUDIOS DE POSTGRADO”**. Previo a culminar sus estudios en la **Maestría de Gestión Industrial**.

Y si habiendo cumplido y aprobado con los requisitos establecidos en el normativo de este Proceso de Graduación en el Punto 6.2, aprobado por la Junta Directiva de la Facultad de Ingeniería en el Punto Decimo, Inciso 10.2, del Acta 28-2011 de fecha 19 de septiembre de 2011, firmo y sello la presente para el trámite correspondiente de graduación de Pregrado.

Sin otro particular, atentamente,

“Id y enseñad a todos”

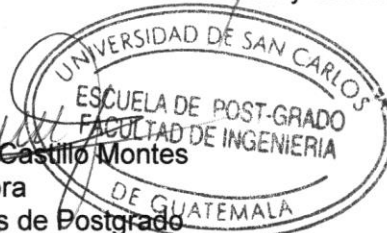
NESTOR ALEJANDRO PATZAN CHITAY
INGENIERO INDUSTRIAL
COLEGIADO No. 9,806

MSc. Ing. Nestor Alejandro Patzán Chitay
Asesor (a)

César Akú Castillo MSc.
INGENIERO INDUSTRIAL
COLEGIADO No. 4,073

MSc. Ing. César Augusto Akú Castillo
Coordinador de Área
Gestión y Servicios

Dra. Mayra Virginia Castillo Montes
Directora
Escuela de Estudios de Postgrado



Cc: archivo
/db



REF.DIR.EMI.163.014

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el Visto Bueno del Revisor y la aprobación del Área de Lingüística del trabajo de graduación en la modalidad Estudios de Postgrado titulado **DISEÑO DE INVESTIGACIÓN EN LA APLICACIÓN DE LA MANUFACTURA ESBELTA EN LA INDUSTRIA DE PUERTAS Y VENTANAS EUROPEAS PARA EL AUMENTO DE LA CAPACIDAD INSTALADA**, presentado por el estudiante universitario **Esteban Abraham Santizo Sulecio**, aprueba el presente trabajo y solicita la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”


Ing. César Ernesto Urquizú Rodas
DIRECTOR
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial



Guatemala, agosto de 2014.

/mgp

Universidad de San Carlos
de Guatemala



Facultad de Ingeniería
Decanato

DTG. 452.2014

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, al Trabajo de Graduación titulado: **DISEÑO DE INVESTIGACIÓN EN LA APLICACIÓN DE LA MANUFACTURA ESBELTA EN LA INDUSTRIA DE PUERTAS Y VENTANAS EUROPEAS PARA EL AUMENTO DE LA CAPACIDAD INSTALADA**, presentado por el estudiante universitario **Esteban Abraham Santizo Sulecio**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, se autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:



Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
Decano

Guatemala, 5 de septiembre de 2014

/gdech



ACTO QUE DEDICO A:

Dios	Porque sin merecerlo, siempre he recibido de sus favores. A ti sea toda la gloria mi Dios.
Mi patria	Guatemala, tierra bendita a la que amo y debo tanto.
Mi madre	Yolanda Sulecio, mujer tenaz y pilar fundamental en mi vida.
Mi padre	Eduardo Santizo, quien con su ejemplo de superación me inspiró a seguir sus pasos.
Mis hermanos	Enoc, Hiram, Ester, Aída y Pablo Santizo Sulecio, quienes me enseñan a buscar la excelencia con su modo de vida.
Mis sobrinos	Josué y Rodrigo Santizo Álvarez; Sofía y Jimena Estrada Santizo; Andrés y Adrián Santizo Hernández y Marcela Mejía Santizo, de los que he aprendido que la felicidad de la vida reside en sí mismo.
Mi mejor amigo	Javier Funes, quien me enseñó lecciones invaluable que trascienden la vida académica. Gracias por tu amistad incondicional.

Mis amigos

Alejandro Sosa, Marisol Marroquín, Isaí Hernández, Elda Calderón, Alba Nájera, Héctor Marroquín, Daniel Monzón y Steve Vásquez, porque su compañía en esta travesía hizo ameno el viaje.

AGRADECIMIENTOS A:

La Universidad de San Carlos de Guatemala	Por concederme el privilegio de formarme académicamente en esta tricentenaria casa de estudios.
Facultad de Ingeniería	Por su magnánimo aporte en mi formación profesional.
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial	Por haberme facultado del conocimiento básico de la ingeniería industrial.
Escuela de Estudios de Postgrado	Por complementar mi formación profesional, en la integración de la teoría con la práctica.
Ingeniero	Álvaro Moreira, por darme la oportunidad de realizar el trabajo de graduación en la institución que dirige.
Ingeniero	Nestor Patzán, por su asesoramiento en el planteamiento del plan de investigación.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	V
LISTA DE SÍMBOLOS	VII
GLOSARIO	IX
RESUMEN.....	XI
INTRODUCCIÓN.....	XIII
1. ANTECEDENTES	1
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	7
2.1. Descripción del problema	8
2.2. Formulación del problema	9
2.3. Preguntas auxiliares de investigación	10
2.4. Delimitación.....	10
2.5. Viabilidad.....	10
2.6. Consecuencia de la investigación	11
3. JUSTIFICACIÓN	13
4. OBJETIVOS	15
5. ALCANCES.....	17
6. MARCO TEÓRICO.....	19
6.1. Sistemas de producción	19

6.1.1.	Elementos de un sistema productivo	19
6.1.1.1.	Proyecciones de venta	19
6.1.1.2.	Capacidad instalada	20
6.1.1.3.	Inventario de materia prima y producto terminado.....	20
6.1.2.	Productividad, eficiencia y capacidad instalada	21
6.1.3.	Distribución en planta	23
6.1.3.1.	Tipos de distribución.....	23
6.1.3.2.	Principios para una distribución de planta.....	25
6.1.4.	Factores que inciden en un bajo rendimiento de la producción	26
6.1.4.1.	Control para el suministro de materiales.....	27
6.1.4.2.	Uso de la máquina y equipo	27
6.1.4.3.	Capacidad de los operarios.....	27
6.1.4.4.	Control de calidad en el proceso	28
6.2.	Manufactura esbelta.....	28
6.2.1.	Definición de la manufactura esbelta.....	28
6.2.2.	Los 5 principios de la manufactura esbelta	29
6.2.3.	Los siete desperdicios del proceso.....	31
6.2.4.	El balance de tiempo en las operaciones	34
6.2.4.1.	<i>Takt time</i>	34
6.2.4.2.	Pared de balanceo	35
6.2.5.	Control del flujo con el sistema <i>Kanban</i>	37
6.2.6.	Cambios de la distribución física	37
6.2.6.1.	La evolución hacia grupo tecnológico (GT) o manufactura celular.....	38
6.2.7.	Mapeo de la cadena de valor	38

6.2.8.	Garantía de la calidad.....	40
6.3.	Capacidad instalada	41
6.3.1.	Definición de capacidad instalada	41
6.3.2.	Indicador de la capacidad instalada	42
6.3.3.	Tipos de capacidad en un sistema productivo	42
6.3.3.1.	Capacidad máxima	43
6.3.3.2.	Capacidad ociosa	43
6.3.3.3.	Capacidad de operación.....	43
6.3.3.4.	Capacidad excedente	44
6.3.3.5.	Capacidad insuficiente.....	44
6.3.4.	Capacidad instalada y economías de escala.....	44
6.4.	Ingeniería de métodos.....	45
6.4.1.	Definición y objetivos de la ingeniería de métodos.....	45
6.4.1.1.	Definición de la ingeniería de métodos.....	45
6.4.1.2.	Objetivos de la ingeniería de métodos.....	47
6.4.2.	Análisis del proceso.....	48
6.4.2.1.	Diagrama de procesos de flujo	48
6.4.2.2.	Diagrama de recorrido o de circulación.....	49
6.4.3.	Análisis del método de trabajo.....	50
6.4.3.1.	Técnicas para el análisis del trabajo.....	50
6.4.4.	Estudio de tiempos y estándares.....	51
6.4.4.1.	Tiempo cronometrado.....	51
6.4.4.2.	Tiempo normal.....	52
6.4.4.3.	Tiempo estándar o tipo	53
6.4.4.4.	Muestreo del trabajo	54

7.	CONTENIDO DEL INFORME	55
8.	DEFINICIÓN DE VARIABLES.....	57
8.1.	Cuantitativas.....	57
8.2.	Cualitativas.....	59
9.	METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	61
9.1.	Descripción del proceso de fabricación y determinación de capacidad instalada.....	62
9.2.	Identificación de desperdicios generados en el proceso de producción.....	63
9.2.1.	Cálculo de muestra.....	63
9.3.	Determinación del proceso restrictivo del sistema de producción.....	65
9.4.	Ensayo de solución	66
10.	TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE INFORMACIÓN.....	69
11.	CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES.....	71
12.	RECURSOS.....	73
13.	BIBLIOGRAFÍA	75
14.	ANEXOS	79

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Esquema del sistema productivo	8
2.	Definición de variables de la productividad	22
3.	Desperdicios en los procesos	32
4.	Identificación y eliminación de desperdicios	33
5.	Descomposición del tiempo de fabricación	34
6.	Gráfico pared de balanceo 1	36
7.	Gráfico pared de balanceo 2	36
8.	Descomposición del tiempo de fabricación	47

TABLAS

I.	Variables de la productividad	21
II.	Clasificación de acciones en un proceso	49
III.	Comprobación de análisis	50
IV.	Categorización de variables cualitativas	60
V.	Cálculo de muestra	64
VI.	Recursos financieros y materiales	73
VII.	Recursos humanos	74

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
σ	Desviación estándar, medida de dispersión.
e	Error muestral al aplicar la teoría de muestreo estadístico.
E	Eficiencia
IP	Índice de productividad
n	Utilizada en estadística, para representar la muestra.
N	Utilizada en estadística, para representar la población.
TC	Tiempo cronometrado
TE	Tiempo estándar
TN	Tiempo normal
Z	Tipificación de la curva normal, representada por desviaciones estándares de la media.

GLOSARIO

ASME	American Society of Mechanical Engineers. Asociación Americana de Ingenieros Mecánicos
Capacidad instalada	Cantidad de artículos que se pueden obtener en un sistema productivo, considerando la dimensión tiempo.
Célula de manufactura	Arreglo de gente, máquinas, materiales y métodos, con procesos secuenciales a través de las cuales pueden ser procesadas artículos en flujo continuo.
Cuello de botella	Proceso, políticas o recursos que restringe la cantidad de artículos fabricados en un sistema productivo.
Desperdicio	Cualquier actividad o recurso utilizado en un proceso que no agrega valor al producto, más si costos.
Familia de productos	Grupo conformado por artículos o productos que tienen características afines.
<i>Kanban</i>	Mecanismo utilizado para liberar materiales de un proceso anterior al subsecuente.

Manufactura esbelta	Metodología utilizada para eliminar desperdicios en un proceso.
Muda	Palabra japonesa, con la que es referido el desperdicio.
Proceso	Conjunto de actividades interrelacionadas que son realizadas para producir un bien o servicio.
Takt Time	Se refiere a la tasa de producción alineada con la de la demanda a la cual deberá producirse considerando la variable tiempo.
TEP	Tiempo efectivo en el proceso
TMP	Tiempo muerto en el proceso
TPS	Toyota Production System. Sistema de Producción Toyota.
TTP	Tiempo total del proceso.
VSM	Value Stream Map. Mapeo de la Cadena de Valor.
WIP	Work in Process. Trabajo en proceso.

RESUMEN

El planteamiento de investigación que se presenta, acontece en el medio industrial guatemalteco de puertas y ventanas tipo europeas, en el que se busca incrementar la capacidad instalada, cantidad de artículos fabricados por unidad de tiempo, para hacer frente al aumento de la demanda.

La estrategia propuesta en la búsqueda del incremento de la capacidad instalada es la manufactura esbelta. La cual a través de sus cinco principios, definición de desperdicios y mapeo de la cadena de valor; establece una metodología plausible en la eliminación de todas aquellas operaciones o actividades que no agregan valor al producto durante el proceso.

De esta forma, al disminuir o eliminar las distintas deficiencias del proceso de fabricación de las puertas y ventanas, se obtendrá un proceso esbelto. En el que para inferir conclusiones se utilizará la comprobación experimental, estableciendo condiciones iniciales y finales, estas últimas medidas a partir de la aplicación de la metodología seleccionada. Determinando finalmente, si existe un aumento significativo en su tasa de conversión de insumos a productos.

Estos son los puntos propuestos en el plan de investigación, que busca la solución sistemática de un problema que emerge en el contexto de un gestor de la industria guatemalteca.

INTRODUCCIÓN

La reingeniería de los procesos, ha cobrado auge tras el aumento de la productividad que implica su ejecución. La industria de puertas y ventanas europeas en Guatemala, se ve en la necesidad de realizar un análisis de sus procesos en el orden de incrementar la capacidad instalada en término de unidades producidas por unidad de tiempo para cumplir con el aumento de la demanda derivado del repunte en la economía de la industria de la construcción.

Al emprender la búsqueda de la capacidad instalada surge la interrogante ¿cuál metodología utilizar para hacer el análisis del sistema productivo que traiga consigo las mejoras buscadas? Es en este punto, que cobra importancia el milagro japonés de 1948, fruto del bien conocido Sistema de Producción Toyota. Predecesor de la manufactura esbelta, término acuñado y empleado en 1990 cuyas mejoras se enfocan en la reducción de los desperdicios en los procesos, simplificando y añadiendo únicamente valor en la ejecución del proceso, siendo éste, el único que está dispuesto a pagar el cliente.

Esta investigación se apoya en la manufactura esbelta como herramienta para dar la solución al problema planteado. Que por medio de un análisis situacional en el que se encuentra la industria podrá ser contrastado con las mejoras introducidas después de aplicarse la manufactura esbelta. La ejecución de la investigación indaga sobre los desperdicios del proceso de cualquier naturaleza, identificando la fuente que los origina; evaluando posteriormente las alternativas de solución que logren mitigar o eliminar los mismos.

La relevancia de la ejecución de la presente investigación es ejemplificar cómo las industrias pueden incrementar su competitividad tras la eliminación de los desperdicios en el proceso. Para la empresa, la reducción de desperdicios en el proceso implicará aumento en la rentabilidad de la organización y para los involucrados en el proceso, la simplificación de las operaciones permitirá responder a los incrementos de la demanda sin mayor dificultad.

La manufactura esbelta detalla a través de sus cinco principios y siete desperdicios una metodología plausible y ejecutable, para el incremento de la capacidad instalada. Lo cual implica que bajo el nuevo esquema de producción, se desarrollen células de trabajo o grupos tecnológicos, lo que conlleva necesariamente el estudio del método de trabajo a través de un estudio de tiempos.

El primer apartado del marco teórico proporcionará un panorama de los sistemas de producción. En el segundo se hará una reseña de la manufactura esbelta, desde su origen, definición, filosofía y principios.

El tercero pondrá en contexto la definición de capacidad instalada, los indicadores asociados a esta, así como los su relación con la eficiencia y las economías de escala. Y por último, en el tercer apartado del marco teórico se dará a conocer la herramienta de la ingeniería de métodos.

El marco metodológico se desarrollará en fases, cada fase responde a un objetivo específico. Están ordenadas de tal forma que la fase siguiente se apoye en la anterior y por lo tanto, se tenga un orden lógico en la resolución del problema. La concretización sistemática de cada una de las fases conduce a ensayar la solución planteada.

1. ANTECEDENTES

En el siglo XXI y con una economía globalizada en la cual la competencia dejó de estar en el plano regional y se trasladó al mundial, las empresas que han logrado posicionamiento de liderazgo han advertido que la competitividad es un concepto aplicado de forma integral y no aislado; lo cual implica reevaluar constantemente el *statu quo* de cada proceso que integra la cadena de valor.

Esta realidad del mundo actual es soportada (Niebels & Freivalds, 2009, p. 2), “Con una agresividad nunca antes vista, las empresas están resolviendo aspectos como la reducción de costos y un aumento de calidad a través de una mejora en la productividad. Asimismo, las empresas están analizando de una manera crítica todos los componentes del negocio que no agregan valor, es decir, aquellos que no incrementan sus utilidades.”

No sorprende, que este ímpetu por el cambio en pro del mejoramiento de los procesos, haya comenzado desde hace cuatro siglos con la invención de la máquina de vapor por James Watt (García Criollo, 2005).

Y que Frederick W. Taylor en el afán de incrementar sus tasas productivas marcara el punto de partida con la publicación del famoso artículo *Shop Management* en el que diera a conocer el Sistema de Administración Científico ante la ASME en 1903, que incluía los conceptos de estudios de tiempos, estandarización de tareas, creación del Departamento de Planeación, órdenes de trabajo, compensaciones por desempeño, fruto de una larga investigación que comenzara en 1881 (Niel & Freivalds, 2009).

Al respecto Thomson (1917) informa que de las 113 plantas que habían instalado el Sistema de Administración Científica, 59 consideraron que ello les había significado todo un éxito, 20 solo un éxito parcial y 34 que fue un fracaso. Las herramientas que se han desarrollado para mejorar los procesos no son mágicas, hace falta compromiso en la implementación de los cambios. Además de seleccionar las herramientas adecuadas al problema que se presenta en un contexto particular.

Simultáneamente al establecimiento de estándares y medición del trabajo por Taylor, Cano (2009) informa que Henry Ford incursionaba para 1903 en un sistema de producción en masa dada la necesidad de evolucionar de uno artesanal que no daba uniformidad en la calidad y que generaba costos altos durante el proceso. Cuya clave de mejora, fue la línea de montaje móvil en el ensamblaje de carros que permitió una producción de alto volumen que garantizaba la uniformidad en la calidad en cada una de las unidades. Reduciendo el tiempo total de fabricación.

Uno de los aportes más significativos posteriores y que secundaron a los de Taylor y Ford, data en 1948, con las mejoras sustanciales implementadas en los procesos por Eiji Toyota, Shigeo Shingo y Taichi Ohno, en la Toyota Motor Company con la concepción e implementación del TPS. (Niegel & Freivalds, 2009).

Que según G. Schroeder et al. (2005) es responsable del milagro japonés. Época en la cual la demanda de automóviles de Toyota era baja y existía escasez de recursos. Por lo anterior, se desarrolló una aversión a los desperdicios de todo tipo. Tanto los residuos como los reprocesamientos se consideraban desperdicios, inclusive el inventario que utiliza espacio para almacenamiento y que representa inmovilización de capital.

Para 1990 Womack, Jones y Roos estudiaron la manufactura de automóviles justo a tiempo en Japón y Estados Unidos en la que infirieron y acuñaron formalmente y por primera vez el término manufactura esbelta. Definiéndola como aquella que elimina los desperdicios en el proceso de producción, otorgando al cliente lo que requiere y nada más (G. Schroeder et. al, 2005).

Bajo esta nueva filosofía descubierta hace poco más de veinte años, algunas empresas han incursionado en ella, obteniendo resultados satisfactorios. Como la Toyota Motor Manufacturing Kentucky, Inc., en la que una vez implementada la manufactura esbelta “las actividades se han estandarizado para minimizar los desperdicios y para asegurar la calidad” (Hall, 2007).

Recientemente esta filosofía antidesperdicio en los procesos ha sido implementada por una larga lista de empresas globales. Tal es el caso de 3M, Bendix, Black & Decker, Briggs & Stratton, Deere & Company, Eaton, Ford, General Electric, Hewlett Packard, Honeywell, IBM, Wells Fargo, Wipro, Delta Airlines y United Health Care que son solo algunos ejemplos por mencionar (G. Schroeder et ál., 2005).

Más representativo aún es el caso de Andersen Windows and Doors en Minnesota quienes comenzaron la búsqueda de la flexibilidad implantando la filosofía la manufactura esbelta consiguiendo eliminar costos innecesarios en los procesos. “En la actualidad, la filosofía de la producción esbelta apuntala a la Corporación Andersen en el que se busca consistencia en cuanto a la manera en que se realiza el trabajo, empezar con calidad y terminar con calidad, cuestionar el statu quo de los procesos y buscar mejoramientos

continuos adicionales y por lo tanto proporcionarles a los clientes lo que quieren, cuando lo requieren”. (Andersen, 2009).

Este es un punto válido de referencia en el que una empresa con actividades del mismo ramo industrial que el de la unidad de análisis de esta investigación, ha logrado resultados favorables a través de la aplicación de la manufactura esbelta en su proceso productivo.

Pero si se piensa que únicamente los procesos de transformación de la materia son susceptibles de mejora bajo la metodología esbelta, será oportuno mencionar el caso del Departamento de Recursos Naturales de Iowa (DNR), encargada de la emisión de permisos para la construcción de instalaciones industriales que contaba con un largo proceso de aprobación de sesenta y dos días en promedio y veinte pasos.

Y que al aplicar los principios de la manufactura esbelta y rastrear en la cadena de valor solo lo que es percibido como tal por el cliente, llegó a reducir el proceso a seis días hábiles, acortándolo en siete pasos. Y lo más importante, pasó de tener 600 permisos atrasados a diligenciarlos en tan solo 6 meses, para lograr que en la actualidad todo el trabajo esté al día y que las solicitudes nuevas para construcción sean procesadas tan pronto como se reciben. (DRN, 2004).

G. Schroeder et ál., (2005) Informa que aunque en años anteriores se manejaba la noción que la manufactura esbelta podía ser aplicable a los sistemas de producción repetitivos (tal como la producción en línea); esto ha dejado de ser verdad ya que ha demostrado ser igual de valioso en manufacturas no repetitivas (como el sistema de producción intermitente), en el sector de servicios, así como a lo largo de la cadena de suministro.

Y que los aportes a la administración de las operaciones bajo esta metodología han sido tan relevantes como los avances logrados por Taylor y la línea de ensambles móviles de Ford. Esta afirmación se alinea con la investigación, que considera como unidad de análisis un sistema de producción intermitente y que pretende probar a través de la eliminación de desperdicios el aumento de la capacidad instalada en términos de unidades producidas por unidad de tiempo.

En cuanto a la aplicación de la manufactura esbelta para el incremento de la capacidad instalada, Cano (2009) la aplica en la industria de engobes cerámicos en la que plantea una serie de reducciones en materia de desperdicios y optimizaciones del proceso; concluyendo con la reducción del tiempo ciclo en el proceso y aumentando en una mayor cifra a la planteada la capacidad instalada de esta industria. Sobrepasando el objetivo de un 100 % al de 281 %. Resultado que para muchos podría ser utópico y que no es susceptible de verificación ya que su cálculo fue teórico y nunca basado en la experimentación para la comprobación de resultados.

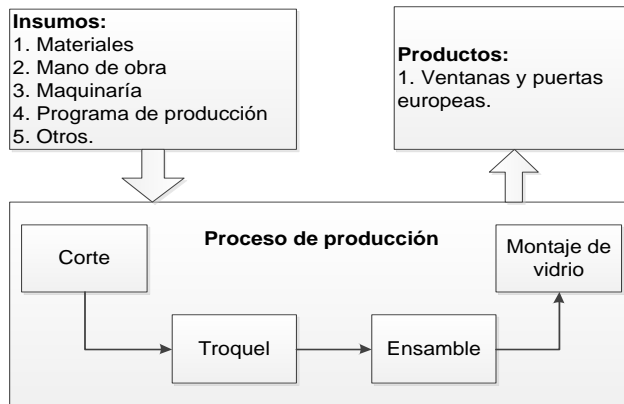
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La Industria de Puertas y Ventanas Europeas de capital extranjero tiene veinte años de existir en el mercado guatemalteco. Sujeta a los vaivenes del sector construcción del país, se enfoca al segmento de proyectos para personas de ingresos medios-altos.

Opera a nivel regional con proyectos en los cuales el cliente busca puertas y ventanas sofisticadas; y absorbe en su mayor parte los proyectos que se generan en el país como en la región que va desde el Caribe, pasando por Centroamérica y llegando a ciertos países del cono sur. Es una empresa con productos altamente diferenciados y exclusivos en el medio de la construcción.

La Industria de Puertas y Ventanas Europeas toma como sistema productivo un taller de operaciones (sistema intermitente). Su gama de productos es extensa, dividiéndose en tres categorías: puertas, ventanería y ventilación. Con las áreas de corte, troquel, ensamble y montaje de vidrio. Cuenta con 32 operadores distribuidos en las áreas mencionadas. La secuencia de las operaciones es como se muestra.

Figura 1. **Esquema del sistema productivo**



Fuente: elaboración propia.

2.1. Descripción del problema

Basado en la observación sistemática del proceso productivo de puertas y ventanas europeas, se puede argumentar que existen deficiencias que son susceptibles de ser superadas. Estas deficiencias generadas en el proceso y que pasan inadvertidas ya sea por la cotidianidad o porque representa efectuar cambios en el sistema con el que se ha operado siempre; pueden ser corregidas para potenciar en primera instancia el ritmo de producción, seguido del acortamiento del tiempo de manufactura, simplificación del proceso y otros factores que sumados darán como resultado el incremento de la capacidad instalada.

Estas deficiencias se traducen a la realidad objetiva del sistema de producción de las puertas y ventanas en desperdicios de tiempo por diversas razones, recorridos innecesarios, desperdicio de materiales así como manipulación excesiva de los mismos, flujo de materiales que entorpecen el ensamble, políticas de despachos de materiales y accesorios que retrasan el

ensamble, paros de producción con lapsos de duración significativos en la jornada, retrasos en los procesos por fallas en la maquinaria que sumados al final del día se traducen en la cantidad de puertas y ventanas producidas.

En aras del planteamiento de una solución integral a la problemática, se debe tomar en cuenta que un sistema de producción no puede someter a un solo elemento del proceso a estudio y análisis. Esto porque de acuerdo a la teoría de sistemas los resultados que se obtienen son el fruto de la interrelación de los elementos que lo componen; y la interrelación lleva implícita la interacción entre dos elementos o más. De lo anterior, es que el sistema de producción debe ser analizado (descompuesto en partes) en cada uno de sus elementos para corregir las deficiencias actuales.

Por lo anterior, si bien los resultados una vez corregidas las deficiencias serán más visibles en el ensamble de las puertas y ventanas, habrá que someter a estudio la forma de operar de cada uno de los elementos que en su conjunto marcan un ritmo de producción diario, sino pequeño, en uno que en el mediano y largo plazo acorde a los pronósticos del repunte de crecimiento económico en la región del sector construcción al cual la unidad de análisis de esta investigación está fuertemente ligada; pone en duda el cumplimiento de la demanda por parte del sistema productivo.

2.2. Formulación del problema

¿En qué medida, la aplicación de la manufactura esbelta en la Industria de Puertas y Ventanas Europeas aumentará su capacidad instalada?

2.3. Preguntas auxiliares de investigación

Para la resolución del problema de investigación se enuncian preguntas que direccionan y hacen sentido a la resolución del problema:

- ¿Cuál es la capacidad instalada con la que opera la Industria de Puertas y Ventanas Europeas al comenzar la investigación?
- ¿Cuáles son los desperdicios generados en cada una de las áreas que conforman el proceso productivo de la industria de puertas y ventanas europeas?
- ¿Cuál es el área en el proceso productivo que restringe la capacidad instalada del sistema?
- Al aplicar la manufactura esbelta ¿existirá un incremento significativo de la capacidad instalada?

2.4. Delimitación

La investigación se llevará a cabo en la empresa cuyo giro comercial es la fabricación y comercialización de puertas y ventanas europeas en Guatemala, ubicada en 17 calle 21-59 zona 12, en el periodo junio-diciembre 2014. Tomando como unidad de observación o análisis, el sistema de producción.

2.5. Viabilidad

Con un problema que está presente en las actividades de la empresa, en el que además la solución puede ser planteada con una metodología plenamente identificada. Existen recursos que se pueden clasificar respecto a la unidad de análisis que son imprescindibles para esta investigación:

- Información asociada al proceso. Y observación e interacción con el proceso productivo.
- Recursos monetarios y de tiempo.

Los primeros no dependen del investigador, más si los segundos. Y al contar con el acceso a la información y proceso de la unidad de análisis como al poseer los recursos por parte del investigador para llevar a cabo la investigación se puede argumentar viabilidad.

2.6. Consecuencia de la investigación

La resolución de la problemática identificada en este trabajo de investigación contiene aspectos positivos a favor, así como negativos en contra.

Positivos, como la de comprobar el aporte de la manufactura esbelta en los procesos productivos o de servicios; que trae consigo la reducción de costos lo cual implícitamente significa incremento en las utilidades y simplificación del trabajo para el operador.

Sin embargo, desde la perspectiva del personal operativo, hacer eficiente un proceso en el que se eliminan los desperdicios para incrementar la producción puede ser interpretado como un cambio que implica la explotación del recurso humano. No obstante esta errónea interpretación debe evitarse a toda costa, ya que no se trata de trabajar de forma intensa, antes bien, simplificar el trabajo por unidad producida para que con el mismo trabajo pueda incrementarse la tasa de unidades producidas por día, es decir la capacidad instalada.

3. JUSTIFICACIÓN

Existe un problema latente en las empresas guatemaltecas del siglo XXI, este es, ¿cómo enfrentar a las empresas de economías desarrolladas? La respuesta según Porter (1981), es ser competitivos. En la ejecución de la presente investigación se da a conocer a las empresa guatemaltecas la forma en que pueden hacerse competitivas desde dentro, alcanzado la eficiencia en sus procesos a través de la eliminación de desperdicios, empleando en el proceso solo aquello que agrega valor al producto que recibe el cliente.

El trabajo de investigación presentado se circunscribe en la línea de investigación de metodologías de producción de la Maestría en Gestión Industrial. Plantea y ensaya una metodología ya establecida y que aprovecha para dar a conocer de sus bondades aplicables no solamente, al sector de bienes sino también al de servicios.

Se hace necesario a través de la ejecución sistemática de esta investigación, vislumbrar un camino que conduzca a la competitividad de las empresas, en momentos en que se debate sobre la necesidad de encontrar nuevas fórmulas para mejorar la competitividad en el orden de hacer frente a los competidores de nivel mundial. Ventajas competitivas como la del incremento de respuesta al cliente, generación de economías de escala a través de la reducción de costos en los procesos, minimización o erradicación de desperdicios de cualquier tipo, etc.

El interés y motivación del investigador en la elaboración del trabajo de graduación, es que tanto el problema planteado como la unidad de observación o análisis seleccionada presentan un terreno fértil y oportuno para el desarrollo de una solución plausible y concreta en un problema presente en el giro diario de la empresa. En el que al ensayar la solución y al alcanzar los objetivos propuestos, prueba su valía dentro de la organización.

En las mejoras integradas a un sistema de producción bajo el término de la reducción/eliminación de desperdicios que contiene de forma implícita la reducción del tiempo y simplificación del proceso; se hacen presentes una lista de beneficiados por distintas razones.

Principalmente el cliente, al obtener productos en el menor término de tiempo. La empresa, que obtiene una mayor capacidad de operación, para hacer frente a las altas estacionalidades de demanda en el sector construcción que prevé un significativo crecimiento para el año en curso de 5,0 % (Charles, 2013), haciendo a la vez uso eficiente de los recursos con los que cuenta, que resultan ser esfuerzos encauzados para el aumento de las utilidades.

Y aún, si el pronóstico en el aumento de la demanda fallara, la reducción de costos en el proceso hace que la obtención de bienes en el sistema sea más eficiente. El personal operativo, al simplificar las operaciones y que mientras más eficiente sea la producción en término de unidades producidas por unidad de tiempo así lo será la compensación salarial por productividad. Y al investigador, que hace la transición del plano teórico al mundo objetivo en el que integra su conocimiento y experiencia, a la vez que amplía esta última.

4. OBJETIVOS

General

Determinar el incremento de la capacidad instalada de la Industria de Puertas y Ventanas Europeas al aplicar la manufactura esbelta.

Específicos

1. Describir el proceso de fabricación de la Industria de Puertas y Ventanas Europeas, determinando la capacidad instalada a través de un historial de producción.
2. Identificar los desperdicios generados en el proceso de producción de Puertas y Ventanas Europeas, utilizando el mapeo de la cadena de valor.
3. Determinar el proceso restrictivo del sistema productivo, empleando el estudio de tiempos en cada una de las áreas que conforman el sistema.
4. Establecer si existe incremento significativo en la capacidad instalada, midiéndola a partir de la aplicación de la manufactura esbelta.

5. ALCANCES

El tema de investigación planteado se desarrolla bajo el enfoque mixto (cuantitativo-cualitativo) porque se manejan variables numéricas, se utiliza la observación para la descripción del sistema productivo y se toma el punto de vista holístico que considera a todos los elementos que lo conforman para realizar el análisis. Se aborda este tema bajo el diseño de investigación descriptivo, porque se dan a conocer las características observables de la unidad de análisis.

Bajo la perspectiva de resultados, la eliminación de los desperdicios permitirá agilizar el proceso de producción, reduciendo el tiempo de manufactura y que por lo tanto determinará el aumento de la capacidad instalada. Sin embargo, bajo el principio de validez interna, se ensayará la solución con una porción de los productos manufacturados que conducirá a generalizar la solución en la gama de los demás artículos manufacturados.

Bajo la perspectiva de la investigación, esta llegará a determinar el incremento de la capacidad instalada bajo el término de unidades producidas por unidad de tiempo.

Y por último bajo la perspectiva técnica, la ejecución y obtención de resultados favorables secundará una vez más, la efectividad de la manufactura esbelta en la optimización de procesos; que dicho en otras palabras, será la comprobación de la teoría.

6. MARCO TEÓRICO

6.1. Sistemas de producción

De acuerdo a la teoría de sistemas, los resultados obtenidos de un sistema son el resultado de la interacción de los procesos que lo integran. Se parte de lo anterior, para esbozar en esta sección un sistema de producción y por lo tanto entender la forma en que funciona.

6.1.1. Elementos de un sistema productivo

Torres (2013) argumenta que sin importar el modelo productivo empleado en una planta de manufactura, existirán siempre los mismos elementos que lo integren, siendo estos:

6.1.1.1. Proyecciones de venta

Conocido también por el término: pronósticos de ventas “son el enlace entre los factores externos e incontrolables de la economía y los asuntos internos de una empresa” (Valdez, 2000, p. 40).

Las proyecciones de venta son el norte de la organización, porque estiman la cantidad de bienes o servicios que se requerirán para cumplir la demanda de los clientes en un horizonte de tiempo. Esta cantidad de bienes o servicios son el punto de partida para planear las operaciones, pues en base a ello es posible calcular el presupuesto de materiales, recurso humano, etc., e inclusive esbozar

el escenario financiero de la empresa, haciéndolo menos incierto y más acercado a la realidad.

Torres (2013) además menciona, que en el caso particular del sistema de producción intermitente, se parte de ventas reales para la programación de la producción. No así, el sistema de producción continuo, con productos estandarizados y demanda determinística en el corto plazo, ligada a los hábitos de consumo de la población como el precio ofrecido en el mercado.

6.1.1.2. Capacidad instalada

Torres (2013) advierte que la capacidad instalada es un tema coyuntural en los sistemas de producción. Porque permite conocer el alcance del sistema, hasta qué punto se puede abastecer la demanda del mercado y por lo tanto buscar modificar la capacidad instalada en la medida que sea posible para alinearse con los factores externos de la empresa. Es también un indicador que muestra el tamaño de operaciones de la industria y da a conocer el avance en la ampliación o reducción de sus operaciones.

6.1.1.3. Inventario de materia prima y producto terminado

Son los insumos que se emplean en el proceso de producción, materia prima, y que bajo un proceso de cambio físico, químico o térmico aporta un valor adicional a los insumos y los convierte en artículos listos para ser vendidos, producto terminado (Torres, 2013).

6.1.2. Productividad, eficiencia y capacidad instalada

(Niebel & Freivalds, 2009, p. 1). Exponen lo siguiente: “La única forma en que un negocio o empresa puede crecer e incrementar sus ganancias es mediante el aumento de su productividad. La mejora de la productividad se refiere al aumento en la cantidad de producción por hora de trabajo invertida”.

Es importante enlazar la relación de productividad, eficiencia y capacidad instalada; a fin de evitar cualquier interpretación errónea en esta investigación. La productividad es el grado de rendimiento de los recursos invertidos en el proceso y los productos obtenidos.

La productividad por otro lado según (García, 2005, p. 19) queda definida por medio de dos variables, la eficiencia y la eficacia.

Tabla I. Variables de la productividad

Variables	Definición	Indicadores
Eficiencia	Forma en que se usan los recursos de la empresa; humanos, materia prima, tecnológicos, etcétera.	<ul style="list-style-type: none">• Tiempos muertos• Desperdicio• Porcentaje de utilización de la capacidad instalada
Eficacia	Grado de cumplimiento de los objetivos, metas o estándares, etcétera.	<ul style="list-style-type: none">• Grado de cumplimiento de los programas de producción o ventas.• Demoras en los tiempos de entrega.

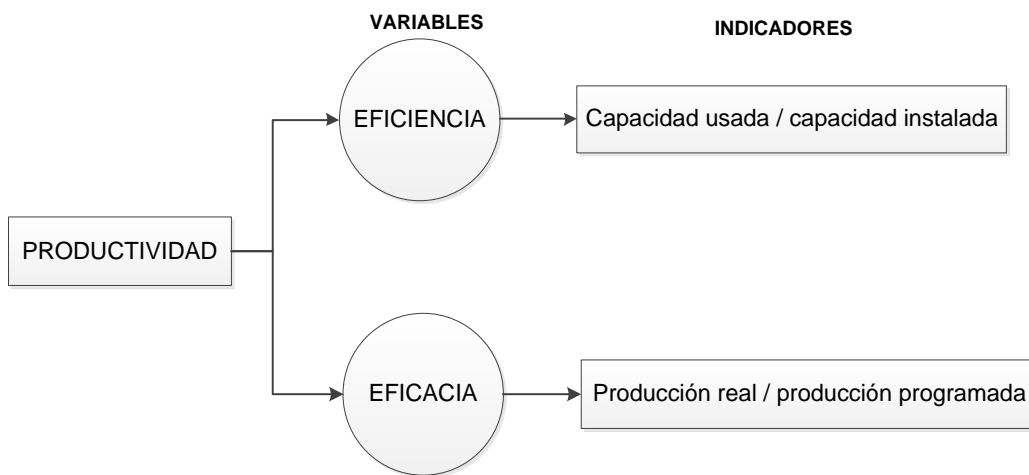
Fuente: García (2005), p. 19.

Además este autor, esclarece la forma de calcular la eficiencia y eficacia del sistema:

“Porcentaje de eficiencia = (Capacidad usada / Capacidad disponible) X 100 %
Porcentaje de eficacia = (Producción real /Producción programada) X 100 %”.

La eficiencia define la forma en que se utilizan los recursos de la empresa y la eficacia es el grado de cumplimiento del programa de producción.

Figura 2. **Definición de variables de la productividad**



Fuente: elaboración propia.

La figura 2, explica la relación entre productividad, eficiencia y capacidad instalada, este último, que es el tema tratado en la investigación. Por lo que se argumenta, que la capacidad instalada conforma el indicador de la variable eficiencia. Es entonces la capacidad instalada, una variable indirecta de la productividad general del sistema de producción.

6.1.3. Distribución en planta

“Distribución de planta es la colocación física ordenada de los medios industriales, tales como maquinaria, equipo, trabajadores, espacios requeridos para el movimiento de materiales y su almacenaje, además de conservar el espacio necesario para la mano de obra y servicio auxiliares” (García, 2009, p. 143-144).

La conjugación física de los factores productivos en un sistema, que se adapta a los volúmenes de producción es lo que se llama distribución de planta. Es decir, la adecuación o configuración de la maquinaria, estaciones de trabajo para el recurso humano, rutas para el flujo del artículo fabricados, almacenajes, etc. Y cuya interacción permitirá obtener las salidas del sistema, bienes.

6.1.3.1. Tipos de distribución

- Por producto

“Las distribución se orienta con base al producto que se desea obtener, adecuándose a la fabricación de un producto estándar, generalmente con volúmenes grandes en la que continuamente se hacen los mismos productos, cambiando únicamente las cantidades a producir, mes con mes” (López, 2000, p. 2).

El mejor exponente de este tipo de distribución es la fabricación de automóviles. En la que los materiales se colocan sobre un transportador o conveyor y en el camino se le añaden componentes hasta que el producto es terminado.

- Por proceso

Torres (2008) indica que este tipo de producción se adapta a una gran variedad de productos, conformado por varios departamentos distinguibles; en el que cada uno está dedicado a muy pocas tareas. La mayor ventaja de este tipo de distribución es la adaptabilidad para la producción de una gran variedad de productos. La desventaja radica en el espacio amplio utilizado para depositar el material de los lotes a trabajar, así como en los tiempos muertos ocasionados por el cambio en el procesamiento entre lote y lote.

La producción en lotes significa que hay tiempo para comenzar y finalizar el lote, de aquí el nombre intermitente. Porque al comenzar a procesar un lote se enciende el sistema y que a su término se apaga. Es por ello que la distribución en planta por proceso es la utilizada para el sistema de producción intermitente. El problema no es la intermitencia, sino el cambio entre un pedido y otro que genera pérdidas sustanciales de tiempo.

- Por punto fijo

“Este tipo de distribución se emplea cuando no se puede mover el producto debido a su peso, forma, volumen, tamaño o alguna característica similar que lo impida. De esta forma, lo que se desplaza es el personal, la maquinaria y las herramientas hacia el producto” (Vásquez, 2009, p. 9-10).

Esta distribución se adapta a un sistema en el que se define un lugar fijo de producción y todos los demás elementos se reúnen y organizan alrededor para su proceso de fabricación. El ensamblaje de aviones, barcos, son ejemplos de este tipo de distribución de planta.

- Tecnologías de grupo o manufactura celular

“La característica esencial que distingue este tipo de distribución, es la distribución y agrupación del trabajo para los distintos productos en familias, seguido de la generación de una línea, capaz de producir en cualquier momento los artículos asignados dentro de la familia” (García, 2005, p. 146).

Esta línea tiene implicaciones como la del balanceo del trabajo y división de operaciones. La ventaja primordial de este sistema es su flexibilidad, pues se puede fabricar cualquier pieza asignándola al grupo (familia) correspondiente.

6.1.3.2. Principios para una distribución de planta

Cuando se trata de lograr optimización del lugar para el proceso son varios los criterios que rigen la forma en que se lleva a cabo la distribución.

- Distancia mínima a mover

“Se debe minimizar en lo posible los movimientos de los elementos entre operaciones” (García, 2005, p. 144). Minimizando la distancia recorrida se mejora el proceso, debido a que implica una menor manipulación de materiales con una menor probabilidad de estropeo de los mismos por parte del personal.

- Circulación o flujo de materiales

“La pérdida de tiempo en los procesos productivos se da en ocasiones al trasladar los materiales entre estaciones de trabajo o de la bodega de materia prima hacia las áreas de producción” (Vásquez, 2009, p. 13).

Es por ello que definir un flujo de materiales que no entorpezca el proceso y que además simplifique el manejo de los materiales es un criterio que no puede pasar desapercibido dentro de los principios para la distribución de planta, logrando una mayor fluidez en el proceso.

- Satisfacción y seguridad

Es necesario recordar que el lugar donde convergen todos los elementos necesarios para transformar la materia, también debe considerar la interacción de la mano de obra, por lo tanto esta distribución deberá minimizar los riesgos de accidentes y proporcionar al operario un ambiente agradable de trabajo. “La distribución debe satisfacer y ofrecer seguridad al trabajador” (García, 2005, p. 145).

- Flexibilidad

Es importante tomar en cuenta que al momento de configurar la distribución de planta se consideren futuras ampliaciones de planta con crecimientos sustanciales de la demanda en el futuro; sin tener para ello que gastar exorbitantemente en nuevas instalaciones. Este principio asegura que al momento de ajustarla o modificarla la inversión será a bajo costo y sin mayores inconvenientes (Vásquez, 2009).

6.1.4. Factores que inciden en un bajo rendimiento de la producción

Se listan cuatro razones atribuibles a un rendimiento bajo en la producción.

6.1.4.1. Control para el suministro de materiales

“Un estudio realizado por el Instituto de Manejo de Materiales reveló que entre 30 y 85 % del costo de introducir un producto al mercado está asociado con el manejo y control de materiales.” (Niebel & Freivalds, 2009, p. 78).

“En instalaciones orientadas al proceso, se tiene una gran diversidad de productos, el trabajo fluye dentro de patrones que cambian día a día y debe manejarse un volumen relativamente grande de materiales” (Torres, 2008, p. 121). Se observan en su mayoría, para los sistemas de producción intermitente la elevada cantidad de materiales. Estos flujos de materiales, entorpecen el flujo del proceso al no estar estandarizada la producción.

6.1.4.2. Uso de la máquina y equipo

“La mayoría de las veces, los sistemas productivos son restringidos en su capacidad por máquinas en las que forzosamente deben procesarse los materiales” (López, 2000, p. 60).

6.1.4.3. Capacidad de los operarios

“Para las operaciones manuales que realizan los operarios, es necesario capacitarlos en los movimientos necesarios para efectuar sus actividades, eliminando esfuerzo y fatiga innecesarios, agilizando el ritmo de producción” (López, 2000, p. 61).

Dependiendo de la complejidad de las operaciones y de la falta de automatización del proceso o de la necesidad de la mano de obra adicional en el proceso; puede atribuirse baja producción por el recurso humano.

6.1.4.4. Control de calidad en el proceso

Tanto la existencia como la inexistencia del control de la calidad pueden entorpecer la producción. En la existencia de demasiados puntos de verificación del proceso, se retrasará el flujo de trabajo. Y en la inexistencia del control de calidad, sin ningún punto de control asociado se darán errores, que implicarán reprocesos (López, 2000).

6.2. Manufactura esbelta

Conocida también por su nombre en inglés como *lean manufacturing*, la manufactura esbelta es una metodología diseñada para crear valor y reducir o eliminar los desperdicios en un proceso de bienes y/o servicios.

6.2.1. Definición de la manufactura esbelta

La manufactura esbelta nació en Japón y fue concebida por los creadores del Sistema de Producción Toyota: Taiichi Ohno, Shigeo Shingo, Eijy Toyoda entre otros (G. Schroede et al, 2005).

(Gutiérrez, 2010, p. 96). Hace hincapié en que la manufactura esbelta está enfocada en: “Rediseñar un proceso en el cual el flujo del mismo tiene la mínima cantidad de actividades a la vez que elimina todas aquellas que no agregan valor y que impiden el flujo. Lo contrario al resultado entregado por la aplicación de la manufactura esbelta es un proceso en el que no fluye el trabajo por los atascos, tiempos de espera, altos inventarios, actividades que se hacen por rutina y tradición, pero que no agregan valor al producto”.

Rodríguez (2006) informa que las bondades que pueden ser obtenidas de la implementación de la manufactura esbelta son:

- Reducción de desperdicios
- Reducción de inventarios
- Creación de sistemas apropiados de entrega de materiales
- Mejoras en la distribución de planta para aumentar la flexibilidad

6.2.2. Los 5 principios de la manufactura esbelta

Aunque existen pequeñas diferencias entre autores en cuanto a los principios que guían la acción de la manufactura esbelta, en esta investigación se parte de los principios propuestos por Womack y Jones (2003).

- Valor desde la perspectiva del cliente

“Definir con claridad por qué el bien o servicio que proporciona la organización es valioso para el cliente final” (Gutiérrez, 2010, p. 98). Esto se logra comprender de mejor forma, al recordar que el valor depende de la perspectiva del cliente, por lo que está dispuesto a pagar. Por lo tanto, es necesario tenerlo en consideración al aplicar la manufactura esbelta, porque orienta a los cambios que sean necesarios, creando solamente valor.

- Identificación, estudio y mejora del valor del proceso

“Identifica todos los pasos y tareas de procesamiento que se emprenden para completar un producto o para proporcionar un servicio desde el principio a fin” (G. Schroeder et ál., 2005, p. 132). Para este principio es necesario identificar como el valor se añade en el proceso que es conocido como corriente de valor. Con todas las tareas y procesos que se ejecutan para proporcionar un servicio de principio a fin. La posterior eliminación de cualquier tipo de desperdicio, constituye una mejora en el proceso.

- Flujo de proceso simple, uniforme y libre de errores

“Se refiere a la introducción de mejoras una vez identificados los desperdicios. Que requieren de soluciones planteadas para eliminar los desperdicios. Asegurando un flujo ininterrumpido del proceso por lo que a este principio también se le conoce como, crear flujo” (Gutiérrez, 2010, p. 102).

- Producción a requisición del cliente

“Luego de aplicar los tres primeros principios, lo siguiente es organizar el proceso para que produzca sólo cuando el cliente lo solicite o lo necesite, en lugar que la organización empuje el producto hacia el cliente. Este es un asunto clave, sobre todo porque la demanda del cliente no es constante. Por lo que el reto es que el proceso sea flexible y se adapte a la demanda del cliente” (Gutiérrez, 2010, p. 104).

Derivado de la palabra inglesa *pull* (halar), implica que la empresa produzca bajo las órdenes del cliente. “La forma de cumplir con este principio es haciendo que el proceso funcione de acuerdo con el sistema *Kanban*, en el que

cada operación, comenzando por embarque y remontándose al proceso, va halando el producto necesario de la operación anterior, únicamente cuando lo necesite” (Cano, 2009, p. 16).

- Esfuerzo en la perfección

“Implica un mejoramiento continuo de todos los procesos, así como un cambio radical cuando ello es necesario. Cuando esto se hace, puede aportarse más valor en la búsqueda de la perfección definitiva para el cliente” (G. Schroeder et ál., 2005, p. 135). Perseguir la perfección en los procesos, una vez se alcanzan los cuatro pasos anteriores significa darle seguimiento al proceso y trabajar en la filosofía de la mejora continua.

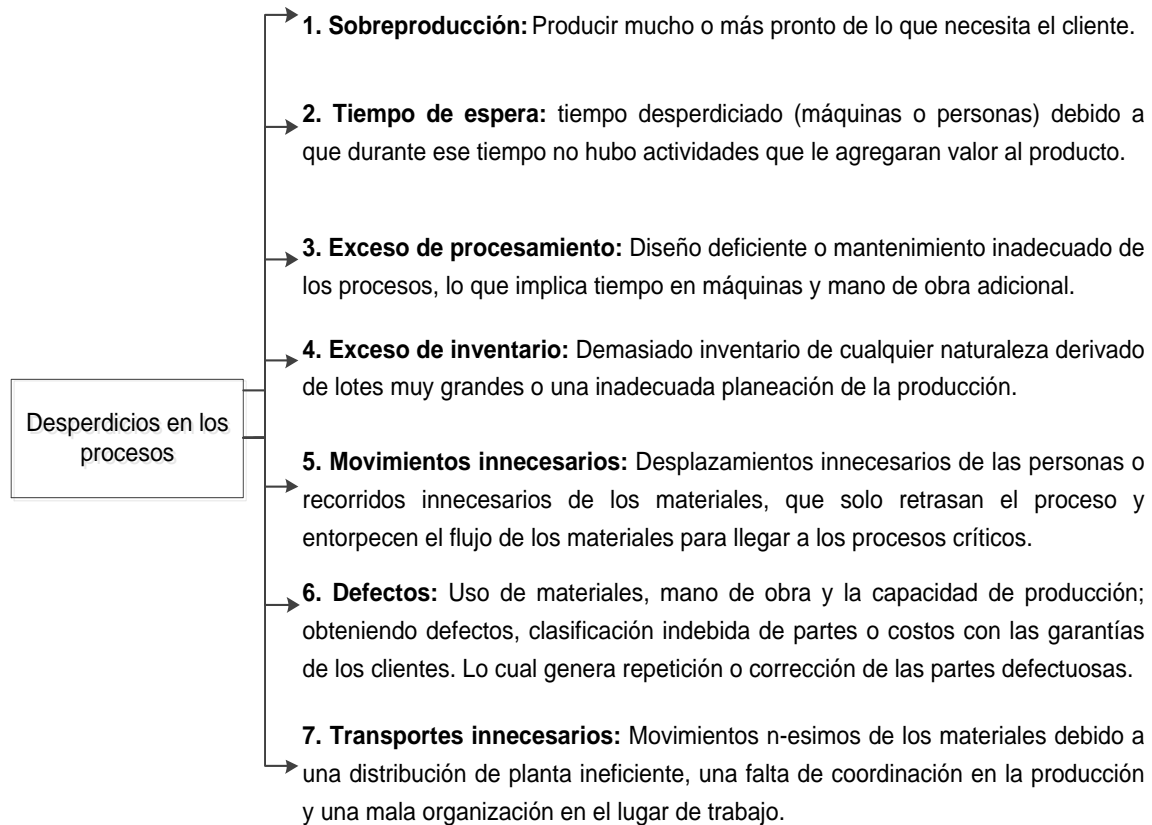
6.2.3. Los siete desperdicios del proceso

Cano (2009) expone que, bajo la premisa de la manufactura esbelta que pregona la eliminación de desperdicios, estos se pueden denotar como: cualquier insumo que no sea absolutamente necesario, en lo que cabe categorizar a maquinaria, materiales, espacio, esfuerzo, etc. O proceso innecesario para efectuar un trabajo que no agrega valor al producto y por lo que el cliente no está dispuesto a pagar.

Por otro lado, (Gutiérrez, 2010, p. 96,) define al desperdicio como “cualquier cosa o actividad que genera costos pero que no agrega valor al producto”.

Según (Cano, 2009, p. 31). “Los desperdicios son el principal factor para el aumento de los costos de fabricación”. En el lenguaje japonés se hace referencia al desperdicio a través de la palabra *Muda*.

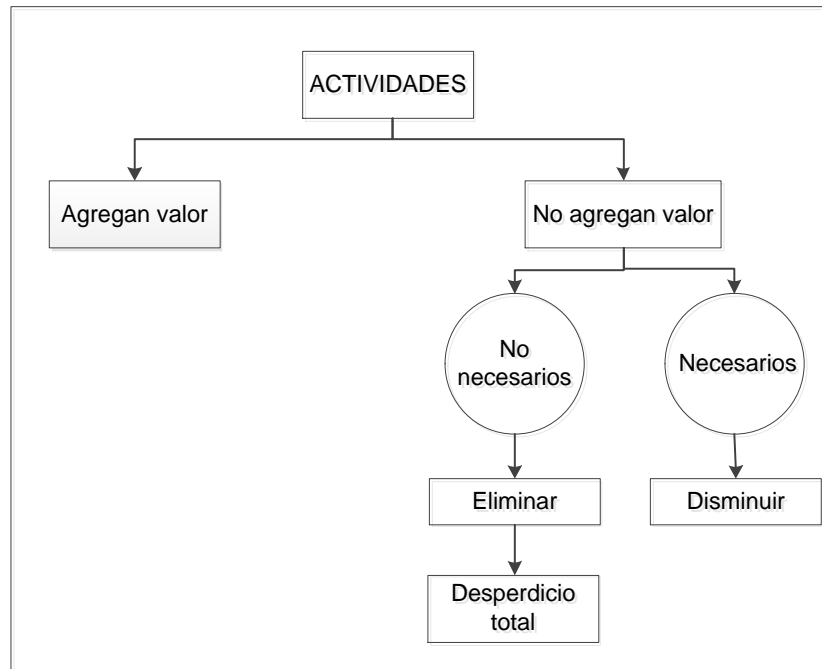
Figura 3. **Desperdicios en los procesos**



Fuente: G. Schroeder et ál., (2005). p. 135

Es necesario establecer un punto de equilibrio en cuanto a la eliminación de desperdicios, ya que existirán siempre en alguna forma de despilfarro, e inclusive algunos enmarcados en los conceptos expuestos anteriormente, existirán inevitablemente en el proceso. La figura 4 esquematiza el orden de decisiones para disminuir o eliminar los desperdicios.

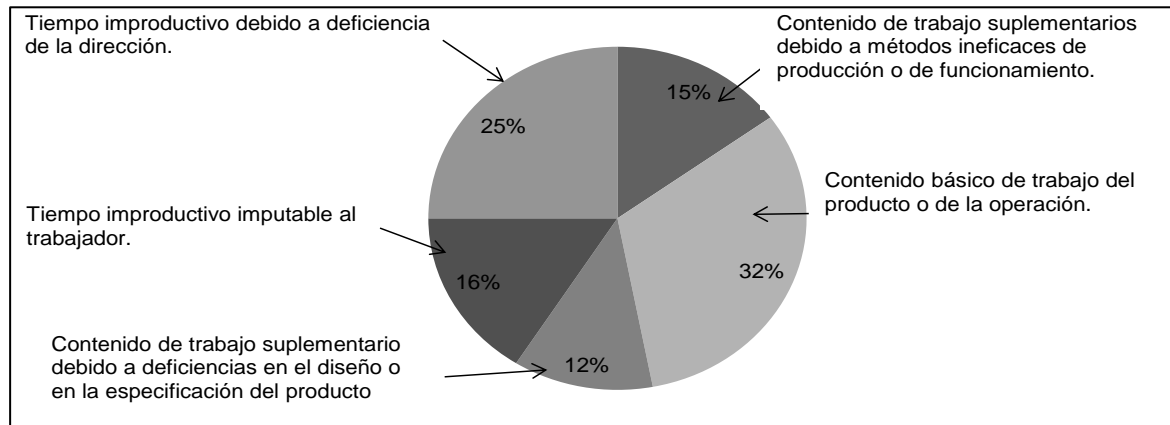
Figura 4. **Identificación y eliminación de desperdicios**



Fuente: Cano (2009) p. 31.

García (2005) da a conocer la distribución del tiempo de fabricación, en la que asociado a la reducción de desperdicio, denota un despilfarro del 25,0 %. Con la causa, “deficiencias de la dirección”. Este porcentaje representa una oportunidad de mejora, al identificar estas deficiencias y eliminarlas.

Figura 5. **Descomposición del tiempo de fabricación**



Fuente: García (2005), p. 15.

6.2.4. **El balance de tiempo en las operaciones**

Cano (2009) expone que uno de los objetivos a alcanzar con la manufactura esbelta es entregar el producto en el tiempo acordado por el cliente. Esto implica marcar un ritmo al cual se debe trabajar; logrando así la entrega del producto en el plazo especificado.

6.2.4.1. **Takt time**

“*Takt* es una palabra de vocablo alemán, que alude a la batuta que el director de una orquesta blande para regular la velocidad de la música” (G. Schroeder et ál., 2005, p. 138). Cano (2009), define el ritmo de producción como:

$$Takt\ time = \frac{\text{Tiempo disponible}}{\text{Demanda del cliente}}$$

El *takt time* es entonces, la velocidad o ritmo de producción a la cual cada operación debe avanzar; que garantiza el cumplimiento al cliente en el tiempo con el que cuenta la organización para trabajar los bienes o servicios demandados.

6.2.4.2. Pared de balanceo

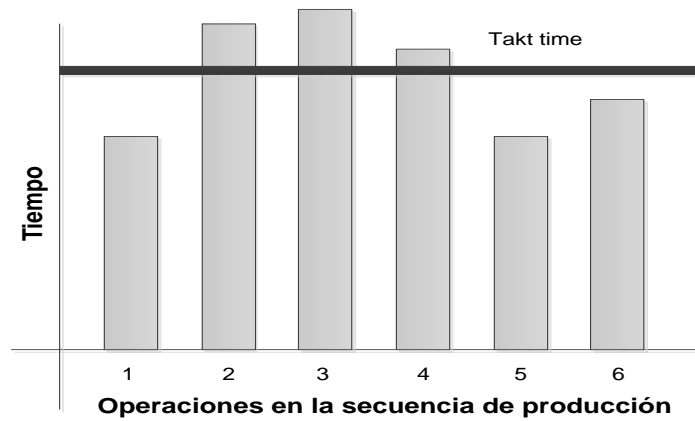
La pared de balanceo se utiliza para lograr el equilibrio en cuanto al tiempo requerido por cada operación. Con el fin de que todos estén bajo la misma capacidad y que cada operación se alinee con el objetivo que es cumplir con la producción en el plazo establecido (Cano, 2009).

Es importante mencionar que el límite o pared de balanceo de las operaciones lo constituye el valor del *takt time*.

Antes de implementar la manufactura esbelta, existen operaciones con tiempos en el proceso que sobrepasa el ritmo de producción o *takt time*. Estas operaciones son las restricciones del proceso.

La figura 6 muestra un gráfico, en el que sobre el eje de las abscisas se encuentran enumeradas y colocadas de forma secuencial las operaciones de un proceso. En el eje de las ordenadas se cuantifica la duración de cada operación. Y la pared de balanceo se ejemplifica con la línea en color negro. Este es el límite, para que la producción fluya a la tasa que lo requiere el mercado. Sin embargo, es evidente que las operaciones 2, 3 y 4 poseen una duración más extensa que el *takt time*. La reducción de las operaciones y los tiempos identificados, es el objetivo a seguir.

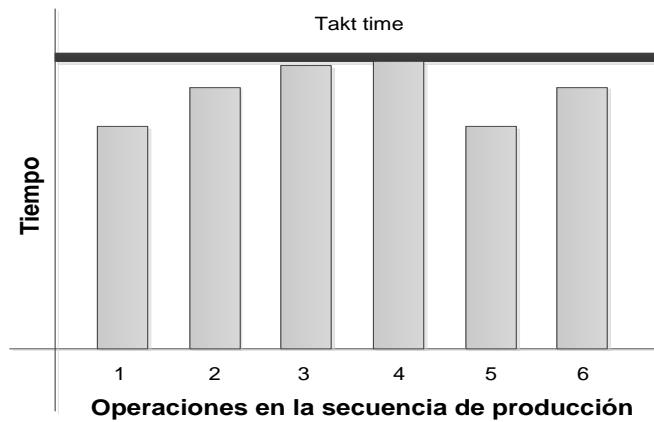
Figura 6. **Gráfico pared de balanceo 1**



Fuente: elaboración propia.

La figura 7, por otro lado muestra la gráfica anterior, después de haber reducidos los tiempos en las operaciones acorde al ritmo de producción o *takt time*. Con lo cual el flujo del proceso está alineado con la tasa de demanda.

Figura 7. **Gráfico pared de balanceo 2**



Fuente: elaboración propia.

Si bien tiempos mayores al *takt time* derivan en incumplimiento de la demanda, tiempos demasiado cortos terminan por generar inventario en el proceso. De aquí que el equilibrio de las operaciones respecto al *takt time* se logre cuanto los valores sean lo más cercanos a la pared de balanceo.

6.2.5. Control del flujo con el sistema *Kanban*

“Es un método de liberación y movimiento de materiales. En japonés la palabra *Kanban* hace referencia a una tarjeta, placa u otro dispositivo que se usa para controlar la secuencia de materiales liberados en el proceso” (G. Schroeder et ál., 2005, p. 139). Señalando la necesidad de más partes y de asegurar aquellas que se produzcan justo a tiempo y que den por consiguiente apoyo a la fabricación o ensamble subsiguiente.

Este tiene una relación importante con el *takt time*, ello porque en operaciones inferiores al *takt time* se deberá tener especial cuidado de liberar la cantidad de material que alimente al sistema y no genere exceso de inventario en el proceso.

6.2.6. Cambios de la distribución física

La metodología de la manufactura esbelta marca un cambio en la forma como se distribuyen los procesos. Porque al eliminar el inventario y operaciones que no agregan valor, como al replantear la secuencia de las operaciones para lograr alguna mejora específica, intuitivamente la distribución física sufre de modificaciones que dependerán de los cambios drásticos o mínimos que sean necesarios para hacer fluir las operaciones.

6.2.6.1. La evolución hacia grupo tecnológico (GT) o manufactura celular

G. Schroeder et ál., (2005) exponen que al realizar el análisis de valor, se redefinen los centros de trabajo de modo que las partes puedan fluir uniformemente de un centro de trabajo al siguiente.

(García, 2005, p. 147-148). Afirma sobre los grupos tecnológicos lo siguiente: “Los grupos tecnológicos agrupan piezas de características comunes en familias y asigna una línea de producción capaz de producir cualquiera de las piezas de esta familia...la ventaja inmediata de este sistema es que no se pierde flexibilidad pues se puede fabricar casi cualquier pieza, asignándola a su grupo correspondiente”.

6.2.7. Mapeo de la cadena de valor

El mapeo de la cadena de valor o su acrónimo en inglés *VSM*, es una de las más útiles herramientas de la manufactura esbelta. Derivado de su filosofía antidesperdicio, “es el procedimiento que permite ubicar los desperdicios en cualquiera de sus formas en la cadena de valor” (G. Schroeder et ál., 2005, p. 132). Pero antes de entrar en detalles del método, es necesario definir qué es valor.

Cano (2009) afirma que el valor está definido por el cliente y que puede ser definido en el momento en el que las necesidades por el cliente estén identificadas y comprendidas. Todo aquello que no identifique el cliente como valor, es desperdicio.

Contextualizando lo anterior expuesto, el valor en una ventana o puerta europea es definido por el cliente, en términos de funcionalidad, presentación y durabilidad de la pieza adquirida. Pero, si para poder hacer la entrega de la pieza fue necesario repetir la pieza n-cantidad de veces, se desperdició material en el proceso, se tuvo recorridos largos de materiales, etc. Esto no es percibido como valor por el cliente. Por lo que la simplificación de lo anterior es en lo que se concentra la manufactura esbelta.

Cano (2009) expone al *VSM*, como un método en el que se describen los procesos tal como se desarrollan en el momento de análisis de tal forma que se visualicen las mejoras en los procesos para un estado futuro.

Una vez identificadas las oportunidades de mejoras, los resultados se harán evidentes al dar pasos que conduzcan a reducir o eliminar las operaciones, actividades, políticas, desperdicios, etc., que no agregan valor en el proceso.

Para llevar a cabo el proceso del mapeo de la cadena de valor, en su obra Cano (2009) propone la consideración de los siguientes aspectos:

- Establecer el punto inicial y final del proceso a mapear.
- Establecer un indicador de rendimiento inicial que pueda servir para contrastar el estado final.
- Identificar el flujo de información, materiales y personas relacionadas en el proceso.
- Trasladar lo anterior a un diagrama.

Y establece los pasos enumerados a continuación para realizar el mapeo en la cadena de valor:

- Enumerar todos los pasos que dan flujo al proceso.
- Colocar los inventarios dentro del proceso (*WIP*) identificando el tipo de material y su tiempo de espera.
- Cuantificar en cada proceso el TEP, TMP y el TTP.
- Cuantificar los datos totales de la cadena.
- Considerar información adicional, que se obtenga durante el análisis.

6.2.8. Garantía de la calidad

G. Schroeder et al., (2005) alude a la aplicación de los principios y las técnicas de la manufactura esbelta, la garantía de calidad, ya que los defectos se descubren con rapidez en el siguiente proceso. Se diseña un sistema de producción esbelto para exponer errores y para que se corrijan en la fuente, en lugar de cubrirlos con inventario.

Esto es sencillamente deducible, ya que el primer principio de la manufactura esbelta, esboza al valor en términos del cliente. Entonces si se rediseña un proceso en el cual, lo que se pretende es crear únicamente valor, el cliente recibirá este, lo cual es la satisfacción desde su perspectiva.

6.3. Capacidad instalada

Usualmente se piensa que el tamaño de una planta o fábrica, así como la inversión realizada en maquinaria y las instalaciones define la capacidad instalada.

Lo anterior es relativamente cierto, relativo, porque la capacidad instalada define en un sistema productivo la cantidad de artículos o unidades que es capaz de producir dicho sistema para abastecer a los pedidos. Pero esta definición no está completa si no se acota con la dimensional tiempo. Porque para planificar las operaciones y ventas se deberá hablar de tiempos específicos en los que se puede proveer y producir lo necesario. El tamaño de una planta no dice nada, si no se obtiene una medida de rendimiento, de su habilidad marcada en el tiempo para transformar los insumos en productos terminados.

6.3.1. Definición de capacidad instalada

“Se define como capacidad instalada a la tasa máxima disponible de producción o de conversión por unidad de tiempo. No se puede especificar la capacidad instalada sin considerar la dimensión de tiempo” (Mejía, 2013, p. 1). El autor se refiere entonces al volumen de producción que es posible obtener, acotado por el recurso tiempo.

“Por ejemplo, algunas medidas erróneas de la capacidad instalada son: el número de camas en un hospital o los asientos en un restaurante. El número de camas de un hospital representa el tamaño de las instalaciones pero no es una medida de producción. El número de camas debe combinarse con una estimación del tiempo que se permanece en el hospital para llegar a una

medida de capacidad tal como el número de pacientes tratados al mes” (Solórzano, 1982, p. 7).

(Cano, 2009, p. 29). Afirma que “La capacidad de todo proceso está determinada por la actividad que requiere más tiempo o más recursos (cuello de botella)”.

Por lo tanto la capacidad instalada depende del tiempo trabajado efectivo y el tiempo empleado para producir una unidad en el proceso restrictivo del sistema productivo. De lo que se infiere que, centrar los esfuerzos en disminuir la duración del cuello de botella, significa aumentar la capacidad instalada.

6.3.2. Indicador de la capacidad instalada

Beltrán (1990), define a la capacidad instalada máxima como el número de unidades que el sistema productivo dadas sus limitaciones puede atender en condiciones óptimas de operación en un período determinado.

Mejía (2013) expone que el indicador de la capacidad instalada queda definido como el porcentaje de utilización del sistema de producción. Dada la producción real en un periodo determinado de tiempo y teniendo el valor de la capacidad instalada máxima para el mismo periodo. Definido como el cociente de los dos valores anteriores.

6.3.3. Tipos de capacidad en un sistema productivo

Aunque existe una capacidad instalada máxima que pocas o nulas veces se obtiene, porque depende de la alineación perfecta de todos los elementos del sistema, existirá también aquella que es responsable de no alcanzar ese

desempeño, una promedio, una de superávit y otra de déficit. Cada concepto es ampliado a continuación.

6.3.3.1. Capacidad máxima

“Conocida como capacidad teórica o ideal, que se da cuando la fábrica puede vender todas las mercancías que es capaz de producir suprimiendo el tiempo ocioso o pérdidas de producción” (Beltrán, 1990, p. 55). Que rara vez se logra debido a las pérdidas necesarias, originadas por retrasos que impiden el trabajo continuo.

6.3.3.2. Capacidad ociosa

“Parte de la capacidad instalada que no se utiliza por trabajos de reparaciones, mantenimiento, reconstrucciones, paros de producción, ausentismo de obreros, etc.” (Beltrán, 1990, p. 56). La capacidad ociosa, representa la oportunidad en la que las empresas pueden centrarse para incrementar el volumen de producción, cuando la demanda se incrementa. Reducir todas aquellas causas asignables que la limitan, constituye una estrategia para alcanzar los niveles de venta demandados por el mercado.

6.3.3.3. Capacidad de operación

“Se define como el diferencial de los dos conceptos anteriormente citados, capacidad máxima o teórica, restada la capacidad ociosa” (Beltrán, 1990, p. 57). Esta es una medida real de operación, ya que no contempla lo ideal de la capacidad máxima, en la que se trae al plano de la realidad restándole todas aquellas causas que merman su valor, capacidad ociosa.

6.3.3.4. Capacidad excedente

“Se origina cuando el sistema productivo produce más de lo que alcanza a vender en el mercado” (Beltrán, 1990, p. 58). En otras palabras la diferencia entre su capacidad de producir y su aptitud para vender.

6.3.3.5. Capacidad insuficiente

“La capacidad insuficiente tiene lugar, cuando una fábrica vende más mercancías de las que puede producir” (Beltrán, 1990, p. 62). Ocasionando un déficit en las ventas. La única manera en que una compañía podría producir y vender la cantidad faltante es incrementando su capacidad instalada, sinónimo de eficiencia en el proceso productivo.

6.3.4. Capacidad instalada y economías de escala

“El grado en que se utilice la capacidad instalada de producción de una planta, afectará directamente el costo de una unidad producida, ya que los costos tienden a disminuir al aumentar la producción y por el contrario aumentan cuando la producción disminuye.” (Beltran, 1990, p. 53). Esto es lo que se conoce como economías de escala, que no es más que la reducción del costo de producción más que proporcional a medida que el nivel de producción o servicio aumenta. La principal ventaja de este efecto en la economía es, que mientras más bajo sea el costo de producción, la empresa tendrá un mayor margen de ganancia sobre el cuál negociar.

6.4. Ingeniería de métodos

Para la estandarización y mejora de los procesos, es la herramienta principal, la ingeniería de métodos. Centrándose en dos ejes principales: estudio del método de trabajo y cuantificación y reducción del tiempo empleado para realizar las operaciones.

6.4.1. Definición y objetivos de la ingeniería de métodos

Saber a qué se refiere y que fines persigue su aplicación, permitirá conocer con antelación si su aplicación es requerida para la solución de un problema. Tema que se adaptará siempre que sean requeridas mejoras en un proceso.

6.4.1.1. Definición de la ingeniería de métodos

“Las herramientas fundamentales que generan mejora en la productividad incluyen métodos, estudio de tiempos estándares (a menudo conocidos como medición del trabajo) y el diseño del trabajo. La ingeniería de métodos se ocupa del diseño, la creación y selección de los mejores métodos de fabricación.” (Niegel & Freivalds, 2009, p. 1).

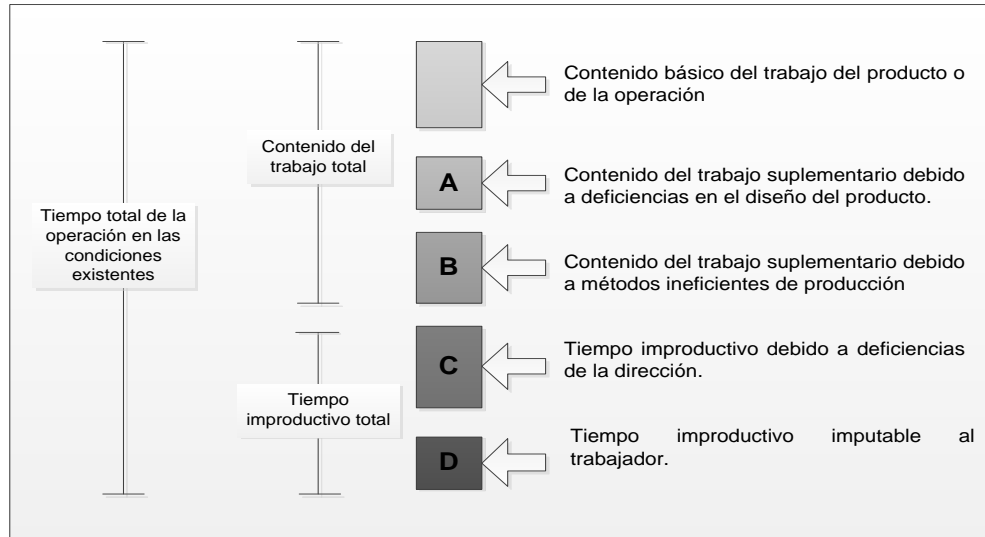
La ingeniería de métodos es el medio de análisis para obtener estas ansiadas mejoras de la productividad.

Niebel & Freivalds (2009) resumen en cada una de las siguientes etapas, la ingeniería de métodos:

- Seleccionar el proyecto: identificación del proceso susceptible de mejoras.
- Obtener datos y presentarlos: investigar información relevante del producto, cuyo proceso es sujeto de estudio.
- Análisis de datos: al tener desplegada la información, es necesario plantear una propuesta que generará una mejor forma de obtener el producto o servicio. Este método mejorado debe incluir las condiciones del trabajo tales como la configuración y distribución de planta, el manejo de materiales, el proceso de trabajo, etc.
- Desarrollar el método ideal: ahora del proceso se pasa a la sub-división en operaciones.
- Presentar e implantar el método: explicar detalladamente el método propuesto a los involucrados.
- Análisis del trabajo: llevar a cabo un análisis del método, con el fin de seleccionar correctamente a los operadores, el entrenamiento y la recompensa.
- Establecer estándares de tiempo: determinar el tiempo justo para las operaciones del nuevo método.
- Seguimiento del método: auditar el método con el fin de determinar si ha alcanzado las mejoras en la productividad.

La aplicación de la ingeniería de métodos cobra importancia cuando la duración de tiempo de un proceso se descompone de la siguiente forma:

Figura 8. **Descomposición del tiempo de fabricación**



Fuente: García (2005), p. 16.

Y solo la aplicación sistemática para evaluar el método como la medición del trabajo (aplicación de la ingeniería de métodos) puede eliminar o reducir los tiempos improductivos, representados por C y D.

6.4.1.2. **Objetivos de la ingeniería de métodos**

García (2005) expone los fines que persigue la aplicación de la ingeniería de métodos:

- Mejorar los procesos
- Mejorar la distribución y el diseño de la fábrica, taller, equipo, lugar de trabajo, etc.
- Reducir el esfuerzo humano y reducir la fatiga.
- Aumentar la seguridad en el puesto de trabajo.
- Crear mejores condiciones de trabajo.

Pero, ¿por qué se insiste en la aplicación de la ingeniería de métodos? En este mundo lo único constante es el cambio, la ciencia cambia con nuevos descubrimientos, lo que ayer era válido hoy puede que no lo sea. De igual forma, el método de trabajo empleado tiempo atrás, puede no ajustarse a los propósitos que la empresa persigue en el presente; aumentar la calidad, incrementar su capacidad instalada, reducir costos, etc. Y es la ingeniería de métodos, la que proporciona la evolución del método de trabajo.

6.4.2. Análisis del proceso


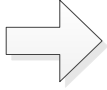



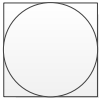
El análisis del proceso consiste en aplicar las herramientas necesarias, que permitan visualizar y reducir o eliminar las deficiencias. Como resultado del análisis del proceso se obtiene la simplificación del mismo.

6.4.2.1. Diagrama de procesos de flujo

Es una herramienta que representa de forma gráfica y cronológica las acciones en las que se descompone el proceso. Identificando si el elemento en que se divide el proceso es una operación propiamente dicha, transporte, inspección o revisión, demora, almacenaje o bien la combinación de operaciones (García, 2005).

La construcción de un diagrama de proceso del flujo es sumamente sencilla. Se trata de unir con una línea todos los símbolos listados en un proceso, en forma secuencial, es decir en el orden que se dan de acuerdo al proceso.

Tabla II. **Clasificación de acciones en un proceso**

ACTIVIDAD	DEFINICIÓN	SÍMBOLO
Operación	Ocurre cuando se modifican las características de un objeto, o se le agrega algo o se le prepara para otra operación, transporte, inspección o almacenaje. Una operación también ocurre cuando da o se recibe información o se planea algo.	
Transporte	Ocurre cuando un objeto o grupo de ellos son movidos de un lugar a otro, excepto cuando tales movimientos forman parte de una operación o inspección.	
Inspección	Ocurre cuando un objeto o grupo de ellos son examinados para su identificación o para comprobar y verificar la calidad o cualesquiera de sus características.	
Demora	Ocurre cuando se interfiere el flujo de un objeto o grupo de ellos, con lo cual se retarda el siguiente paso planeado.	
Almacenaje	Ocurre cuando un objeto o grupo de ellos son retenidos y protegidos contra movimientos no autorizados.	
Actividad combinada	Se presenta cuando se desea indicar actividades conjuntas por el mismo operador en el mismo punto de trabajo. Los símbolos empleados para dichas actividades (operación-inspección) se combinan con el círculo inscrito en el cuadro.	

Fuente: García (2005), p. 42.

6.4.2.2. Diagrama de recorrido o de circulación

“Es una modalidad del diagrama de proceso del recorrido que se utiliza para complementar el análisis del proceso. Se elabora con base en un plano a escala de la fábrica, en donde se indican las máquinas y demás instalaciones fijas” (García, 2005, p. 57). Documentando desde la entrada de los materiales, el proceso, transportes, almacenajes, demoras y finalmente el artículo producido.

6.4.3. Análisis del método de trabajo

Entender la forma en que se lleva a cabo un proceso, identificando las áreas de oportunidades de mejora es solo el medio conducente a mejorar un proceso. Esto porque, basado en la información recolectada el analista deberá concebir soluciones factibles y que deberán ponerse a prueba en las áreas de oportunidad identificadas.

6.4.3.1. Técnicas para el análisis del trabajo

Se toma el criterio (García, 2005, p. 114). Que propone dos técnicas para el análisis del método de trabajo:

- Técnica de la actitud interrogante. Consiste en el planteamiento de preguntas al presenciar el proceso, siendo estas: “¿Es necesaria la operación?, ¿puede eliminarse?, ¿puede combinarse con otra?, ¿puede cambiarse el orden?, ¿puede simplificarse?”.
- Lista de comprobación de análisis. Esta técnica es complementaria a la técnica de actitud interrogante.

Tabla III. Comprobación de análisis

Comprender	Analizar
¿Qué se logra?	¿Es necesario?
¿Dónde se hace?	¿Por qué ahí?
¿Quién lo hace?	¿Por qué esa persona?
¿Cómo se hace?	¿Por qué de esa manera?

Fuente: García (2005), p. 114.

6.4.4. Estudio de tiempos y estándares

“El estudio de tiempos es una técnica para determinar con la mayor exactitud posible, con base en un número limitado de observaciones, el tiempo necesario para llevar a cabo una tarea determinada” (García, 2005, p. 185).

Existen aspectos importantes a considerar, previo a cronometrar los tiempos, estos de acuerdo a García (2005) son: seleccionar la operación, dividir la operación en elementos, seleccionar al trabajador e informar al trabajador sobre el motivo del estudio de tiempo.

6.4.4.1. Tiempo cronometrado

“La cifra estadística comúnmente usada es la media aritmética, tendencia central seleccionada para representar los tiempos reales observados, tomados durante un estudio de tiempo” (López, 2000, p. 5).

El tiempo cronometrado es aquel que se obtiene de la observación y medición de tiempo que dura una operación, utilizando la observación directa del analista y apoyándose del dispositivo llamado cronometro para medir el tiempo empleado por un operador para ejecutar la operación. Los dos principales métodos para cronometrar son:

- Método regreso a cero

Se toma el tiempo para cada elemento identificado en la operación, esperando que el ciclo de la operación termine para cronometrar nuevamente el elemento que se está trabajando. Por ello, una vez se ha medido y anotado la

duración del elemento analizado, se coloca la pantalla del cronometro en cero, esperando la siguiente oportunidad para tomar el tiempo del elemento.

(García, 2005, p. 196). Lo define como aquel método que consiste en “Oprimir y soltar inmediatamente la corona de un reloj de ‘un golpe’ cuando termina cada elemento”.

- Método continuo

El analista, contrariamente al método anterior, mide la duración total del proceso desde que inicia hasta que termina. Anotando el marcaje del tiempo transcurrido en la frontera de cambio de un elemento a otro.

Al respecto (García, 2005, p. 196). Menciona que con este método “el reloj se pone en marcha y permanece en funcionamiento durante todo el estudio y solo se detendrá una vez que el estudio haya concluido. El tiempo para cada elemento se obtendrá restando la lectura anterior de la lectura inmediata siguiente”.

6.4.4.2. Tiempo normal

Cuando se ha definido la duración del tiempo cronometrado de la operación, se deberá normalizar. Esta normalización es necesaria porque se debe evaluar el desempeño del operador al momento de realizar el estudio de tiempo. De lo anterior se define el tiempo normal como el producto del tiempo cronometrado y su respectiva calificación. García (2005).

- Métodos para la calificación del método de trabajo
1. “Nivelación: consiste en dividir en cuatro categorías el desempeño del trabajador. Estas son: habilidad, esfuerzo, condiciones y consistencia” (García, 2005, p. 213).
 2. “Calificación de la velocidad: es un método de evaluación del desempeño que considera solo el ritmo de trabajo por unidad de tiempo” (Niebel & Freivalds, 2009, p. 357).
 3. “Calificación objetiva: es un método según el cual se califica el ritmo y la dificultad de trabajo” (García, 2005, p. 221).

6.4.4.3. Tiempo estándar o tipo

La estandarización del tiempo de una operación es el adiconamiento de holguras sobre el tiempo normal. (García, 2005). Estas holguras son las que trasladan el estudio de tiempos al plano de la realidad objetiva. Esto porque las condiciones ambientales de operación, la dificultad de la operación y las características del trabajador influyen en la cantidad de productos obtenidos.

- Holgura y suplementos

Al respecto existen muchas formas de calcular los suplementos. Sin importar cual método se seleccione, se deberá partir de las condiciones en que se lleva la operación y luego aplicar el método seleccionado (Niebel & Freivalds, 2009).

El método convencionalmente aceptado, es el de suplementos predeterminados, el cual se basa en una tabla con valores en porcentajes.

6.4.4.4. Muestreo del trabajo

“La técnica del muestreo de trabajo consiste en la cuantificación proporcional de un gran número de observaciones tomadas al azar”. (García, 2005, p. 250). Es una técnica en la ingeniería de métodos que puede aplicarse para estudiar la circulación de materiales, determinar la proporción de tiempo ocioso durante un día, etc.

No obstante, al no conocer la duración del tiempo de la operación a determinar, existe controversia sobre cuántos ciclos son los apropiados a tomar como base para llevar a cabo el estudio de tiempos. Al respecto *General Electric Company* estableció una tabla con la que al cronometrar la duración de la operación, puede conocerse la cantidad de ciclos a observar en el estudio.

7. CONTENIDO DEL INFORME

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

LISTA DE SÍMBOLOS

GLOSARIO

RESUMEN

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y FORMULACIÓN DE PREGUNTAS

ORIENTADORAS

OBJETIVOS

RESUMEN DE MARCO METODOLÓGICO

INTRODUCCIÓN

1. SISTEMAS DE PRODUCCIÓN
 - 1.1. Elementos de un sistema productivo
 - 1.2. Productividad, eficiencia y capacidad instalada
 - 1.3. Distribución en planta
 - 1.4. Factores que indiquen en un bajo rendimiento de la producción

2. MANUFACTURA ESBELTA
 - 2.1. Definición
 - 2.2. Los cinco principios de la manufactura esbelta
 - 2.3. Los siete desperdicios en el proceso
 - 2.4. Mapeo de cadena de valor

3. CAPACIDAD INSTALADA
 - 3.1. Definición e indicador de utilización
 - 3.2. Tipos de capacidad en un proceso productivo

3.3. La eficiencia y su relación con la capacidad instalada

4. INGENIERÍA DE METODOS

4.1. Definición y objetivos de la ingeniería de métodos

4.2. Análisis del proceso

4.3. Análisis del método de trabajo

4.4. Estudio de tiempo y estándares

5. DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN

5.1. Diagnóstico de la situación actual de producción

5.2. Determinación de capacidad instalada

5.3. Identificación de desperdicios generados en el proceso

5.4. Disminución de desperdicios en el proceso

5.5. Determinación de proceso restrictivo en el sistema productivo

6. ENSAYO DE SOLUCIÓN

6.1. Integración de célula de manufactura

6.2. División de las operaciones en el proceso restrictivo

6.3. Condiciones a controlar en el ensayo

6.4. Medición de reducción de desperdicios

6.5. Presentación de resultados

6.6. Discusión de resultados

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

8. DEFINICIÓN DE VARIABLES

Se dan a conocer las definiciones de las variables que serán objeto de análisis en el estudio.

8.1. Cuantitativas

Para el efecto de esta investigación, la capacidad instalada se define como:

- Capacidad instalada =
$$\frac{\text{Tiempo efectivo disponible}}{\text{Tiempo en el proceso restrictivo del sistema}}$$

Y sus indicadores asociados serán:

- Porcentaje utilización de capacidad instalada =
$$\frac{\text{Capacidad de operación}}{\text{Capacidad instalada máxima}}$$
- Porcentaje aumento capacidad instalada =
$$\frac{\text{Capacidad instalada final} - \text{Capacidad instalada inicial}}{\text{Capacidad instalada inicial}}$$

Adicional se establecen otras relaciones entre variables que coadyuvan a la mejora y medición de la capacidad instalada al realizar y ensayar la solución en la investigación, siendo estas:

- *Takt time* =
$$\frac{\text{Tiempo disponible}}{\text{Demanda del cliente}}$$

- Tiempo cronometrado =

$$\sum_{i=1}^n [(\sum_{i=1}^m \text{elemento } 1/m) + (\sum_{i=1}^m \text{elemento } 2/m) + (\sum_{i=1}^m \text{elemento } 3/m) + \dots + (\sum_{i=1}^m \text{elemento } n/m)].$$

Dónde:

m = cantidad de ciclos tomados para el estudio, y

n = cantidad de elementos en que se divide la operación

- Tiempo normal = Tiempo Cronometrado * Calificación
- Tiempo Estándar = Tiempo Normal (1+ %holguras)
- Distancia recorrida total = $\sum_{i=1}^n$ (Distancia recorrida entre cada centro de trabajo)

Dónde:

n = cantidad de centros de trabajo.

Y para el balance de línea se definen los indicadores:

- IP = Unidades a fabricar / Tiempo disponible de un operador
- NT_i = TE_i X IP / E

Dónde:

IP = índice de productividad

NT_i = número de trabajadores en la i-esima operación

TE_i = tiempo estándar para la i-ésima operación

E = eficiencia planeada

8.2. Cualitativas

Las variables cualitativas serán aquellas que durante la investigación, su cuantificación no es posible, quedando definidas como:

- Flujo de materiales: forma en que se da el recorrido de los materiales en el sistema productivo.
- Políticas de distribución de materiales: procedimientos establecidos para el despacho y distribución de materiales en el taller.
- Distribución de planta: distribución del espacio existente de los centros de trabajo.
- Método de trabajo: forma particular adoptada por los operarios de realizar el trabajo o bien por asignación del supervisor.
- Complejidad de las operaciones: nivel de dificultad del proceso.

Categorizarlas permitirá su clasificación durante la investigación.

Tabla IV. **Categorización de variables cualitativas**

Variable	Categorías
Flujo de materiales e información	<p>Eficiente: si los materiales e información circulan hacia adelante en el proceso.</p> <p>Ineficiente: si existen movimientos del material en contra del flujo del proceso, hacia atrás.</p>
Políticas de distribución	<p>Burocráticas: si requieren mucho papeleo para agilizar la operación.</p> <p>Aceptables: si no requiere de papeleo para la liberación de materiales, más que la solicitud y confirmación de materiales recibidos.</p>
Distribución en planta	<p>Óptima: son claramente distinguibles las áreas del taller y no hay flujo cruzado de materiales.</p> <p>Regular: son levemente distinguibles las áreas del taller. Y se observa esporádicamente el flujo cruzado de materiales que no guardan relación.</p> <p>Deficiente: no son distinguibles las áreas del taller. Existe un flujo de materiales cruzado en todas las áreas.</p>
Método de trabajo	<p>Bueno: si no existen desperdicios en cuanto a operaciones innecesarias y no se generan desperdicios en cuanto a materiales producto de las operaciones ejecutadas.</p> <p>Malo: se llevan a cabo operaciones innecesarias y se generan desperdicios como producto del método empleado.</p>
Complejidad de la operación	<p>Difícil: si la operación debe ser ejecutada por el mismo personal en el taller debido a la experiencia necesaria.</p> <p>Fácil: si la operación puede ser ejecutada por cualquier personal en el taller.</p>

Fuente: elaboración propia.

9. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

La investigación propuesta tiene un enfoque mixto (cuantitativo-cualitativo) con alcance descriptivo y diseño experimental. Con recolección de información primaria y secundaria de tipo transversal.

El enfoque es mixto, porque se manejan variables numéricas, se vale de la observación directa y considera toda la información disponible del entorno para el análisis.

Además esta investigación se aborda con un alcance descriptivo y diseño experimental, puesto que se dan a conocer las características observables de la unidad de análisis así como los fenómenos percibidos durante la recolección de información; luego se planteará una solución al problema introduciendo cambios en las variables, que se ensayará bajo condiciones controladas garantizando el principio de validez interna. Discutiendo los resultados obtenidos de la solución ensayada.

La metodología a seguir para la solución del problema está sustentada en la revisión de la literatura.

La metodología de investigación se desarrollará en fases, cada una correlacionada a su pregunta de investigación y objetivo específico. Cuya finalidad es ensayar la solución, buscando la resolución del problema planteado.

Comenzando por la fase de revisión documental que proporciona las bases para la elaboración de la investigación, desde la fase metodológica, teórica y práctica.

9.1. Descripción del proceso de fabricación y determinación de capacidad instalada

Descripción del proceso de fabricación de puertas y ventanas europeas en el taller de operaciones, incluyendo la interrelación de las áreas que lo conforman, maquinaria y distribución. Utilizando la observación directa, obteniendo un diagnóstico de situación actual, parámetro de comparación y con el que se pueda contrastar la solución que se ensayará.

Es vital determinar la capacidad instalada actual del taller, misma que se determinará utilizando el historial de producción que tomará un período de tres meses continuos hacia atrás a partir de la aprobación del plan de investigación. Valiéndose del diagrama de barras para organizar los datos.

En esta industria en particular existe demanda de tipo real. Puesto que se produce a requisición del cliente. El paso siguiente es organizar esta información por tipo de producto. Esta tarea entrega como resultado el conocer los productos que en el mercado tienen mayor demanda y en los que deberán centrarse los esfuerzos de esta investigación para conseguir el mayor beneficio posible.

A continuación se seleccionarán los tres productos con mayores frecuencias de ventas reales. Y esta será la familia de productos sobre la cual continuará el desarrollo de la investigación.

9.2. Identificación de desperdicios generados en el proceso de producción

Se emplea la técnica del mapeo de la cadena de valor para identificar los desperdicios en el proceso. Esta técnica se realiza en cada una de las cuatro áreas que integran la unidad de análisis. Esta actividad se lleva a cabo, con un segundo acercamiento al proceso de fabricación en el que ahora se buscará detectar desperdicios, utilizando la observación directa y lista de cotejo que contempla los siete desperdicios en un proceso.

A continuación se recolecta información en el sector operativo; utilizando la técnica del cuestionario, y en el nivel de jefaturas, supervisión y gerencia de operaciones; empleando la técnica de la entrevista estructurada. El objetivo de este acercamiento con los involucrados, es indagar sobre el proceso de producción y desperdicios. Puede consultar la sección de anexos para conocer el formato del cuestionario y entrevista.

9.2.1. Cálculo de muestra

El sector operativo está conformado por el área de corte, troquel, ensamble y montaje de vidrio con 4, 5, 15 y 8 operarios respectivamente. Cuya suma total es de 32 individuos. Aplicando la teoría del muestreo estadístico para un nivel de confianza del 95,0 % y un error estándar del 5,0 %. Y que al contar con el dato de población identificado, se aplica la fórmula:

$$n = \frac{N\sigma Z^2}{(N - 1)e^2 + \sigma^2 Z^2}$$

Donde:

n = tamaño de muestra

N = tamaño de la población

σ = desviación estándar de la población, que al no tener su valor, convencionalmente suele utilizarse el valor de 0,50.

Z = tipificación del nivel de confianza en la distribución normal. Y cuyo valor a un nivel de confianza del 95 % y a dos colas es 1,96.

e = error en la muestra, que varía entre 0,01 y 0,09. Que para esta investigación será de 0,05.

Tabla V. **Cálculo de muestra**

Variable	Valor	Variable	Valor
N	32	Z	1,96
σ	0,50	e	0,05
$n = 30,21$		Tamaño de la muestra: 30,00	

Fuente: elaboración propia.

Como puede verificarse del cálculo de la muestra, existe una ventaja insignificante en el tamaño de muestra comparado con el de la población. Razón por la cual se decide incluir a toda la población en el estudio.

Para la entrevista estructurada, participarán las tres jefaturas del taller, la supervisión y la gerencia de operaciones. Este estudio por lo tanto contará con cinco participantes. Tanto el mapa de la cadena de valor como la recolección de información son técnicas utilizadas para confirmar desde el punto de vista externo como interno sobre los desperdicios generados en el proceso.

9.3. Determinación del proceso restrictivo del sistema de producción

En este punto de la investigación, en el que se necesita medir la duración de las operaciones, se emplea el estudio de tiempos. Cuyo objetivo es determinar el proceso o área que restringe la capacidad en la fabricación de puertas y ventanas.

Este estudio, que se realizará en cada una de las cuatro áreas, toma en consideración que para el área de ensamble y montaje de vidrio se hace respecto a la familia de productos determinada en la fase uno. Ya que estas operaciones varían según el tipo de producto que se ensambla. Se utiliza el método de cronometraje regreso a cero, para recolectar los datos. Determinando el número de ciclos para cada estudio, acorde a la tabla de General Electric presentada en anexos.

Se normaliza el tiempo cronometrado en cada área utilizando el método de nivelación. A continuación, se estandarizan las operaciones utilizando la tabla de valores predeterminados del Instituto de Administración Científica de las Empresas. Ambas tablas pueden consultarse en la sección de anexos.

Hasta el momento solo se han recogido y tratado los datos, no obstante, para conocer el proceso cuya duración es mayor, se deberán trasladar los tiempos estándar a un mismo gráfico de barras, para conocer cuál o cuáles de ellos están por sobre el ritmo de producción.

Este es el punto crítico de la investigación, porque se determinará el área o áreas en específico del proceso como restricción del sistema, donde deberá reducirse el tiempo de operación, para incrementar la capacidad instalada.

9.4. Ensayo de solución

La última fase de esta investigación integra las anteriores en la que de acuerdo a la metodología de la manufactura esbelta, el proceso restrictivo deberá evolucionar a una célula de manufactura. Sobre la conformación y puesta en marcha del plan piloto se centra el ensayo de la solución.

La célula de manufactura trabajará la familia de productos definidas en el análisis entregado por la fase 1. Y de la fase 2 se expondrán todos los desperdicios hallados en el área restrictiva y en conjunto con la supervisión y gerencia de operación se trabajará una lluvia de ideas para que durante la aplicación de la prueba piloto, se aislen los desperdicios, de tal modo que fluyan las operaciones en el área.

Se seleccionará un lote u obra como es conocido en el taller de operaciones, que tenga la mayor afinidad posible de productos asignados a la célula de manufactura. Aplicando el balance de líneas para la división de operaciones dentro de la célula de manufactura, utilizando los estándares conseguidos en la fase 3 de la investigación.

Buscando oportunidades de mejora y simplificación de las operaciones en el proceso o área identificada como restrictiva, se aplicará el método de la actitud interrogante en la que se responderán las siguientes preguntas: ¿Es necesaria la operación?, ¿puede eliminarse?, ¿puede combinarse con otra?, ¿puede cambiarse el orden?, ¿puede simplificarse?

Se complementará este análisis, adicionando la lista de comprobación de análisis que responde a las preguntas:

- ¿Qué se logra? ¿Es necesario?
- ¿Dónde se hace? ¿Por qué allí?
- ¿Quién lo hace? ¿Por qué esa persona?
- ¿Cómo se hace? ¿Por qué de esa manera?

Para concretizar el plan piloto, se seleccionarán los participantes que conformarán la célula de manufactura en común acuerdo con la supervisión del taller. Las condiciones a controlar en este plan piloto son:

- Flujo de materiales: que el *stock* necesario este completamente procesado e identificado para el área sometida a prueba.
- Distribución de materiales: si el proceso restrictivo se encuentra en el área de ensamble o montaje de vidrio se distribuirán los materiales de acuerdo a la división de operaciones hecha en el balance de líneas.
- Método de trabajo: deja de ser intermitente y se vuelve continuo. Porque la célula trabaja una cantidad considerable de productos y el paro de producción se da hasta que se acabe de producir lo asignado.

Durante la ejecución del plan piloto, el investigador anotará todos lo que suceda y que perjudique la producción de la célula de manufactura. Medirá además, al término del plan, la cantidad de desperdicios generados en el proceso. Anotará además, la hora de inicio y finalización, y contabilizará la cantidad de artículos producidos.

- Discusión de resultados

Al tener el diagnóstico inicial y la solución ensayada pueden ser comparados los resultados. En el que principalmente se busca demostrar el aumento de la capacidad instalada, incremento en el ritmo de producción por

unidad de tiempo, así como la cuantificación y reducción de desperdicios en tiempo y materiales.

La redacción del informe final, estará sujeto al normativo de elaboración de trabajos de graduación de la Escuela de Estudios de Postgrado vigente.

10. TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE INFORMACIÓN

Se especifica en esta sección, por cada fase metodológica de la investigación, las técnicas de la estadística descriptiva utilizadas para tratar los datos recolectados que permitirán analizar e inferir conclusiones.

En la primera fase se utiliza el diagrama de barras que registrará la producción por día hábil de trabajo. En el que se determinará de la media aritmética de los valores más altos; la capacidad máxima, y la media aritmética de los valores restantes; la capacidad de operación. A continuación se utilizará una tabla de frecuencias para agrupar la demanda real de cada artículo. Esta información se organizará en un diagrama de Pareto, determinando los tres productos con mayor demanda.

En la segunda fase de la investigación se emplea el mapeo de la cadena de valor. Esta información se registra en un archivo digital utilizando el paquete informático Visio, que detalla paso a paso el proceso productivo en el que se listan los desperdicios encontrados. La información del cuestionario y entrevista será tabulada en una tabla de frecuencia y será dada a conocer utilizando el diagrama de sectores. Con ambas perspectivas, interna y externa al proceso, se identificarán los desperdicios en cada área.

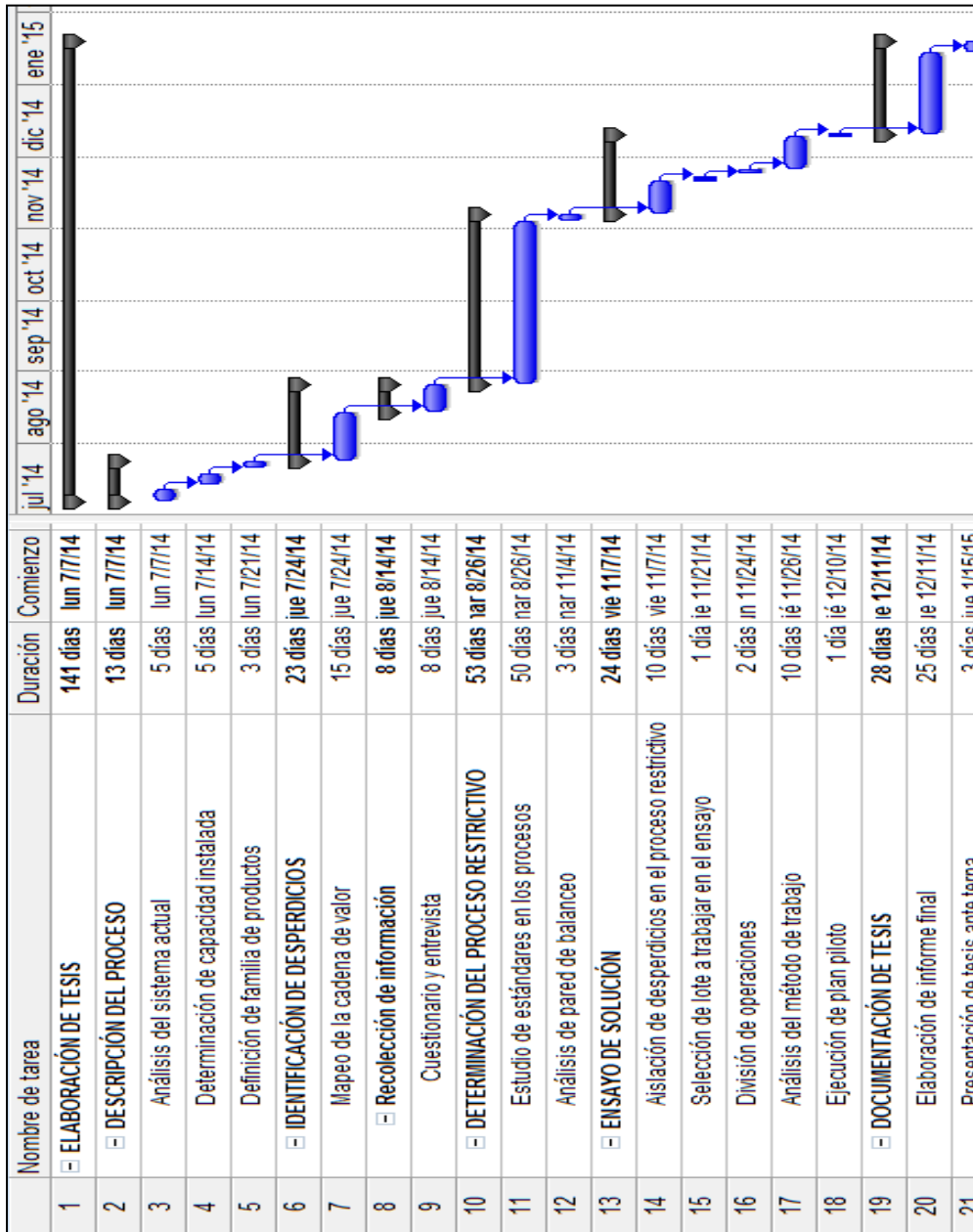
En la tercera fase para el estudio de tiempos se tabularán los datos obtenidos en un formato que establece el ciclo y elemento que se registra. Datos recolectados de un cronómetro y que se estandarizarán. Empleando un diagrama de barras, se trasladará la magnitud del tiempo estándar para cada área en un mismo gráfico y que acotado por el *takt time*, se podrá determinar el

o los elementos restrictivos del sistema. Este análisis se hace empleando la técnica, pared de balanceo.

En la última fase de la investigación, se obtendrá la cantidad de ventanas y/o puertas producidas a un ritmo de producción específico. Además del registro de todos aquellos sucesos que se observarán al momento de ensayar la solución y que merman la cantidad producida. Esta información servirá para determinar si existe aumento en la capacidad instalada (volumen de producción en un periodo de tiempo).

Los recursos humanos, necesarios para la recolección de datos son: operarios, jefes de área, supervisión, gerencia de operaciones e investigador. Así como recursos materiales: computador, hojas de papel, cronómetro y otros. Para la fase inicial de la investigación, el acceso al historial de producción y ventas. Durante el análisis de los datos será necesario contar con la participación del investigador, apoyado de los paquetes informáticos como, Excel, Visio y otros.

11. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES



12. RECURSOS

Recursos financieros provistos por el investigador. El recurso imprescindible que es el acceso a la información; fue aceptado por la empresa previo al desarrollo del plan de investigación. Lo cual implica información documental como del proceso. Por lo que existe factibilidad de la investigación, de ser llevada a cabo.

Tabla VI. **Recursos financieros y materiales**

Descripción	Unidad de medida	Cantidad necesaria	Precio unitario	Total
Hojas	Resmas	5,00	Q. 39,50	Q. 197,50
Impresiones	Hoja	2 500,00	Q. 0,50	Q. 1 250,00
Folders	Unidad	10,00	Q. 2,50	Q. 25,00
Alimentación y transporte	Gasto diario	150,00	Q. 50,00	Q. 7 500,00
Asesoría de tesis	Cesiones	10,00	Q. 250,00	Q. 2 500,00
Gastos varios				Q. 1 000,00
10% sobre imprevisto				Q. 1 247,50
Total				Q. 13 720,00

Fuente: elaboración propia.

Tabla VII. **Recursos humanos**

Área	Descripción	Cantidad
Corte, Troquel, Ensamble y Montaje de Vidrio	Operadores	32
Dirección de manufactura	Gerente de Operaciones y Supervisor de Taller	2
Investigación	Asesor de trabajo de graduación	1
Investigación	Investigador	1

Fuente: elaboración propia.

13. BIBLIOGRAFÍA

1. Andersen, C. (mayo de 2009). *Conferencia de Educación en Producción Esbelta*. Obtenido de Carlson School of Management de la Universidad de Minnesota.: www.andersenwindows.com/
2. Beltran Alonzo, S. F. (1990). *Como mantener un adecuado volumen de inventarios, para aprovechar la capacidad instalada y evitar el exceso de uso de capital de trabajo*. Guatemala, Guatemala, Guatemala: Universidad de San Carlos, Facultad de Ciencias Económicas.
3. Cano Campiño, A. M. (2009). *Aumento de la capacidad instalada de producción en una planta de engobes cerámicos*. Medellín, Colombia: Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Minas.
4. Charles, F. (1 de Marzo-Junio de 2013). *Cámara guatemalteca de la construcción*. Recuperado el 03 de Marzo de 2014, de <http://www.construguate.com/index.php/publicaciones/revista-construccion>, BE 26 página 31.
5. Corporation, A. (mayo 2009). Conferencia de Educación en Producción Esbeltos. *Carlson School of Management de la Universidad de Minnesota*. Minnesota.

6. Cruelles, J. A. (2013). Ingeniería Industrial, Método de trabajo, tiempos y su aplicación a la planificación y a la mejora continua. En J. A. Cruelles, *Ingeniería Industrial, Método de trabajo, tiempos y su aplicación a la planificación y a la mejor continua* (págs. 381-422). México, D.F.: Alfaomega.
7. DRN. (2004). *Department of Natural Resources Iowa*. Recuperado el 05 de Febrero de 2004, de www.dnrec.state.de.us/DNREC2000/VSM//Index.htm; www.epa.gov/lean/lean-initiatives-iowa.htm
8. G. Schroeder, R., Meyer Goldestein, S., & Rungtusanatham, M. (2005). *Administración de operaciones. Conceptos y casos contemporaneos*. México, D.F.: McGraw-Hill.
9. García Criollo, R. (2005). *Estudio del método, Ingeniería de métodos y medición del trabajo*. México, D.F.: Mc Graw Hill.
10. Gutiérrez Pulido, H. (2010). *Calidad total y productividad* (Tercera edición ed.). D.F., México: Mc Graw Hill.
11. Hall, R. (2007). *The Americanization of the Toyota Production System*. Obtenido de www.toyotageorgetown.com
12. Lawrence, W. B. (1964). *Contabilidad de costos* (Vol. Tomo I). (UTEHA, Ed.) México: Hispano-Américana.

13. López Sosa, H. S. (2000). *Optimización de la capacidad instalada en el envasado de agroquímicos*. Guatemala, Guatemala: Universidad de San Carlos, Facultad de Ingeniería.
14. Mejía Cañas, C. A. (Julio de 2013). *Planning, Consultores Gerenciales*. Recuperado el 14 de Febrero de 2014, de www.planning.com.co
15. Niebel, B. W., & Freivalds, A. (2009). *Ingeniería Industrial, Métodos, estándares y diseño del trabajo*. México, D.F.: Mc Graw Hill.
16. Porter, M. (1981). *Ser competitivo* (Primera ed.). Estados Unidos.
17. Rodríguez, E. M. (2006). *Propuesta para la implementación de manufactura esbelta en una línea de ensamble, de una empresa dedicada a la industria metal mecánica*. Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería.
18. Solorzano, C. (1982). *Producción para competir: El análisis del proceso*. Alajuela Costa Rica: INCAE, pag 7.
19. Thompson, C. (1917). *The Taylor System of Scientific Management*. Chicago: A.W. Shaw.
20. Torres, S. (2008). *Ingeniería de Plantas* (2008 ed.). Guatemala, Guatemala: c.c dupal.

21. _____. (2013). *Control de la Producción, Texto Universitario* (2013 ed.). Guatemala: c. c dapal.
22. Valdez, C. A. (2000). *Implementación de un sistema de producción por medio de la programación lineal en la capacidad instalada de producción de un taller de manufactura de cueros*. Guatemala, Guatemala, Guatemala: Universidad de San Carlos, Facultad de Ingeniería.
23. Vásquez, J. A. (2009). *Mejora de la distribución en planta, para optimizar la capacidad instalada de la planta de producción de la empresa el Anfitrión S.A.* Guatemala, Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería.
24. Womack, J. P., & Jones, D. T. (Free Press). *Lean Thinking*. New York.

14. ANEXOS

Número recomendado de ciclos de observación

Tiempo de ciclo (minutos)	Número recomendado de ciclos
0,10	200
0,25	100
0,50	60
0,75	40
1,00	30
2,00	20
2,00-5,00	15
5,00-10,00	10
10,00-20,00	8
20,00-40,00	5
40,00 o más	3

Fuente: United Auto Workers, (1972), p. 325

Valores para calificación del trabajo. Método de nivelación

HABILIDAD		ESFUERZO		CONDICIONES		CONSISTENCIA	
0,15	A1	0,13	A1	0,06	A Ideales	0,04	A Perfecto
0,13	A2 Habildísimo	0,12	A2 Habildísimo	0,04	B Excelentes	0,03	B Excelente
0,11	B1	0,10	B1	0,02	C Buena	0,01	C Buena
0,08	B2 Excelente	0,08	B2 Excelente	0,00	D Promedio	0,00	D Promedio
0,06	C1	0,05	C1	-0,03	E Regulares	-0,02	E Regulares
0,03	C2 Bueno	0,02	C2 Bueno	-0,07	F Malas	-0,04	F Deficientes
0,00	D Promedio	0,00	D Promedio				
-0,05	E1	-0,04	E1				
-0,1	E2 Regular	-0,08	E2 Regular				
-0,15	F1	-0,12	F1				
-0,22	F2 Deficiente	-0,17	F2 Deficiente				

Fuente: García (2005), p. 213-214

Calificación de holguras

Instituto de Administración Científica de las Empresas				
Curso de "Técnicas de organización"				
1. Suplementos constantes	Hombres	Mujeres	Kata (milicalorias/cm2/segundo)	
	Suplementos por necesidades personales	5	7	16
Suplementos por fatiga	4	4	14	0
			12	0
2. Suplementos variables			10	3
	Hombres	Mujeres	8	10
A. Suplemento por trabajar de pie	2	4	6	21

			5	31		
B. Suplementos por postura anormal			4	45		
Ligeramente incomoda	0	1	3	64		
Incómoda (inclinado)	2	3	2	100		
Muy incómoda (echado, estirado)	7	7				
C. Uso de la fuerza o de la energía muscular (levantar, tirar o empujar)					F. Concentración intensa	Hombres Mujeres
Peso levantado por kilogramo					Trabajos de cierta precisión	0 0
2.5			0 1		Trabajos de precisión o fatigosos	
5			1 2		Trabajos de gran precisión o muy fatigosos	5 5
7.5			2 3			
10			3 4		G. Ruido	
12.5			4 6		Continuo	0 0
15			5 8		Intermitente y fuerte	2 2
17.5			7 10		Intermitente y muy fuerte	5 5
20			9 13		Estridente y fuerte	
22.5			11 16			
25			13 20 (max)		H. Tensión mental	
30			17 -		Proceso bastante complejo	1 1
33.5			22 -		Proceso complejo o atención dividida entre muchos objetivos	4 4
D. Mala iluminación					Muy complejo	8 8
Ligeramente por debajo de la potencia calculada			0 0		I. Monotonía	
Bastante por debajo			2 2		Trabajo algo monótono	0 0
Absolutamente insuficiente			5 5		Trabajo bastante monótono	1 1
E. Condiciones atmosféricas (calor y humedad)					Trabajo muy monótono	4 4
					J. Tedio	
					Trabajo algo aburrido	0 0
					Trabajo aburrido	2 1

Índice de enfriamiento en el termómetro húmedo de suplemento.	Trabajo muy aburrido	5	2
---	----------------------	---	---

Fuente: García (2005), p. 221

Cuestionario para sector operativo

La siguiente encuesta tiene como objetivo conocer su criterio respecto a la operaciones que lleva a cabo todos los días. Se agradece de antemano su colaboración

Instrucciones: seleccione la respuesta que mejor considere. Solo puede elegir una opción por pregunta. Identifique el área a la que pertenece previo a comenzar la encuesta.

Corte	<input type="checkbox"/>	Ensamble	<input type="checkbox"/>
Troquel	<input type="checkbox"/>	Montaje de vidrio	<input type="checkbox"/>

1 ¿En su área existen ocasiones en las que se debe trabajar tiempo extra para cumplir con la producción?

SI	<input type="checkbox"/>	NO	<input type="checkbox"/>
----	--------------------------	----	--------------------------

2 ¿Observa acumulación de materiales en su área de trabajo?

SI	<input type="checkbox"/>	NO	<input type="checkbox"/>
----	--------------------------	----	--------------------------

Si su respuesta fue SI conteste la pregunta número 3 de lo contrario pase a la pregunta número 4.

3 ¿Con qué frecuencia observa la acumulación de materiales?

Siempre Ocasionalmente

4 ¿El proceso anterior al suyo entrega a tiempo los materiales para ser procesados?

SI NO

5 ¿Considera que la forma de trabajo actual puede ser mejorada?

SI NO

Si su respuesta anterior fue positiva, liste los aspectos en los cuales se puede mejorar.

Fuente: elaboración propia.

Entrevista estructurada para sector jefatura, supervisión y gerencia de operaciones

El objetivo es obtener información del proceso, visto del punto de vista de jefaturas, supervisión y gerencia de operaciones.

1. ¿Existen ocasiones en las que no se cumple la entrega de artículos del cliente interno anterior en el proceso?

SI

NO

2. ¿A que causas puede atribuir los retrasos?

3. ¿El taller ha tenido problemas en algún momento por la cantidad de trabajo en una temporada en específico?

SI

NO

4. ¿Considera beneficioso el incremento de de marcos/hora-día producidos?

SI

NO

5. ¿Conoce el límite de la capacidad instalada máxima (marcos/día) del taller actualmente?

SI

NO

6. ¿Cuál es la capacidad?

7. ¿Considera que reducir desperdicios en el proceso puede aumentar el rendimiento en los marcos producidos por hora en el taller?

SI

NO

8. ¿Por qué?

9. ¿En su apreciación del taller, es este eficiente?

SI

NO

10. ¿Bajo qué aspectos califica al taller como eficiente o ineficiente?

Fuente: elaboración propia.

