

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ
FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA



PONTIFICIA
UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DEL PERÚ

**PROPUESTA DE DISTRIBUCIÓN DE PLANTA NUEVA Y
MEJORA DE PROCESOS APLICANDO LAS 5S'S Y
MANTENIMIENTO AUTÓNOMO EN LA PLANTA
METALMECÁNICA QUE PRODUCE HORNOS
ESTACIONARIOS Y ROTATIVOS**

Tesis para optar el Título de Ingeniero Industrial, que presentan los
bachilleres:

María Gimena Huilca Choque

Alberto Kenyo Monzón Briceño

ASESOR: José Alan Rau Álvarez

Lima, Noviembre de 2015

Resumen

El presente trabajo analiza la distribución y producción de una planta metalmecánica, que se dedica a la elaboración de hornos estacionarios, hornos rotativos, yoguis, batidoras industriales, licuadoras industriales, divisoras de pan, asadores de carne y rebanadoras de pan de molde; y cuyos clientes principales son las empresas mipymes.

A partir de un análisis de factores se determinaron las líneas críticas a mejorar, que resultaron ser las líneas de producción de hornos estacionarios y rotativos. Actualmente, la capacidad de la planta, en la cual se producen los hornos, no logra cubrir la demanda; es por ello que luego de realizar un diagrama causa efecto, para encontrar cuáles eran las causas más relevantes que generaban ese problema, se planteó implementar las herramientas 5S's y mantenimiento autónomo, y realizar una distribución en planta nueva.

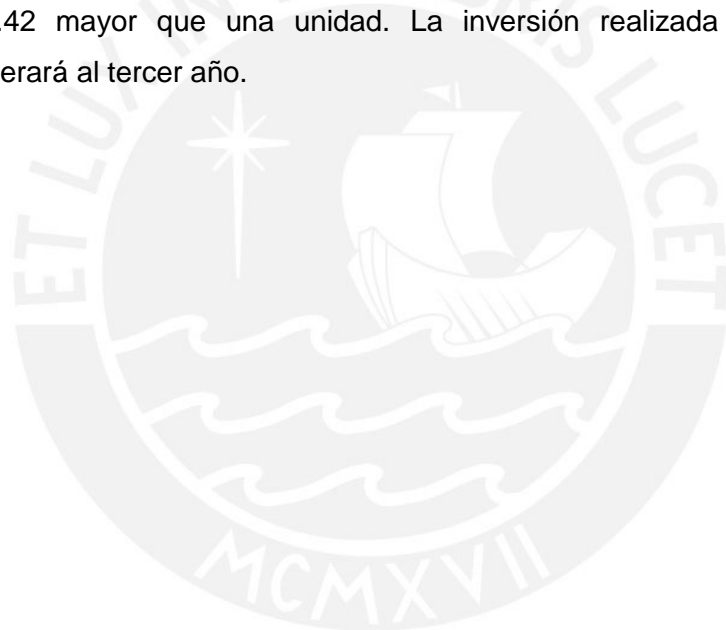
La implementación de las 5S's fue necesaria pues se observaron varias herramientas u objetos fuera del área de trabajo, y demasiados tiempos improductivos, causados por incidentes y/o accidentes, demoras en encontrar herramientas o materias primas. Se planteó realizar capacitaciones por grupos, antes de empezar a producir en la nueva planta, así como utilizar tarjetas de colores para identificar y clasificar los elementos innecesarios por cada sección de trabajo y el utilizar tableros de herramientas.

La implementación del mantenimiento autónomo fue necesaria pues se observaron demasiadas paradas de máquinas. Esta mejora se llevó a cabo junto con la implementación de las 5S's, específicamente en la tercera S (Limpieza), en la cual se planteó realizar un plan de lubricación al torno y al taladro. Y posteriormente, realizar reuniones de auditorías, una vez finalizada la implementación de ambas herramientas.

La implementación de la distribución en planta nueva fue necesaria pues se observaron traslados innecesarios entre las áreas, debido a la ubicación en la que se encontraban. Se planteó trasladar toda la línea de producción de hornos rotativos y estacionarios a la nueva planta, y realizar en ella una distribución de planta, según lo obtenido en el layout de bloques unitarios y el método de guerchet, de tal manera que los pasillos sean amplios y los operarios puedan trasladarse fácilmente.

Luego de determinar las mejoras a utilizarse, se realizó la evaluación económica, tomando en cuenta los ahorros que se generaron por la implementación de las herramientas, como ahorros por incidentes, tiempos de demora en encontrar herramientas, tiempos de demora en realizar limpieza a las secciones, tiempos de traslados innecesarios, entre otros. Para el caso de los egresos, se consideró la inversión que hizo la empresa en la adquisición y construcción del terreno, así como también los gastos en comprar nueva maquinaria, las capacitaciones y los gastos incurridos en los operarios.

La conclusión luego de realizar la evaluación económica fue que el proyecto resultó ser factible y viable, debido a que se obtuvo una VAN de S/. 1,095,544.99 mayor que 0; una TIR de 42% mayor que el COK y un valor del ratio beneficio costo (B/C) de 1.42 mayor que una unidad. La inversión realizada en este proyecto se recuperará al tercer año.





Agradecemos a nuestros padres por su apoyo incondicional en toda nuestra vida universitaria.

A nuestro asesor, Ing. José Rau, por el apoyo brindado durante todo el año que duró la elaboración de la presente tesis.

A nuestros amigos por compartir sus conocimientos y apoyarnos en la culminación de la presente tesis.

INDICE GENERAL

INDICE DE FIGURAS.....	iv
INDICE DE TABLAS.....	v
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPITULO 1: MARCO TEÓRICO	2
1.1 Descripción de Lean Manufacturing	2
1.1.1 Beneficios.....	2
1.2 Herramientas de Lean Manufacturing.....	3
1.2.1 5S's	3
1.3 Mantenimiento autónomo.....	5
1.4 Planeamiento de la demanda	7
1.4.1 Patrones de demanda	7
1.5 Pronósticos.....	7
1.5.1 Diseño del sistema de pronósticos.....	7
1.5.2 Selección de la demanda a pronosticar	7
1.5.3 Métodos de pronósticos	8
1.6 Balance de línea	13
1.6.1 Tiempo de ciclo	13
1.6.2 Cadencia.....	13
1.6.3 Capacidad.....	13
1.6.4 Número de máquinas o estaciones.....	13
1.7 Estudio de tiempos.....	14
1.7.1 Tiempo normal.....	14
1.7.2 Suplementos	14
1.7.3 Tiempo estándar	14
1.8 Distribución de planta	15
1.8.1 Objetivos de una distribución física	15
1.8.2 Tipos de distribución.....	15
1.8.3 Factores que afectan la distribución	16
1.8.4 Planeamiento sistemático para la distribución de planta.....	18
1.9 Herramientas de mejora continua	22
1.9.1 Diagrama de Pareto.....	22

1.9.2 Diagrama de flujo	23
1.9.3 Diagrama causa/efecto	23
CAPITULO 2: DESCRIPCIÓN DE LA ORGANIZACIÓN Y SU ENTORNO	24
2.1 Descripción de la empresa	24
2.1.1 Sector y actividad económica	24
2.1.2 Visión.....	24
2.1.3 Misión.....	25
2.2 Producto.....	25
2.3 Proveedores	26
2.3.1 Internos	26
2.4 Clientes.....	26
2.4.1 Clientes directos.....	26
2.4.2 Distribuidores.....	27
2.5 Secciones productivas de la empresa	27
2.5.1 Sección de trazado y cortado.....	27
2.5.2 Sección de doblado y rolado	27
2.5.3 Sección de soldado.....	28
2.5.4 Sección de ensamble.....	28
2.5.5 Sección de torneado	28
2.5.6 Sección de montaje eléctrico.....	28
2.5.7 Sección de pintado y embalado	28
2.6 Infraestructura de planta	28
2.6.1 Tipo de Maquinaria	29
2.6.2 Tipo de distribución	29
CAPITULO 3: ANÁLISIS Y DIAGNÓSTICO ACTUAL	30
3.1 Selección de la línea de producción de objeto de estudio	30
3.1.1 Cumplimiento del plan de producción programado.....	31
3.1.2 Estandarización de procesos.....	32
3.1.3 Defectos de productos terminados	32
3.1.4 Incidentes y/o accidentes	33
3.1.5 Paradas de Máquinas.....	34
3.1.6 Utilidad perdida	35

3.1.6 Distribución de secciones de trabajo	36
3.1.7 Horas extras	36
3.1.8 Ponderación de factores	37
3.2 Identificación de las causas del problema principal en la línea de producción del horno rotativo y estacionario	39
3.2.1 Diagrama Causa - Efecto	39
3.2.2 Problemas observados vs herramientas a utilizarse.....	43
3.3 Procesos productivos	46
3.3.1 Diagrama de operaciones del proceso (DOP)	46
CAPITULO 4: PROPUESTA DE MEJORA.....	48
4.1 Implementación de las 5S's y Mantenimiento Autónomo	48
4.1.1 Planeación y organización inicial del proyecto	48
4.1.2 Planteamiento de la implementación de las 5S's y Mantenimiento Autónomo	55
4.1.3 Beneficios de implementar las 5S's y Mantenimiento Autónomo	71
4.2 Distribución de planta.....	71
4.2.1 Pronósticos.....	71
4.2.2 Balance de línea	72
4.2.3 Tabla de relaciones de actividades (TRA)	74
4.2.4 Layout de bloques unitarios.....	75
4.2.5 Requerimiento de espacios.....	75
4.2.6 Análisis de alternativas	83
CAPÍTULO 5: EVALUACIÓN ECONÓMICA DE LA PROPUESTA.....	90
5.1 Ingresos.....	90
5.1.1 Indicadores.....	90
5.1.2 Otros ingresos	93
5.2 Egresos	93
5.3 Flujo de caja económico.....	94
CAPÍTULO 6: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	95
6.1. Conclusiones	95
6.2 Recomendaciones	96
Referencias Bibliográficas	97

INDICE DE FIGURAS

FIGURA 1.1: Pasos para ordenar según la “S” Seiri.....	3
FIGURA 1.2: Objetivos de la “S” Seiso.....	4
FIGURA 1.3: Patrones de la demanda.....	8
FIGURA 1.4: Ecuación de la regresión.....	9
FIGURA 1.5: Esquema del Planeamiento Sistemático de Distribución.....	20
FIGURA 1.6: Etapas PSD.....	21
FIGURA 1.7: Simbología del diagrama de recorrido.....	21
FIGURA 1.8: Relación de actividades.....	22
FIGURA 2.1: Distribución de clientes directos 2013.....	27
FIGURA 3.1: Diagrama de Pareto – Utilidad Perdida.....	35
FIGURA 3.2: Diagrama Causa – Efecto.....	41
FIGURA 3.3: Herramientas.....	42
FIGURA 3.4: Área de cortado.....	44
FIGURA 3.5: Área de Doblado.....	46
FIGURA 4.1: Estructura del comité.....	51
FIGURA 4. 2: Diagrama flujo para aplicar según Seiri.....	57
FIGURA 4.3: Etiquetas de control.....	59
FIGURA 4.4: Tableros de herramientas.....	61
FIGURA 4.5: Estanterías etiquetadas.....	62
FIGURA 4.6: Señalización de suelo.....	62
FIGURA 4.7: Formato de conformidad de limpieza.....	67
FIGURA 4.8: Tabla de relaciones de actividades de números.....	74
FIGURA 4.9: Tabla de relaciones de actividades de letras.....	74
FIGURA 4.10: Layout de bloques unitarios.....	75

INDICE DE TABLAS

Tabla 2.1: Materiales principales	26
Tabla 2.2: Distribución de la fabricación de productos en plantas	29
Tabla 3.1: Cumplimiento del plan de producción	31
Tabla 3.2: Cantidad de procedimientos por línea	32
Tabla 3.3: Defectos de productos terminados.....	33
Tabla 3.4: Promedio anual de incidentes y/o accidentes.....	34
Tabla 3.5: Promedio anual de paradas de máquinas.....	34
Tabla 3.6: Costo de horas extras anuales.....	37
Tabla 3.7: Puntaje de las líneas de producción	37
Tabla 3.8: Valor de ponderación por cada factor	38
Tabla 3.9: Ponderación por línea de producción	38
Tabla 3.10: Demanda anual (2010 al 2014)	39
Tabla 3.11: Producción anual (2010 al 2014).....	39
Tabla 3.12: Demanda insatisfecha.....	39
Tabla 3.13: Tipos de incidentes y/o accidentes	42
Tabla 3.14: Problemas observados vs herramientas	44
Tabla 4.1: Criterios de selección de áreas de trabajo	49
Tabla 4.2: Orden de aplicación de las 5S's.....	50
Tabla 4.3: Situación actual de secciones de trabajo	52
Tabla 4.4: Cronograma de implementación de 5S's	56
Tabla 4.5: Detalle de cantidad de etiquetas por secciones de trabajo	60
Tabla 4.6: Clasificación de necesidades de todas las secciones de trabajo	60
Tabla 4.7: Gastos ocasionados por desperfectos mecánicos.....	64
Tabla 4.8: Tabla de mantenimiento en base a fallas encontradas.....	65
Tabla 4.9: Beneficios	71
Tabla 4.10: Cálculo de errores para línea de horno estacionario.....	72
Tabla 4.11: Cálculo de errores para línea de horno rotativo	72
Tabla 4.12: Proyección de la demanda del horno estacionario.....	73
Tabla 4.13: Proyección de la demanda del horno rotativo	73
Tabla 4.14: Cantidad de máquinas necesarias para las líneas de producción de hornos estacionarios y rotativos.....	73
Tabla 4.15: Cantidad de operarios necesarios en caso hipotético.....	76
Tabla 4.16: Cantidad real de operarios necesarios	77
Tabla 4.17: Cadencias halladas por áreas.....	80
Tabla 4.18: Cálculo de stock por horno a almacenar	81
Tabla 4.19: Requerimiento de espacio de almacén de productos terminados	81
Tabla 4.20: Requerimientos mínimos de espacio de oficinas administrativas	82
Tabla 4.21: Requerimiento de oficinas para personal administrativo	82
Tabla 4.22: Requerimiento de espacio de servicios	83
Tabla 4.23: Resumen del total de área requerida.....	84

Tabla 4.24: Análisis de importancia de factores.....	88
Tabla 4.25: Valores.....	89
Tabla 4.26: Puntuación por alternativas.....	89
Tabla 5.1: Ingresos por utilidades.....	90
Tabla 5.2: Ahorro por incidentes.....	91
Tabla 5.3: Ahorro por tiempo de traslado innecesario.....	91
Tabla 5.4: Ahorros por tiempos de limpieza.....	92
Tabla 5.5: Ahorros por tiempo de demora en encontrar herramientas.....	92
Tabla 5.6: Tiempo de demora en despacho.....	93
Tabla 5.7: Ahorros por tiempo de demora en despacho.....	93
Tabla 5.8: Flujo de caja económico.....	94



INTRODUCCIÓN

En el Perú, el sector panadero mueve S/ 4000 millones cada año, según la SNI. ASPAN prevé un crecimiento del 3% para el 2013. Esta expectativa de crecimiento se refleja en las aperturas de numerosas panaderías a lo largo de todo el país. Según ASPAN en el 2010 existían 20 000 panaderías en todo el Perú las cuales generaban 200 mil puestos de trabajo. Solo en Lima, en el 2010, se encontraron 10 000 panaderías con licencias municipales, las cuales necesitan de hornos para su actividad productiva. Estas máquinas son abastecidas por empresas, que en su mayoría, cuentan con una mala infraestructura de planta, generando grandes pérdidas de ventas.

Es por ello que esta tesis tiene el objetivo de mejorar el sistema productivo de una empresa líder en producción de hornos estacionarios y rotativos. Para ello se aplicará los conceptos de ingeniería industrial a una empresa metalmecánica, la cual nos servirá como modelo para nuevas aplicaciones a otras empresas dedicadas a este rubro.

En el primer capítulo se encuentra el marco teórico en donde se presentan los diferentes conceptos relacionados con la metodología 5S's, mantenimiento autónomo y distribución en planta nueva.

En el segundo capítulo se presenta el diagnóstico y la descripción de la empresa, en donde se hará mención acerca de sus productos, proveedores, clientes y el proceso productivo para la elaboración de hornos.

En el tercer capítulo se analiza la situación actual de cada línea de producción, con el fin de determinar las líneas de estudio, las cuales servirán como base para diagnosticar el principal problema presente en la producción de la empresa.

En el cuarto capítulo se aplicarán las herramientas mencionadas anteriormente, a los defectos encontrados, con el fin de agregar valor a los procesos y poder aprovechar con eficiencia la demanda pronosticada de hornos.

En el quinto capítulo se evaluará el impacto económico de las mejoras desarrolladas a lo largo de toda la línea de producción, con el fin de diagnosticar si el proyecto de mejora es factible y rentable.

En el último capítulo se presentan las recomendaciones y las conclusiones originadas por el trabajo aplicativo en la planta metalmecánica.

CAPITULO 1: MARCO TEÓRICO

En este capítulo se definen los conceptos relacionados con herramientas de la metodología *Lean Manufacturing* como las 5S's y el mantenimiento autónomo; y conceptos relacionados con la distribución de planta que serán utilizados en las propuestas de mejoras. Los conceptos desarrollados en este capítulo son: 5S's, mantenimiento autónomo, pronósticos, balance de línea, estudio de tiempos, distribución de planta y herramientas de mejora continua.

1.1 Descripción de Lean Manufacturing

Lean Manufacturing es una metodología que utiliza diferentes herramientas con el fin de eliminar desperdicios o aquellos procesos que no agregan valor al producto o servicio. Esta metodología tiene como objetivo reducir costos, aumentar la rentabilidad de la empresa sin descuidar la calidad del producto o del servicio.

1.1.1 Beneficios

Estos son algunos beneficios del *Lean Manufacturing* según Shingo (1993):

- ✓ Reducción de los desperdicios
- ✓ Reducción del espacio a causa de la reducción del inventario
- ✓ Sistema de producción más flexible
- ✓ Disminución de costos de producción
- ✓ Reducción del tiempo de entrega
- ✓ Mejora de eficiencia de máquinas
- ✓ Disminución de la MUDA

La MUDA es todo aquello que no agrega valor al producto o proceso, es un desperdicio. Según Shingo (1993), se identifican 7 tipos de MUDA:

- ✓ Sobreproducción
- ✓ Tiempo de espera
- ✓ Transporte innecesario
- ✓ Sobreprocesamiento
- ✓ Exceso de inventario
- ✓ Movimiento innecesario
- ✓ Producto defectuoso

1.2 Herramientas de Lean Manufacturing

A continuación se mencionarán algunas herramientas del *Lean Manufacturing* que se emplearán en la mejora de la productividad de la empresa.

1.2.1 5S's

Según Cuatrecasas (2010), las 5S's son 5 aspectos básicos para el desarrollo de las actividades de los procesos de producción y de mantenimiento, con la máxima eficiencia y rapidez. Al implementar esta metodología a una empresa, se busca cero defectos, cero accidentes, cero despilfarros y cero averías.

Son 5 términos de origen japonés:

❖ *SEIRI* (organización o clasificación)

Esta “S” busca eliminar todos aquellos elementos que impiden trabajar óptimamente en el área de trabajo; es decir se debe eliminar aquellos materiales dañados u obsoletos que ya no tienen uso y que aún se encuentran mezclados junto con otros materiales que se utilizan diariamente. Se pretende separar lo necesario de lo innecesario en las cantidades adecuadas (ver figura 1.1).

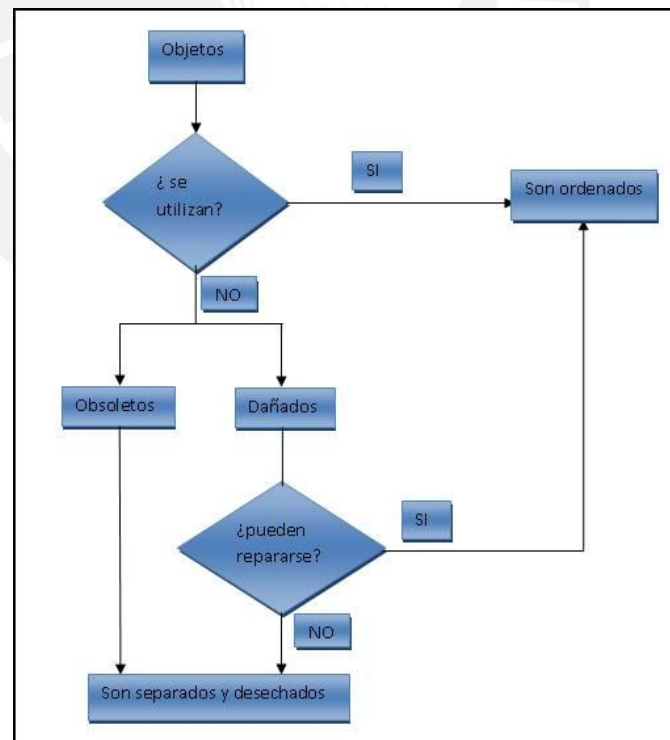


FIGURA 1.1: Pasos para ordenar según la “S” Seiri
Elaboración propia

❖ *SEITON* (orden)

Una vez implementado la primera “S”, el siguiente paso es ordenar los materiales que más se utilizan en el área de trabajo, de tal forma que cualquier persona, no específicamente la que se desempeña en esa área, los pueda encontrar, usar y guardar fácilmente. Si cada material está en su lugar, permite que se eliminen las pérdidas de tiempo, ya que el operario no se pasaría horas y horas buscando una herramienta específica. El orden de las herramientas se basa en diversos criterios, según la calidad, rotación, uso, entre otros; sin embargo, el objetivo sigue siendo el mismo, ordenar de tal forma que la ubicación sea fácil de encontrar y el uso sea rápido.

❖ *SEISO* (Limpieza)

Según Cuatrecasas (2010), la limpieza junto con las anteriores “S” serán la clave del éxito para una optimización, simplificación y estandarización de los deberes que tiene el operario, permitiendo que cada área tenga un mayor grado de autonomía, y por ende se mejore la eficiencia del proceso y los resultados en la empresa. La limpieza ayuda a identificar que las herramientas, máquinas o puestos de trabajo estén en buenas condiciones para ser utilizadas, y que éstas no dañen al producto que se está procesando. Es por ello que se considera a la limpieza como inspección, debido a que se puede detectar con facilidad si existe alguna avería, desgaste, entre otros (ver figura 1.2).

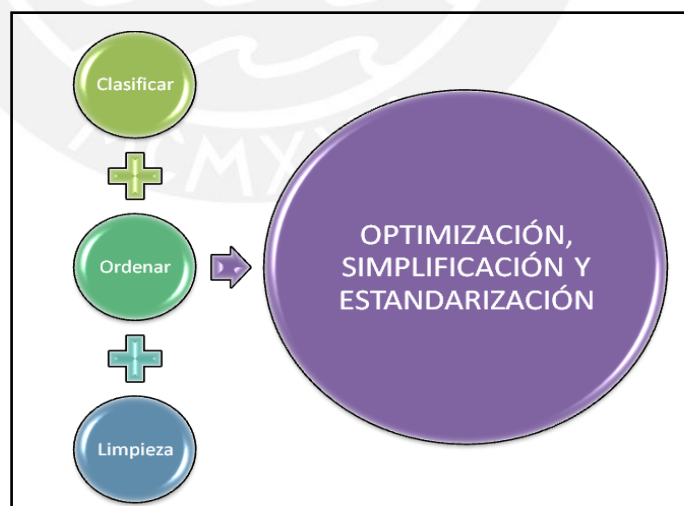


FIGURA 1.2: Objetivos de la “S” Seiso
FUENTE: Cuatrecasas (2010)

❖ *SEIKETSU* (estandarización)

Una vez implementado las 3S's, se procede a crear un cronograma, es decir crear un estándar que permita que éstas se sigan cumpliendo, en el cual se asignará roles a cada personal encargado de un área específica. Cabe resaltar que este estándar deberá ser colocado en un lugar visible y ser legible.

❖ *SHITSUKE* (disciplina)

La última "S" a implementar es el de la disciplina, la cual busca que el estándar propuesto se practique o se lleve a cabo. Es en esta S en la cual se capacita a todo el personal para que cumplan correctamente todo lo estipulado en el estándar, y así mejorar la productividad, la rapidez, los costos, la calidad, entre otros beneficios.

a) Objetivos

El objetivo de aplicar esta metodología es que las personas que trabajan en la empresa puedan realizar un trabajo más eficiente y uniforme.

b) Beneficios

Los beneficios que ofrece esta metodología son:

- ✓ Mayores niveles de seguridad, disminución de accidentes.
- ✓ Eliminar las actividades que no agregan valor.
- ✓ Asegurar la eficiencia de la calidad y mejorar la productividad.
- ✓ Disminuir los desperdicios.
- ✓ Mejorar el ambiente de trabajo.

1.3 Mantenimiento autónomo

Es una de las etapas de preparación para la implementación del TPM (Mantenimiento productivo total), el cual tiene por objetivo educar al operario de producción en la tarea del mantenimiento productivo, incluyendo limpieza y tareas particulares. Asimismo, la implementación de esta herramienta permite eliminar 6 grandes pérdidas las cuales son:

- ✓ Pérdidas de las puestas en marcha.- La puesta en marcha rápida y efectiva de un equipo depende habitualmente del grado de destreza del trabajador que la opera.
- ✓ Pérdida de velocidad del proceso.- Depende mucho del operario en su puesto productivo.

- ✓ Averías y fallos.- El propósito es actuar para evitarlas, prever sus ocurrencias y corregir las que se hayan dado.
- ✓ Tiempos de preparación.- Se enfocan en la agilidad y flexibilidad del trabajador, las cuales se obtienen a partir de un mayor conocimiento del proceso y simplificación óptima para realizar los cambios de formatos.
- ✓ Defectos de calidad.- Obtenidos por las malas operaciones con los equipos de trabajo.
- ✓ Pequeñas paradas.- El operario tiene la responsabilidad de conocer su equipo de trabajo y las tipologías de las pequeñas paradas.

Para la implementación del mantenimiento se necesitan 7 pasos, los cuales son:

1. Limpieza Inicial: Consiste en la limpieza inicial del equipo y accesorios. La limpieza consiste en inspeccionar cada pieza del equipo, removiendo partículas de polvo, residuos, grasa, suciedad, etc. La limpieza implica tanto a nivel interno y externo de las máquinas o equipos de trabajo. Este primer paso facilita la inspección la cual conlleva a detectar anomalías que puedan perjudicar el tiempo de vida del equipo y la reducción de los tiempos de producción perdidos.
2. Eliminación de suciedad y limpieza en zonas inaccesibles: En esta etapa se comprueba si el equipo se vuelve a ensuciar rápidamente o existen zonas en las cuales es difícil y peligrosa la limpieza.
3. Estandarización de métodos de limpieza y lubricación: Con este paso se establece las condiciones básicas necesarias para la limpieza, lubricación, apretado de tornillos y tareas relacionadas al mantenimiento autónomo.
4. Inspección global del equipo: Plantea establecer controles sobre las piezas fundamentales del equipo, asegurándose del funcionamiento correcto, calidad de la producción y la seguridad del proceso.
5. Inspección autónoma: Plantea la implementación de hojas de verificación, las cuales facilitan la identificación más rápida de los problemas y conllevan a garantizar la reparación correcta de los equipos de trabajo.
6. Orden y organización en el área de trabajo: Se trata de aplicar dos de las 5S's; *SEIRI* (organización) y *SEITON* (orden).

7. Gestión autónoma del mantenimiento: El fin de este paso es establecer políticas corporativas y objetivos que aseguren la correcta continuidad del mantenimiento autónomo.

1.4 Planeamiento de la demanda

Para lograr un nivel óptimo de servicio, el proceso de planeamiento de la demanda requiere una integración completa de todas las actividades y factores que afecten a la demanda, con el objetivo de lograr la disponibilidad del producto.

1.4.1 Patrones de demanda

Según Krajewski *et alii* (2008), es difícil saber cuánto se comprará para cubrir la demanda, debido a que esta última es variable, ya que la necesidad no es la misma. Es por ello que se puede identificar 4 tipos de demanda (ver figura 1.3):

- ✓ Horizontal.- cuando la demanda no varía a lo largo del tiempo.
- ✓ Tendencia.- cuando la demanda se incrementa o disminuye a lo largo del tiempo.
- ✓ Estacional.- cuando la demanda no varía respecto un año del otro.
- ✓ Cíclico.- cuando la demanda presenta incrementos y decrementos graduales.

1.5 Pronósticos

El pronóstico es una predicción de acontecimientos futuros, con el fin de utilizarlo con propósitos de planificación.

1.5.1 Diseño del sistema de pronósticos

Cuando se habla del diseño, se refiere a planificar el trabajo a realizar, en este punto se debe tomar en cuenta que es lo que se va a pronosticar, que tipo de técnica se va a utilizar y elegir el método.

1.5.2 Selección de la demanda a pronosticar

De acuerdo a Krajewski *et alii* (2008), se necesita algún tipo de estimación de la demanda para los bienes y servicios individuales. Lo más sencillo de pronosticar es la demanda total para grupos o conjuntos y derivar después los pronósticos correspondientes a productos o servicios individuales.

Al agrupar varios productos o servicios similares es un proceso llamado agregación. Agregación se define como el acto de agrupar varios productos o servicios similares para que las compañías puedan realizar pronósticos más precisos.

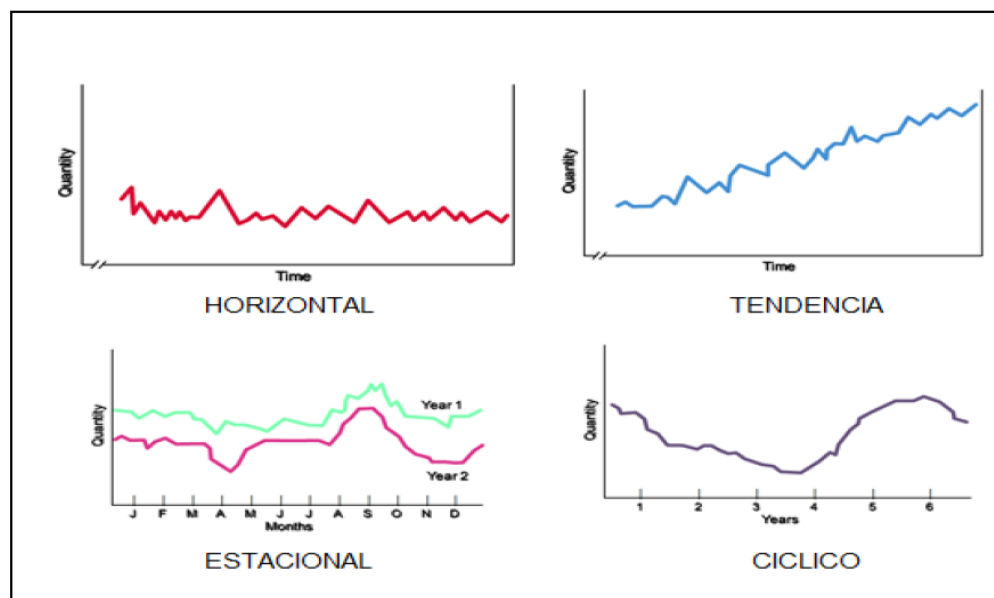


FIGURA 1.3: Patrones de la demanda
FUENTE: Krajewski *et alii* (2008)

1.5.3 Métodos de pronósticos

Los métodos de pronósticos pueden basarse en modelo matemáticos, los cuales utilizan datos históricos disponibles; o en métodos cualitativos, los cuales aprovechan la experiencia administrativa y los juicios de los clientes.

❖ Métodos de juicio

Es un método cualitativo, en el cual prevalecen las opiniones de gerentes y expertos. Los resultados de las encuestas de consumidores y las estimaciones del personal de ventas se traducen en estimaciones cuantitativas.

❖ Métodos causales

Según Krajewski *et alii* (2008) los métodos causales se utilizan cuando se dispone de datos históricos y se puede identificar la relación entre el factor que se intenta pronosticar y otros factores externos o internos. Estos métodos son excelentes para prever los puntos de cambio en la demanda y preparar pronósticos a largo plazo.

❖ Métodos de series de tiempo

Los métodos de series de tiempo usan información histórica que solo se refiere a la variable dependiente. Estos métodos se basan en la suposición de que el patrón de la variable dependiente en el pasado habrá de continuar en el futuro.

✓ Regresión lineal

Es un método causal en el que una variable dependiente (variable que se desea pronosticar) se encuentra relacionada con una o más variables independientes (variable que influye en la variable dependiente) a través de una ecuación lineal.

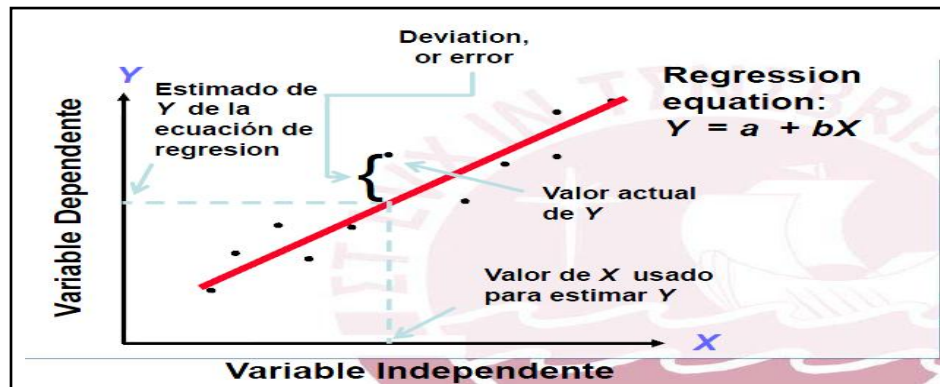


FIGURA 1.4: Ecuación de la regresión
FUENTE: Vargas *et alii* (2010)

$$Y = a + bX$$

Dónde:

- ▶ Y = Variable dependiente
- ▶ X = Variable independiente
- ▶ a = Intersección de la recta con el eje
- ▶ b = Pendiente de la recta

✓ Promedios móviles simples

El método de promedios móviles simples de tiempo se utiliza para estimar el promedio de una serie de tiempo de demanda promediando la demanda de los “n” periodos más recientes. Este método resulta más útil cuando la demanda no tiene tendencias pronunciadas ni influencias estacionales.

$$F_{t+1} = \frac{D_t + D_{t-1} + D_{t-2} + \dots + D_{t-n+1}}{n}$$

Donde:

- ▶ D_t = Demanda real en el periodo t
- ▶ n = Número total de periodos incluidos en el promedio
- ▶ F_{t+1} = Pronóstico para el periodo t+1

✓ Promedios móviles ponderados

Se trata de un método de series de tiempo en el que cada una de las demandas históricas que intervienen en el promedio puede tener su propia ponderación; la suma de las ponderaciones es igual a 1.0. Estas técnicas son más sensibles a los cambios porque los períodos más recientes se ponderan con mayor peso.

$$F_{t+1} = 0.5D_t + 0.3D_{t-1} + 0.2D_{t-2}$$

Donde:

- ▶ D_t = Demanda real en el periodo t
- ▶ F_{t+1} = Pronóstico para el periodo t+1

✓ Suavización exponencial

El método de suavización exponencial es un método de promedio móvil ponderado de mejor ajuste, el cual permite calcular el promedio de una serie de tiempo asignando a las demandas recientes mayor ponderación que las demandas anteriores. Requiere del último pronóstico, la demanda de ese período y un parámetro suavizador, alfa (α), cuyo valor fluctúa entre 0 y 1.

$$F_{t+1} = F_t + \alpha(D_t - F_t)$$

Donde:

- ▶ D_t = Demanda real en el periodo t
- ▶ F_{t+1} = Pronóstico para el periodo t+1

✓ Suavización exponencial ajustada a la tendencia

Es un método que incluye la tendencia en la serie de tiempo. Se entiende por tendencia a un incremento o decremento sistemático en el promedio de la serie a través del tiempo.

$$FAT_t = F_t + T$$

Donde:

- ▶ FAT_t = Pronóstico con ajuste de tendencia en el tiempo t
- ▶ F_t = Nuevo pronóstico
- ▶ T_t = Corrección de tendencia.

Para suavizar o alisar la tendencia la ecuación utiliza una constante de alisado β . Se tiene lo siguiente:

$$T_t = (1 - \beta)T_{t-1} + \beta(F_t - F_{t-1})$$

Dónde:

- ▶ T_t = Tendencia suavizada para el período t
- ▶ T_{t-1} = Tendencia suavizada para el período anterior
- ▶ β = Constante de suavizado de tendencia que seleccionamos
- ▶ F_t = Pronóstico con suavizado exponencial para el período t
- ▶ F_{t-1} = Pronóstico para el período anterior

✓ Estacional multiplicativo

Este es un método en el cual los factores estacionales se multiplican por una estimación de la demanda promedio y, así, se obtiene un pronóstico estacional. A continuación se detallan los cuatro pasos a seguir para la aplicación del método, definición de Vargas *et alii* (2010).

1. Para cada año, calcule la demanda promedio por estación, dividiendo la demanda anual entre el número de estaciones por año.
2. Para cada año, divida la demanda real correspondiente a una estación entre la demanda promedio por estación. El resultado así obtenido será un índice estacional para cada una de las estaciones del año, el cual significa el nivel de demanda en relación con la demanda promedio.
3. Calcule el índice estacional promedio para cada estación, sume los índices estacionales para una estación dada y divídalos entre el número de años que abarquen los datos.
4. Calcule el pronóstico de cada estación para el año siguiente.

❖ Selección de un método de serie de tiempos

Se debe tomar en cuenta, al seleccionar un método de series de tiempos, el desempeño del pronóstico, el cual determina los errores del pronóstico. Todo método de serie de tiempos será evaluado mediante los errores.

a) Error de pronóstico

La definición de Krajewski *et alii* (2008) indica que los errores de pronóstico se clasifican de dos maneras: ya sea como errores de sesgo o como errores aleatorios. El error de sesgo es el resultado de equivocaciones sistemáticas; en cambio, el error aleatorio es el resultado de factores imprevisibles que provocan que el pronóstico se desvíe de la demanda real.

- ✓ Error de pronóstico

$$E_t = D_t - F_t$$

- ✓ Suma acumulada de errores de pronóstico (CFE)

$$CFE = \sum E_t$$

$$E = \frac{CFE}{n}$$

- ✓ Error cuadrático medio (MSE)

$$MSE = \frac{\sum |E_t|^2}{n}$$

- ✓ Desviación estándar

$$\sigma = \frac{\sqrt{\sum_{t=1}^n (e_t - \bar{e})^2}}{n-1}$$

- ✓ Desviación media absoluta (MAD)

$$MSE = \frac{\sum |E_t|}{n}$$

- ✓ Error porcentual absoluto

$$MAPE = \left(\frac{1}{n} \right) \times \sum \left| \frac{e_t}{d_t} \times 100 \right|$$

b) Señal de rastreo

Es la medida que indica si un método de pronóstico está previniendo con precisión los cambios reales de la demanda.

$$\text{Señal de rastreo} = \frac{CFE}{MAD}$$

De acuerdo a Krajewski *et alii* (2008), esta relación permite el uso de tablas de probabilidad normal para especificar los límites de la señal de rastreo. Si dicha señal queda fuera de esos límites, eso indica que el modelo de pronóstico ya no está reflejando correctamente la demanda.

1.6 Balance de línea

Para Rau (2009), el balance de línea consiste en la sincronización de un grupo de puestos y estaciones de trabajo a fin de equilibrar sus cargas. Este método tiene como objetivos reducir esperas e inventarios en procesos, reducir las esperas por recibir trabajo de un puesto precedente, reducir los inventarios en proceso (acumulación entre puestos) y eliminar cuellos de botella.

1.6.1 Tiempo de ciclo

Es el tiempo total necesario para obtener una unidad de producción (UP). Dicho tiempo transcurre desde la ejecución de la primera actividad, de una estación de trabajo, hasta que se vuelva a repetir, cerrando el ciclo de UP.

$$T_{\text{ciclo}} = \frac{\text{tiempo} \cdot \text{de} \cdot \text{producción} \cdot \text{disponible} \cdot \text{por} \cdot \text{día}}{\text{demanda} \cdot \text{diaria}}$$

1.6.2 Cadencia

La cadencia de producción es el tiempo transcurrido entre la obtención de UP y la siguiente. La cadencia del puesto o estación de trabajo viene a ser el TE (Tiempo estándar) y la cadencia de la línea de producción está definida por el puesto de mayor TE (tiempo estándar) de la línea de producción.

1.6.3 Capacidad

La capacidad refiere al máximo que se puede producir bajo ciertas condiciones dadas, como diseño de planta, tecnologías de procesos, productos, entre otros. En nuestro caso aplicativo sería la cantidad de vehículos atendidos en un periodo de tiempo.

1.6.4 Número de máquinas o estaciones

Definición de Rau (2009), es el número de máquinas asignadas, en este caso el número de estaciones de trabajo o el número de líneas de inspección, el número de estaciones depende de la funcionalidad del puesto o estación de trabajo.

$$\text{Número de máquinas} = \frac{TE_{\text{ajustado}}}{\text{Cadencia}}$$

1.7 Estudio de tiempos

Según Niebel *et alii* (2004), el estudio de tiempos es una técnica de medición del trabajo empleada para registrar los tiempos y ritmos de trabajo correspondientes a los elementos de una tarea definida, efectuada en condiciones determinadas, y para analizar los datos a fin de averiguar el tiempo requerido para efectuar la tarea según una norma de ejecución preestablecida.

El estudio de tiempos exige cierto material fundamental:

- Un cronómetro
- Un tablero de observaciones

1.7.1 Tiempo normal

Es el tiempo medio observado, el cual se obtuvo en el muestreo, multiplicado por su factor de valoración.

$$TN = TMO \times FV$$

Donde:

- ▶ TN = Tiempo Normal
- ▶ TMO = Tiempo Medio Observado
- ▶ FV = Factor de Calificación por Velocidad

1.7.2 Suplementos

Los suplementos por descanso (esto quiere decir a reponerse de la fatiga) conforman la única parte esencial del tiempo que se añade al tiempo estándar. Los demás suplementos, como contingencias, por razones políticas de la empresa, solo se aplican bajo ciertas condiciones.

1.7.3 Tiempo estándar

El tiempo estándar para una operación dada es el tiempo requerido para que un operario de tipo medio, plenamente calificado y adiestrado, y trabajando a un ritmo normal, lleve a cabo la operación.

Para mayor precisión del tiempo estándar existe el tiempo estándar ajustado, el cual está afectado por la eficiencia y la utilización.

$$TE = TN \times (1 + S)$$

Donde:

- ▶ TN = Tiempo Normal
- ▶ TE = Tiempo Estándar
- ▶ S = Suplementos

1.8 Distribución de planta

Muther (1977) señala que la disposición de planta es el ordenamiento físico de los factores de la producción, en el cual cada uno de ellos está ubicado de tal modo que las operaciones sean seguras, satisfactorias y económicas en el logro de sus objetivos. Esta disposición de planta puede ser una disposición física ya existente o una nueva disposición proyectada.

1.8.1 Objetivos de una distribución física

El objetivo principal consiste en diseñar un ordenamiento de las áreas de trabajo y del equipo que sea el más económico para el trabajo, al mismo tiempo que sea el más seguro y satisfactorio para los empleados. Según Tompkins *et alii* (2006), estos son los principales objetivos:

- ✓ Integración conjunta de todos los factores que afecten a la distribución.
- ✓ Movimiento de material según distancias mínimas.
- ✓ Circulación del trabajo a través de la planta.
- ✓ Utilización efectiva de todo el espacio.
- ✓ Satisfacción y seguridad de los trabajadores.
- ✓ Flexibilidad de ordenación para facilitar cualquier reajuste.

1.8.2 Tipos de distribución

- ✓ Orientada al proceso (talleres)
- ✓ Orientada al producto (procesos repetitivos o continuos)
- ✓ Posición fija
- ✓ De las oficinas
- ✓ De los almacenes
- ✓ De los servicios

1.8.3 Factores que afectan la distribución

Para Muther (1977), el estudio de los factores de disposición de planta no debe orientarse solamente hacia el logro de una alta productividad, sino en enfocar los esfuerzos para lograr un alto desempeño de sus procesos basados en sistemas de gestión de calidad, medio ambiente, seguridad y salud ocupacional.

a) Factor material

Uno de los factores importantes para la disposición de planta es este factor, pues su tipo, variedad y cantidad dependen por lo general del tipo de sistema de producción. Para el factor material se debe tener en cuenta el diseño del material, características, formas de combinarse con otros materiales, cantidad de material a utilizar y frecuencia de uso. Algunos ejemplos de materiales:

- Materias primas
- Material auxiliar
- Material en proceso
- Productos acabados
- Productos defectuosos
- Virutas, mermas
- Material de mantenimiento

b) Factor maquinaria

En este factor se tiene que considerar la descripción de la maquinaria (características, utilización, etc.) y, sobre todo, el número de máquinas necesarias para cumplir con la demanda proyectada.

- Maquinarias de producción
- Equipos de procesos
- Herramientas, moldes, patrones
- Maquinaria de repuesto y mantenimiento

c) Factor hombre

En este factor se tiene que considerar las condiciones de trabajo y seguridad, necesidades de mano de obra.

- Mano de obra directa e indirecta
- Personal eventual
- Jefes

d) Factor movimiento

En este factor se tiene que tomar en cuenta el manejo de materiales, métodos de manejo, unidad de carga, selección de equipo de acarreo, equipos de trayectoria fija y equipo móvil.

- Movimiento de maquinaria
- Movimiento de material y hombres
- Movimientos de hombres y maquinarias

e) Factor edificio

En este factor se va tomar en cuenta el estudio de suelos, niveles de pisos de edificación, vías de circulación, puertas de acceso y salidas, techos, ventanas, anclajes de maquinaria y áreas de almacenamiento.

f) Factor espera

Este factor toma en cuenta los puntos de demora o espera, algunos ejemplos de áreas de espera.

- Áreas de recepción
- Almacén de material primas
- Demoras
- Equipos sin utilizar

g) Factor servicio

Este factor tiene como puntos relevantes el servicio relativo al personal, material, maquinaria y de edificio.

- Cafetería
- Iluminación
- Vías de acceso
- Ventilación
- Control de producción
- Instalaciones eléctricas
- Señalización de seguridad
- Ambiente de calidad en el trabajo.

h) Factor cambio

El proyecto de distribución de planta deberá contemplar cambios futuros, de modo que la inversión realizada permita a la empresa cumplir con sus demandas de mercado y requerimientos de producción en el horizonte de tiempo establecido para el proyecto. Es por ello que este factor tiene como puntos relevantes la adquisición de tecnología, comportamiento o segmentación del mercado, servicios, infraestructura, crecimiento escalonado y la empresa en la sociedad del conocimiento, Muther (1977).

1.8.4 Planeamiento sistemático para la distribución de planta

Para Diaz *et alii* (2007), este método reúne las ventajas de las aproximaciones metodológicas precedentes e incorpora el flujo de materiales en el estudio de distribución, organizando el proceso de planificación total de manera racional y estableciendo una serie de fases y técnicas que permiten identificar, valorar y visualizar todos los elementos involucrados en la implantación y las relaciones existentes entre ellos (ver figura 1.5).

❖ Herramientas del Planeamiento Sistemático de Distribución (PSD)

Las herramientas del Planeamiento Sistemático de Distribución son de diversos tipos, existen herramientas para el recojo de la información, diagramación de procesos, relación de actividades, calculo de espacios y diagramación en conjunto (ver figura 1.6).

a) Diagrama de flujo de procesos

A continuación se presenta algunas de las herramientas usadas para diagramar los procesos existentes o propuestos.

1. Diagrama de análisis de procesos

Este diagrama que muestra la trayectoria de un operario, material o utilización de la máquina. Además señala todos los hechos, distancias y tiempos. Cada acción es identificada con un símbolo.

2. Diagrama de recorrido

Niebel *et alii* (2004), menciona que este diagrama plasma el flujo de operaciones en un plano a escala, donde se especifica la posición de las máquinas y el traslado del material, en este caso aplicativo. Representaría el trayecto que realiza el vehículo hasta culminar el servicio. En la figura 1.7 se puede apreciar la simbología que se utiliza para el diagrama de recorrido.

b) Diagrama de relación de actividades (TRA)

Muestra las relaciones de cada departamento, oficina o área de servicios con cualquier otro departamento y área. Se emplean en este caso símbolos de cercanía para reflejar la importancia de cada relación (ver figura 1.8).

c) Layout de bloques unitarios

Según Meyers *et alii* (2006) es una herramienta que ayuda a plasmar en un plano las relaciones de actividades, la proximidad que pueden tener entre áreas. Se agregan todos los departamentos a distribuir.

d) Cálculo de espacios

De acuerdo a Meyers *et alii* (2006), el método de Guerchet, calcula el requerimiento de espacio que requiere cada una de las máquinas, área administrativa, almacenes, etc.

Área total requerida

$$ST = SS + SG + SE$$

✓ Superficie estática (SS)

Es el área fija mínima, trabaje o no la máquina. Esta área es por estación o por máquinas. No se incluyen elementos móviles.

$$SS = LARGO \times ANCHO$$

✓ Superficie gravitacional (SG)

Indica el área requerida con la máquina operando.

$$SG = \# \text{ de lados} \cdot o \cdot \text{ frentes} \cdot \text{ de operación} \times SS$$

✓ Superficie evolutiva (SE)

En este espacio se considera el movimiento de elementos, espacio para pasillos.

$$SE = 0.5 \times (SS + SG) \times \left(\frac{hm}{hf} \right)$$

Donde:

Hm y Hf: altura promedio ponderada de elementos móviles y fijos respectivamente.

e) Diagrama relacional de espacios (DRE)

Una vez diagramado el LBU, se procede a realizar el DRE, este diagrama incluye las dimensiones de cada una de las áreas y un orden tentativo, este método no evalúa flujo del proceso.

f) Distribución General en Conjunto (DGC)

Una vez obtenido el layout de bloques unitarios y determinados los espacios, se procede a diseñar la distribución deseada. Este método considera los limitantes del área, evalúa el mejor flujo y las necesidades de producción, y establece patrones básicos de circulación.

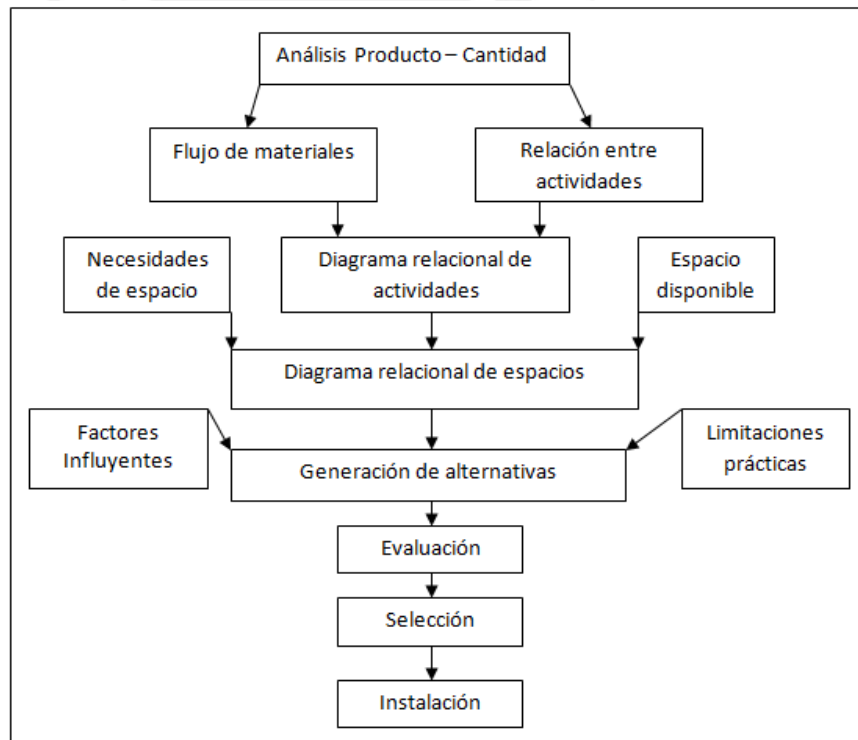


FIGURA 1.5: Esquema del Planeamiento Sistemático de Distribución

FUENTE: Muther (1968)

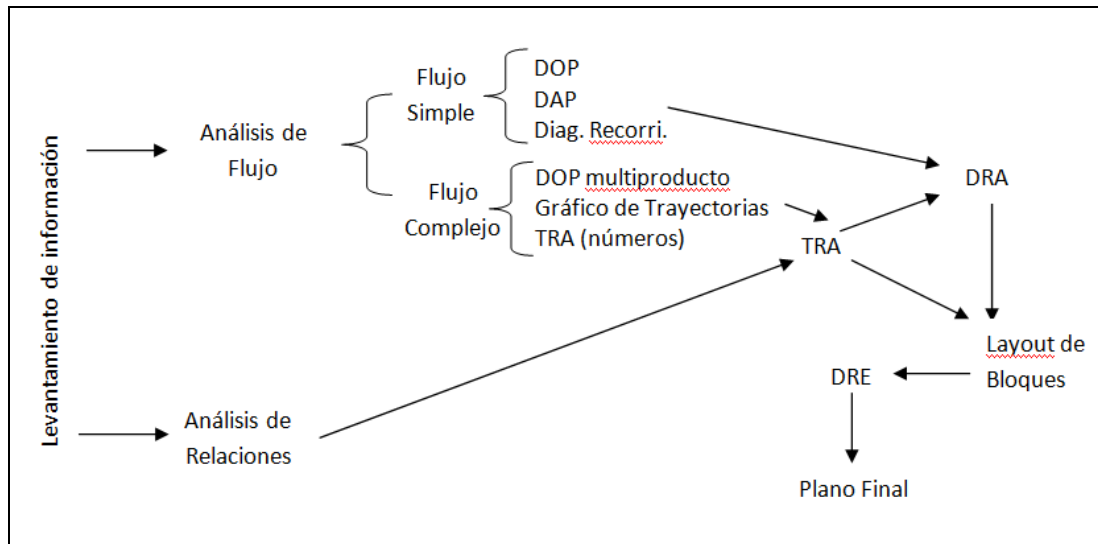


FIGURA 1.6: Etapas PSD
FUENTE: Muther (1977)

ACTIVIDAD	EJEMPLO		
OPERACIÓN 	 CLAVAR	 TALADRAR	 DIGITAR TECLAS
TRANSPORTE 	 LLEVAR MATERIALES EN CARRETILLA	 ELEVAR MATERIALES CON POLEA	 LLEVAR PAPELES EN LA MANO
INSPECCIÓN 	 EXAMINAR CALIDAD Y CALIDAD	 LEER UN MANÓMETRO	 EXAMINAR UN IMPRESO
DEMORA 	 MATERIAL ESPERANDO SER UTILIZADOS	 EN ESPERA DE UN ASCENSOR	 DOCUMENTOS PARA ARCHIVARSE
ALMACENAMIENTO 	 MATERIAS PRIMAS	 PRODUCTO TERMINADO	 DOCUMENTOS EN CAJA FUERTE

FIGURA 1.7: Simbología del diagrama de recorrido
FUENTE: Corrales (2010)

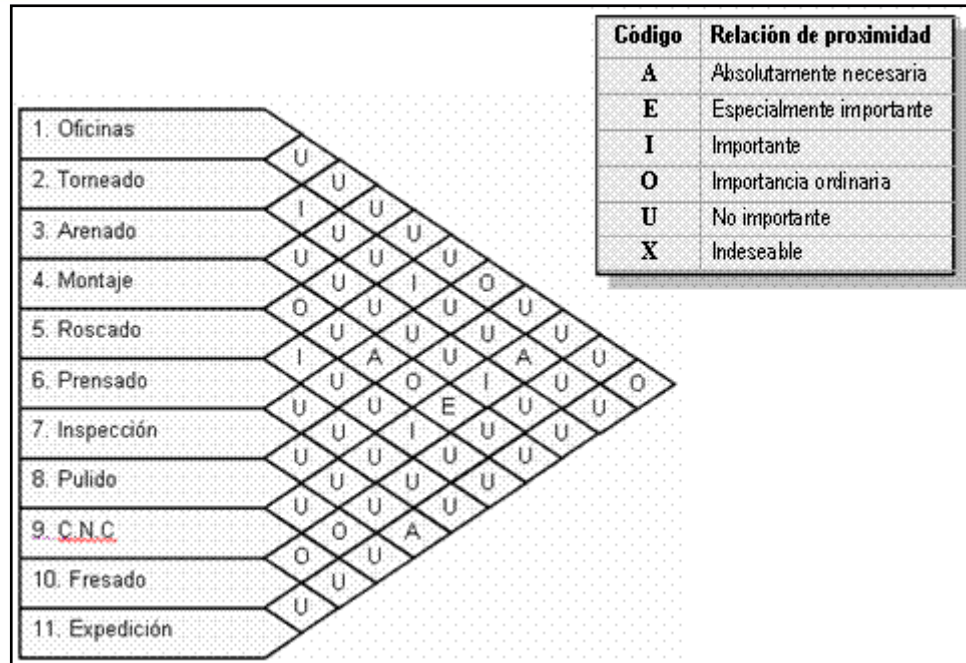


FIGURA 1.8: Relación de actividades
FUENTE: Meyers *et alii* (2006)

1.9 Herramientas de mejora continua

Existen 9 herramientas básicas que han sido ampliamente adoptadas en las actividades de mejora de la calidad y utilizadas como soporte para el análisis y solución de problemas operativos en los más distintos contextos de una organización.

1.9.1 Diagrama de Pareto

Según Krajewski *et alii* (2000), el diagrama de Pareto es una técnica que separa los “pocos vitales” de los “muchos triviales”. Una gráfica de Pareto es utilizada para separar gráficamente los aspectos significativos de un problema, de manera que un equipo sepa dónde dirigir sus esfuerzos para mejorar. Reducir los problemas más significativos será de mayor utilidad, que reducir los problemas más pequeños. Según este concepto, si se tiene un problema con muchas causas, podemos decir que el 20% de las causas resuelven el 80% del problema y el 80% de las causas solo resuelven el 20% del problema.

1.9.2 Diagrama de flujo

Se usa, en principio, para cada componente de un ensamble o de un sistema para obtener el máximo ahorro en la manufactura o en procedimientos aplicables a un componente o secuencia de trabajos específicos. El diagrama de flujo del proceso es valioso en especial al registrar costos ocultos no productivos, como distancias recorridas, retrasos y almacenamientos temporales. Una vez detectados estos periodos no productivos, se pueden tomar medidas para minimizarlos y, por ende, disminuir sus costos.

1.9.3 Diagrama causa/efecto

Según Krajewski *et alii* (2000), el diagrama causa - efecto es un método sistematizado de trabajo en grupo que ilustra con claridad las diversas causas que afectan a un resultado, clasificándolas y vinculándolas entre sí.

Pasos:

1. Definir el problema y escribirlo encerrado en un rectángulo.
2. Trazar una línea horizontal hacia la izquierda a partir de la cara izquierda del rectángulo.
3. Escribir las causas principales en rectángulos y unirlos con líneas a la línea principal.
4. Efectuar una lluvia de ideas para ir añadiendo factores a cada causa principal.
5. Someter el diagrama al análisis grupal.
6. Determinar las causas más probables.

CAPITULO 2: DESCRIPCIÓN DE LA ORGANIZACIÓN Y SU ENTORNO

La empresa que será objeto de estudio es una metalmecánica que se dedica íntegramente a la fabricación y mantenimiento de máquinas para industrias panificadoras, restaurantes y hoteles. Actualmente la empresa tiene 8 líneas de producción, sin embargo la línea de producción de hornos será objeto de estudio debido a que genera mayores ganancias y presenta dificultades con el cumplimiento de su demanda.

2.1 Descripción de la empresa

La empresa se dedica principalmente a la creación de hornos estacionarios, rotativos, yoghis y licuadoras industriales en sus distintas presentaciones y capacidades, también brinda servicios de mantenimiento industrial. Cuenta con 8 líneas de producción las cuales abastecen a Lima y provincias. El material que utilizan es principalmente el acero y sus variedades, las cuales provienen de Brasil y empresas nacionales comercializadoras de metal. Esta empresa tiene como principal mercado a los establecimientos que se dedican a la panadería, restaurantes y hoteles.

2.1.1 Sector y actividad económica

El sector al cual pertenece la empresa es la metalmecánica, con código CIIU 2919. La actividad comercial fundamental, que desarrolla esta organización, es la de fabricación y servicios de mantenimiento de hornos estacionarios, hornos rotativos, yoghis, licuadoras industriales e utensilios industriales. Estos productos están destinados a las industrias panificadoras, restaurantes y hoteles.

2.1.2 Visión

La empresa tiene como objetivo conseguir una posición sólida en el mercado peruano, para ello plantea responder eficientemente a la demanda de los consumidores, tanto en la producción como en la distribución de sus productos. Por ello posee la visión de lograr alcanzar el desarrollo íntegro de la empresa, gozar de un elevado posicionamiento y reconocimiento, convertirse en líderes en la fabricación de productos metalmecánicos destinados a mipymes.

2.1.3 Misión

Debido al sector que está orientado la empresa, posee la misión de proporcionar un producto de alta tecnología y de muy buena calidad, buscando aumentar la productividad y la precisión en los procesos que realicen los clientes.

2.2 Producto

La empresa no se limita a realizar productos de una misma capacidad de funcionamiento y tamaño, también se elaboran máquinas industriales según requerimiento de los clientes. Es por ello, que en los almacenes de la empresa podemos encontrar equipos industriales de diferentes tamaños, medidas, pesos y capacidades. A continuación se presenta la descripción de sus principales productos:

❖ Hornos estacionarios:

- ✓ De 2, 4, 6 y 8 bandejas de 35x80cm.
- ✓ A gas, eléctrico y petróleo.
- ✓ Con vaporizador, pirómetro digital y pintura al horno.

❖ Hornos Rotativos:

- ✓ De 10, 12 y 15 bandejas.
- ✓ A gas, eléctrico y petróleo.

❖ Yoguis:

- ✓ De 5, 8 y 10 unidades.
- ✓ A gas y eléctrico.

❖ Batidora Industrial:

- ✓ De 5, 10, 15, 30 y 60 litros.

❖ Licuadora Industrial:

- ✓ De 5, 10, 15, 20 y 25 litros.

❖ Divisora de pan:

- ✓ De 36 cortes.

❖ Asador de carne:

- ✓ Asador eléctrico para todo tipo de carne.
- ✓ Estructura de acero inoxidable y de diferentes tamaños.

- ❖ Rebanadora:
- ✓ De 32 cuchillas.

2.3 Proveedores

La empresa utiliza como materia prima principal el acero, además de usar diferentes variedades de insumos y equipos mecánicos, los cuales serán utilizados o ensamblados en el producto terminado.

2.3.1 Internos

Los insumos, equipos mecánicos y materias primas que se utilizan para la elaboración de las máquinas industriales son las siguientes:

Tabla 2.1: Materiales principales

Insumos	Materias Primas	Equipos mecánicos
Arandelas	Perfiles acero de 1pulg. y 2pulg.	Quemador automático diesel
Pernos	Tubos de Acero al Carbono ASTM 178	Quemador automático gas (GLP o GNV)
Bisagras	Planchas ASTM 285 Gr. C de 1/4"	Pirómetro
Remaches de aluminio		Transformadores
Contactores y relays		Motor para el ventilador
Fibra de vidrio		Motores trifásicos
Varillas de soldadura		
Temporizadores		
Selectores		
Piezas fundidas		

Elaboración Propia

Las empresas que abastecen estos materiales son proveedores nacionales, como Jn Aceros S.A, Aceros Arequipa S.A. y Edipesa S.A.

2.4 Clientes

La empresa distribuye sus productos en Lima y provincias (ver figura 2.1).

2.4.1 Clientes directos

Sus principales clientes son las empresas panaderas, hoteles, restaurantes. Además brinda servicios de mantenimiento industrial a empresas que lo requieran.

2.4.2 Distribuidores

La empresa posee locales que se encargan de vender sus productos terminados, sin embargo, en su planta de producción también los clientes pueden adquirirlo. Si existe un cliente en provincia, la empresa terceriza el medio transporte para entregar las máquinas industriales.

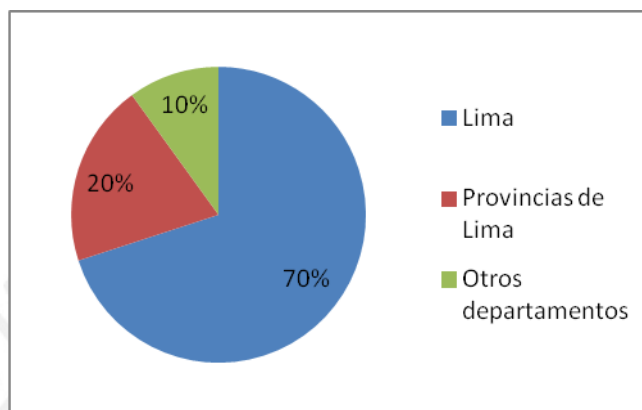


FIGURA 2.1: Distribución de clientes directos 2013
Elaboración propia

2.5 Secciones productivas de la empresa

La producción de los diversos productos que elabora la empresa, se realiza en 3 diferentes plantas y pasa por 7 secciones de trabajo, las cuales se detallan a continuación:

2.5.1 Sección de trazado y cortado

Esta es la primera sección en donde se realiza el trazado preliminar en las diferentes planchas de acero las cuales servirían para la estructura interna y externa dependiendo del producto a fabricar. Luego de la operación de trazado se procede a realizar el corte en las planchas, mediante el uso de diferentes máquinas y herramientas de cortado.

2.5.2 Sección de doblado y rolado

En esta sección se realiza el proceso de doblado y rolado para dar forma rectangular y circular a planchas y tubos de acero. Principalmente se utiliza para generar el cuerpo externo de los productos.

2.5.3 Sección de soldado

En esta sección se encarga de realizar la operación de soldado a las diferentes estructuras o piezas que lo requieran, para ello se utilizan soldadoras de punto eléctrico, corriente continua y alterna.

2.5.4 Sección de ensamble

En esta sección los operarios se encargan de ensamblar las piezas y estructuras para dar forma al producto terminado, para ello se utilizan equipos móviles de soldadura.

2.5.5 Sección de torneado

En esta sección los operarios elaboran las piezas que no se venden en el mercado nacional y las cuales deben integrar el producto final para su buen funcionamiento, para ello se utilizan tornos paralelos.

2.5.6 Sección de montaje eléctrico

En esta sección se realiza la instalación de los componentes eléctricos de los productos finales. Asimismo se realiza la comprobación del sistema eléctrico antes que el producto salga al mercado.

2.5.7 Sección de pintado y embalado

En esta última sección, se utilizan compresoras u hornos industriales, dependiendo del tamaño del producto final que se quiera pintar. Al finalizar el proceso de pintado, se procede a embalar con rollos de film, para su posterior despacho o almacenado.

2.6 Infraestructura de planta

Las 3 plantas de producción poseen una estructura sólida, con una viga principal y columnas situadas de forma simétrica. Las paredes interiores no están diseñadas contra vapores, humo, ruido y calor.

Según se observa en la tabla 2.2, la planta 3 está predeterminada sólo para producir hornos rotativos y estacionarios; mientras que en la planta 1 y la planta 2, se fabrican los otros productos que ofrece la empresa, además que al ser plantas de mayor volumen, se utilizan como almacenes de los hornos elaborados en la planta 3.

Tabla 2.2: Distribución de la fabricación de productos en plantas

Planta	Planta 1	Planta 2	Planta 3
Área	380 m ²	280 m ²	260 m ²
Terreno	Propio	Alquilado	Alquilado
Almacén	SI	SI	NO
Hornos estacionarios	x	x	x
Hornos Rotativos	x	x	x
Yoghis	x	x	
Batidoras industriales	x	x	
Licadoras industriales	x	x	
Divisora de pan	x	x	
Asadores de carne	x	x	
Rebanadora de pan de molde	x	x	

Fuente: Empresa
Elaboración propia

2.6.1 Tipo de Maquinaria

En las líneas de producción se encuentran las siguientes máquinas:

- ✓ Dobladora
- ✓ Roladora
- ✓ Cizalla manual y eléctricas
- ✓ Cortadora por plasma
- ✓ Torno horizontal
- ✓ Sujetadora hidráulica
- ✓ Soldadora
- ✓ Taladradora vertical
- ✓ Limadora eléctrica
- ✓ Sujetador manual
- ✓ Horno industrial
- ✓ Compresora

2.6.2 Tipo de distribución

La empresa aplica una distribución por proceso o función, ya que los productos pasan por las diferentes secciones de trabajo según se requiera.

CAPITULO 3: ANÁLISIS Y DIAGNÓSTICO ACTUAL

En este capítulo se determina la selección de la línea de producción de objeto de estudio, a partir de un análisis de factores; como el cumplimiento del plan de producción programado, la estandarización de procesos, defectos del producto terminado, incidentes y/o accidentes, paradas de máquina, utilidad perdida, distribución de secciones de trabajo y horas extras. Una vez seleccionada la línea a analizar, se procede a identificar los problemas que puedan presentarse en la fabricación del producto.

3.1 Selección de la línea de producción de objeto de estudio

Para seleccionar la línea de producción en la cual se enfocará el presente análisis de estudio, se realizará una ponderación de distintos factores sobre las líneas existentes.

La empresa cuenta con las siguientes líneas de producción:

- ❖ Línea de hornos estacionarios
- ❖ Línea de hornos rotativos
- ❖ Línea de yoghis
- ❖ Línea de batidoras industriales
- ❖ Línea de licuadoras industriales
- ❖ Línea de divisora de pan
- ❖ Línea de asadores de carne
- ❖ Línea de rebanadora de pan de molde

A continuación se describe los factores a ser analizados:

- ❖ Cumplimiento del plan de producción programado
- ❖ Estandarización de procesos
- ❖ Defectos de producto terminado
- ❖ Incidentes
- ❖ Paradas de máquinas
- ❖ Utilidad perdida
- ❖ Distribución de secciones de trabajo
- ❖ Horas extras

3.1.1 Cumplimiento del plan de producción programado

Para garantizar el tiempo de entrega de los productos finales las áreas que integran las líneas de producción deben considerar los tiempos de sus procesos para cumplir con el plan de producción mensual. Si alguna área se demora en el cumplimiento de sus plazos, esto afecta directamente a la siguiente área en su plazo. Las principales causas del incumplimiento de entrega son la falta de mano de obra directa, espacio de trabajo reducido para realizar actividades, no existe flujo continuo del material a lo largo de todo el proceso. En la tabla 3.1 se presenta un reporte de la producción programa (PP) y la producción requerida (PR). Esta información nos ayuda a calcular el % de cumplimiento en los años analizados, su sustento se encuentra en el anexo 1.

Tabla 3.1: Cumplimiento del plan de producción

Líneas	Cumplimiento				
	2010	2011	2012	2013	2014
Línea de hornos estacionarios	78%	76%	74%	71%	70%
Línea de hornos rotativos	77%	75%	74%	74%	72%
Línea de Yoghis	98%	97%	96%	95%	93%
Línea de batidoras industriales	97%	96%	95%	92%	92%
Línea de licuadoras industriales	99%	98%	98%	97%	96%
Línea de divisoras de pan	97%	97%	96%	95%	95%
Línea de asadores de carne	97%	97%	96%	96%	95%
Línea de rebanadora de pan de molde	93%	94%	89%	88%	87%

Fuente: Empresa
Elaboración propia

Como se puede apreciar el menor % de cumplimiento se localiza en las líneas de producción de hornos estacionarios y rotativos. Las causas principales de este problema son las diferentes operaciones que se realizan y la capacidad operativa limitada de mano de obra directa.

3.1.2 Estandarización de procesos

Para producir los productos terminados se debe tener en consideración los procesos incurridos en cada línea de trabajo. En base a estos procesos se debe regir la forma de operar de los operarios durante su labor productiva. Asimismo, la cantidad de procedimientos va acorde a la cantidad de procesos que existen y hay que tenerlo en consideración ya que es un factor causante de errores si no se encuentran estandarizados. En la tabla 3.2 se muestra la cantidad de procesos incurridos en cada línea de trabajo para producir los productos terminados.

Tabla 3.2: Cantidad de procedimientos por línea

Líneas de producción	Cantidad de procesos
Línea de hornos estacionarios	71
Línea de hornos rotativos	78
Línea de Yoghis	23
Línea de batidoras industriales	34
Línea de licuadoras industriales	36
Línea de divisoras de pan	27
Línea de asadores de carne	29
Línea de rebanadora de pan de molde	31

Fuente: Empresa
Elaboración propia

En las líneas de hornos se realizan la mayor cantidad de procesos debido a la complejidad estructural de los hornos.

3.1.3 Defectos de productos terminados

Al final de cada línea de producción los productos pasan por un proceso de inspección, el cual consiste principalmente en la verificación del sistema eléctrico y térmico, el adecuado ensamblado y estado de los componentes. Estas inspecciones se realizan con el objetivo de entregar un producto de calidad a los clientes. En el transcurso de las revisiones se encontraron numerosos defectos, los cuales se encuentran cuantificados en la tabla 3.3, su sustento se encuentra en el anexo 2.

Como se puede apreciar en la tabla, los productos que tienen en promedio una mayor cantidad de defectos son los que provienen de las líneas de producción de hornos estacionarios y rotativos. Las principales causas son la distribución interna y pérdida de calor en la cabina de los hornos y problemas con la ventilación.

Tabla 3.3: Defectos de productos terminados

Líneas de producción	Promedio de defectos al año
Línea de hornos estacionarios	416
Línea de hornos rotativos	734
Línea de Yoghis	156
Línea de batidoras industriales	292
Línea de licuadoras industriales	175
Línea de divisoras de pan	120
Línea de asadores de carne	164
Línea de rebanadora de pan de molde	132

Fuente: Empresa
Elaboración propia

3.1.4 Incidentes y/o accidentes

Para la empresa es de suma importancia evitar cualquier tipo de factores que afecten el buen estado físico y mental del empleado. A pesar de las medidas que se toman para evitarlos, estos llegan a ocurrir en las diferentes líneas de producción. Según datos históricos de la empresa nunca ha ocurrido incidentes y/o accidentes graves durante los últimos dos años; sin embargo, los leves, son los más comunes en las líneas productivas.

La cantidad de incidentes y/o accidentes registrados es un factor que se debe tener en consideración ya que afecta a los planes de producción de la empresa, y por ende; directamente a los operarios. En la tabla 3.4 se muestra el promedio de incidentes y/o accidentes anuales según los datos registrados por la empresa.

En las líneas de hornos se utiliza mucho las soldadoras, dobladoras, roladoras, troqueladoras y operaciones de corte. Esto explica una mayor cantidad de formas posibles de peligro y una alta probabilidad de que ocurran incidentes.

Tabla 3.4: Promedio anual de incidentes y/o accidentes

Líneas de producción	Año 2013	Año 2014	Promedio incidentes y/o accidentes al año
Línea de hornos estacionarios	452	474	463
Línea de hornos rotativos	520	546	533
Línea de Yoghis	310	326	318
Línea de batidoras industriales	294	308	301
Línea de licuadoras industriales	202	212	207
Línea de divisoras de pan	142	148	145
Línea de asadores de carne	226	236	231
Línea de rebanadora de pan de molde	162	170	166

Fuente: Empresa
Elaboración propia

3.1.5 Paradas de Máquinas

Las máquinas utilizadas para cada tipo de productos elaborados, sufren muchos desperfectos debido a que los operarios las exigen demasiado con el fin de querer cumplir con la demanda. Además, estas no reciben el adecuado mantenimiento, por lo que algunas veces se generan reprocesos. Por consiguiente, no se realiza un flujo continuo en la fabricación afectando drásticamente la productividad. A continuación, se muestra el detalle de paradas de máquinas anuales por línea de producción:

Tabla 3.5: Promedio anual de paradas de máquinas

Líneas de producción	Número de paradas de máquinas		
	2013	2014	Promedio paradas al año
Línea de hornos estacionarios	89	94	92
Línea de hornos rotativos	152	158	155
Línea de Yoghis	35	37	36
Línea de batidoras industriales	58	61	60
Línea de licuadoras industriales	41	43	42
Línea de divisoras de pan	26	27	27
Línea de asadores de carne	34	36	35
Línea de rebanadora de pan de molde	26	28	27

Fuente: Empresa
Elaboración propia

En el anexo 3, se muestra el detalle de las paradas de máquinas por línea de producción, en el año 2014.

3.1.6 Utilidad perdida

Se procede a representar las producciones perdidas en cada línea productiva. La unidad en común que se utilizará para este análisis, es la utilidad perdida generada por no satisfacer con la demanda requerida en el tiempo establecido. Para proceder a seleccionar se hará uso del diagrama de Pareto, para ello se utilizó la producción y demanda, desde el 2010 hasta el 2014, para las diferentes líneas de productos. Esta data histórica fue aportada por el área de producción de la empresa. Las posibles causas de la holgura entre demanda y producción son la falta de capacidad de producción, pérdida de tiempo en reprocesos y métodos de trabajos y diseños de puestos inadecuados. A continuación, se muestra en la figura 3.1, el diagrama de Pareto, luego del cálculo realizado en el anexo 4.

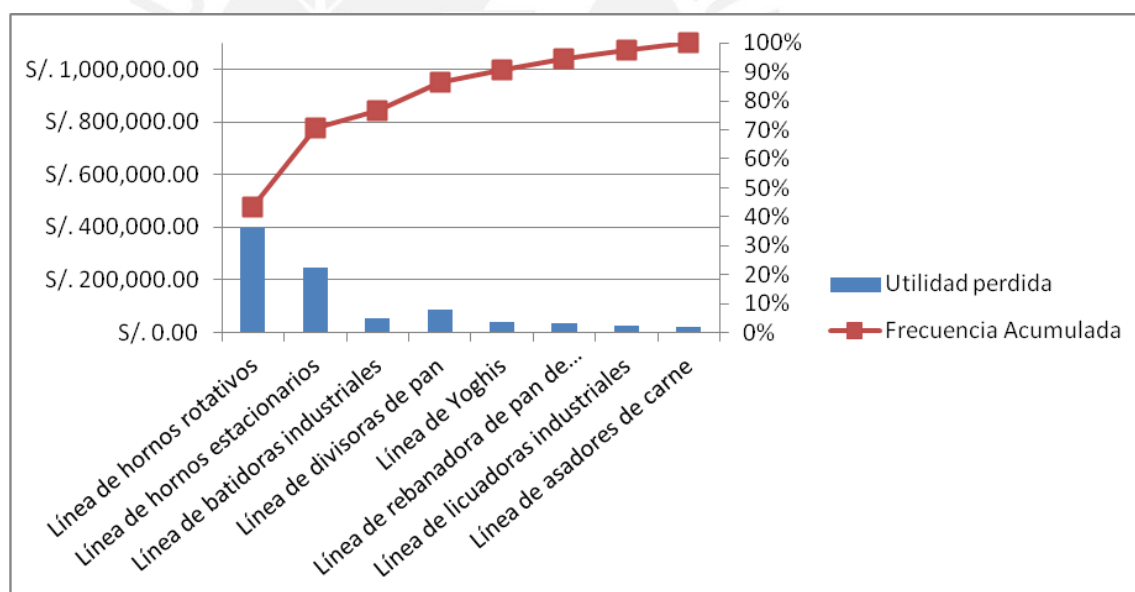


FIGURA 3.1: Diagrama de Pareto – Utilidad Perdida
Elaboración Propia

Se puede observar en la figura 3.1 que las líneas de hornos rotativos y estacionarios son quienes generan una mayor utilidad perdida, debido a la falta de capacidad productiva.

3.1.6 Distribución de secciones de trabajo

En las líneas de producción se cuenta con las siguientes secciones de trabajo:

- ❖ Sección de trazado
- ❖ Sección de cortado
- ❖ Sección de rolado
- ❖ Sección de doblado
- ❖ Sección de torneado
- ❖ Sección de soldado
- ❖ Sección ensamble eléctrica
- ❖ Sección de montaje

En los anexos 5 y 6 se pueden apreciar la distribución de las secciones de trabajo de la línea de producción de hornos estacionarios y rotativos. Se elaboró este layout para realizar el diagrama de recorrido de las materia primas que se utilizan para producir los productos finales. Con este diagrama se puede concluir que existe una mala distribución de planta ya que no se observa un flujo continuo del material y demasiado recorrido para pasar de un proceso a otro. El mismo problema existe en las otras líneas productivas, sin embargo los problemas que ocasiona la mala distribución es menor ya que la cantidad de procesos que se realizan es mucho menor. Es por ello que en este factor solo se analizó las líneas de hornos, debido a que generan una mayor cantidad de procesos para producir sus productos finales.

3.1.7 Horas extras

Los costos que se generan por las horas extras que realizan los trabajadores de la empresa, en las 3 plantas de producción, son muy significativos. Esta información fue proporcionada por la empresa.

Según se observa en la tabla 3.6, los costos generados por horas extras en la producción de hornos rotativos y estacionarios, son mayores a los de las plantas 1 y 2, en donde se producen las otras 6 líneas de producción. Es por ello, que se considera como otro factor importante en la selección de las líneas de producción a estudiar.

Tabla 3.6: Costo de horas extras anuales

Líneas de producción	Planta	Horas extras		Costo Total	
		2013	2014	2013	2014
Línea de hornos estacionarios	Planta 3	6478	6818	S/. 71,258.00	S/. 74,998.00
Línea de hornos rotativos					
Línea de Yoghis	Planta 2	5931	6242	S/. 65,241.00	S/. 68,662.00
Línea de batidoras industriales					
Línea de licuadoras industriales					
Línea de divisoras de pan	Planta 1	6426	6762	S/. 70,686.00	S/. 74,382.00
Línea de asadores de carne					
Línea de rebanadora de pan de molde					

Fuente: Empresa
Elaboración propia

3.1.8 Ponderación de factores

En base a los factores analizados anteriormente se procede a ponderarlos, con el objetivo de identificar la línea de producción que se necesita mejorar.

En la tabla 3.7, se procede a dar un puntaje entre el 1 al 8 a cada una de las líneas productivas, considerando 1 a aquella línea, cuyo factor no influye demasiado; y así sucesivamente hasta llegar al 8, puntaje que indica que el factor es crítico en la línea.

Tabla 3.7: Puntaje de las líneas de producción

Líneas de producción	Cumplimiento del plan de producción programado	Estandarización del proceso	Defectos de productos terminados	Incidentes y/o accidentes	Paradas de máquinas	Utilidad perdida	Distribución de secciones de trabajo	Horas extras
Hornos estacionarios	7	7	7	7	7	7	7	7
Hornos rotativos	8	8	8	8	8	8	8	8
Yoghis	1	1	4	6	4	4	1	5
Batidoras industriales	4	5	6	5	6	5	5	3
Licuadoras industriales	1	6	5	3	5	2	6	4
Divisoras de pan	5	2	2	1	2	6	2	6
Asadores de carne	1	3	4	4	3	1	3	2
Rebanadora de pan de molde	6	4	3	2	1	3	4	1

Elaboración propia

A continuación se procede a dar un peso ponderado a cada factor según la importancia dentro de las políticas de la empresa y su implicancia con la imagen frente a los clientes. Esta data se observa en la tabla 3.8.

Tabla 3.8: Valor de ponderación por cada factor

Factor	Ponderación
Cumplimiento del plan de producción programado	0.23
Estandarización del proceso	0.04
Defectos de productos terminados	0.04
Incidentes y/o accidentes	0.04
Paradas de máquinas	0.11
Utilidad perdida	0.20
Distribución de secciones de trabajo	0.21
Horas extras	0.14

Elaboración propia

Según estos datos se procede a calificar a cada una de las líneas de producción, obteniéndose los siguientes resultados mostrados en la tabla 3.9.

Tabla 3.9: Ponderación por línea de producción

Líneas de producción	Cumplimiento del plan de producción programado	Estandarización del proceso	Defectos de productos terminados	Incidentes	Paradas de máquinas	Utilidad perdida	Distribución de secciones de trabajo	Horas extras	Puntuación
Línea de hornos estacionarios	1.63	0.25	0.25	0.25	0.75	1.38	1.50	1.00	7.00
Línea de hornos rotativos	1.86	0.29	0.29	0.29	0.86	1.57	1.71	1.14	8.00
Línea de Yoghis	0.23	0.04	0.14	0.21	0.43	0.79	0.21	0.71	2.77
Línea de batidoras industriales	0.93	0.18	0.21	0.18	0.64	0.98	1.07	0.43	4.63
Línea de licuadoras industriales	0.23	0.21	0.18	0.11	0.54	0.39	1.29	0.57	3.52
Línea de divisoras de pan	1.16	0.07	0.07	0.04	0.21	1.18	0.43	0.86	4.02
Línea de asadores de carne	0.23	0.11	0.14	0.14	0.32	0.20	0.64	0.29	2.07
Línea de rebanadora de pan de molde	1.39	0.14	0.11	0.07	0.11	0.59	0.86	0.14	3.41

Elaboración propia

En la tabla 3.9 se puede observar que las líneas que obtienen una mayor puntuación son las líneas de hornos. Es por ello que se determina realizar el análisis y diagnóstico en dichas líneas.

3.2 Identificación de las causas del problema principal en la línea de producción del horno rotativo y estacionario

El problema principal, que presenta la empresa de estudio, es que su capacidad de producción no cubre la demanda; y por ende se generan problemas de demanda insatisfecha (ver tabla 3.12). Esto se debe a que la producción anual (ver tabla 3.11) no ayuda a cubrir la demanda anual generada por el cliente (ver tabla 3.10).

Tabla 3.10: Demanda anual (2010 al 2014)

Líneas de producción	Demanda anual				
	2010	2011	2012	2013	2014
Línea de hornos estacionarios	105	156	215	276	298
Línea de hornos rotativos	145	216	271	308	325

Fuente: Empresa
Elaboración propia

Tabla 3.11: Producción anual (2010 al 2014)

Líneas de producción	Producción anual				
	2010	2011	2012	2013	2014
Línea de hornos estacionarios	82	118	160	195	208
Línea de hornos rotativos	111	163	200	229	235

Fuente: Empresa
Elaboración propia

Tabla 3.12: Demanda insatisfecha

Líneas de producción	Demanda insatisfecha				
	2010	2011	2012	2013	2014
Línea de hornos estacionarios	22%	24%	26%	29%	30%
Línea de hornos rotativos	23%	25%	26%	26%	28%

Fuente: Empresa
Elaboración propia

3.2.1 Diagrama Causa - Efecto

En la figura 3.2 se muestran las causas raíces del problema principal, debidamente clasificadas en 4 factores: materiales, máquinas y herramientas, métodos y personal.

Para ello se establece una leyenda para determinar el nivel de las causas; considerando como causas críticas, aquellas que afectan directamente a uno de los 4 factores y al problema principal y son las primeras causas en solucionar; muy graves, aquellas causas que afectan en menor proporción al problema principal y graves, aquellas causas que afectan en menor proporción a uno de los 4 factores. Toda esta información se realizó en base a lo analizado en el punto 3.1 y a lo conversado con la empresa.

❖ Factor material

El flujo de material no es continuo, ello se explica por los traslados innecesarios entre las áreas según el diagrama de recorrido.

La falta de materiales como la materia prima se da a causa, de la mala distribución y ubicación de materiales, ya que algunos de los productos terminados se encuentran junto con las materias primas.

❖ Factores máquinas y herramientas

La falta de herramientas en el área de trabajo es porque actualmente no usan códigos o cartillas con el nombre de cada herramienta que permita ubicarlos fácilmente; sólo se guían por la forma de la herramienta para identificarlos (ver figura 3.3).

Otra causa por la que se justifica la falta de herramientas es que al momento de usarlas, los trabajadores no las guardan en su sitio, por ello se da la pérdida de las herramientas.

La mala ubicación de las máquinas se debe a la mala distribución de la planta, ya que como se puede apreciar en el diagrama de recorrido (anexo 5 y 6) hay traslados que se pueden evitar.

Existe ausencia de mantenimiento preventivo a las máquinas, ello se debe, a que no está implementado un sistema de limpieza que pueda realizarse mensualmente, de tal forma que ya no se generen reprocesos.

❖ Factor personal

El tiempo improductivo se da a causa de la cantidad de incidentes y/o accidentes de trabajo que ocurre en la empresa, debido a que no utilizan implementos de seguridad como zapatos reforzados, además que los pasillos son muy estrechos (ver tabla 3.13).

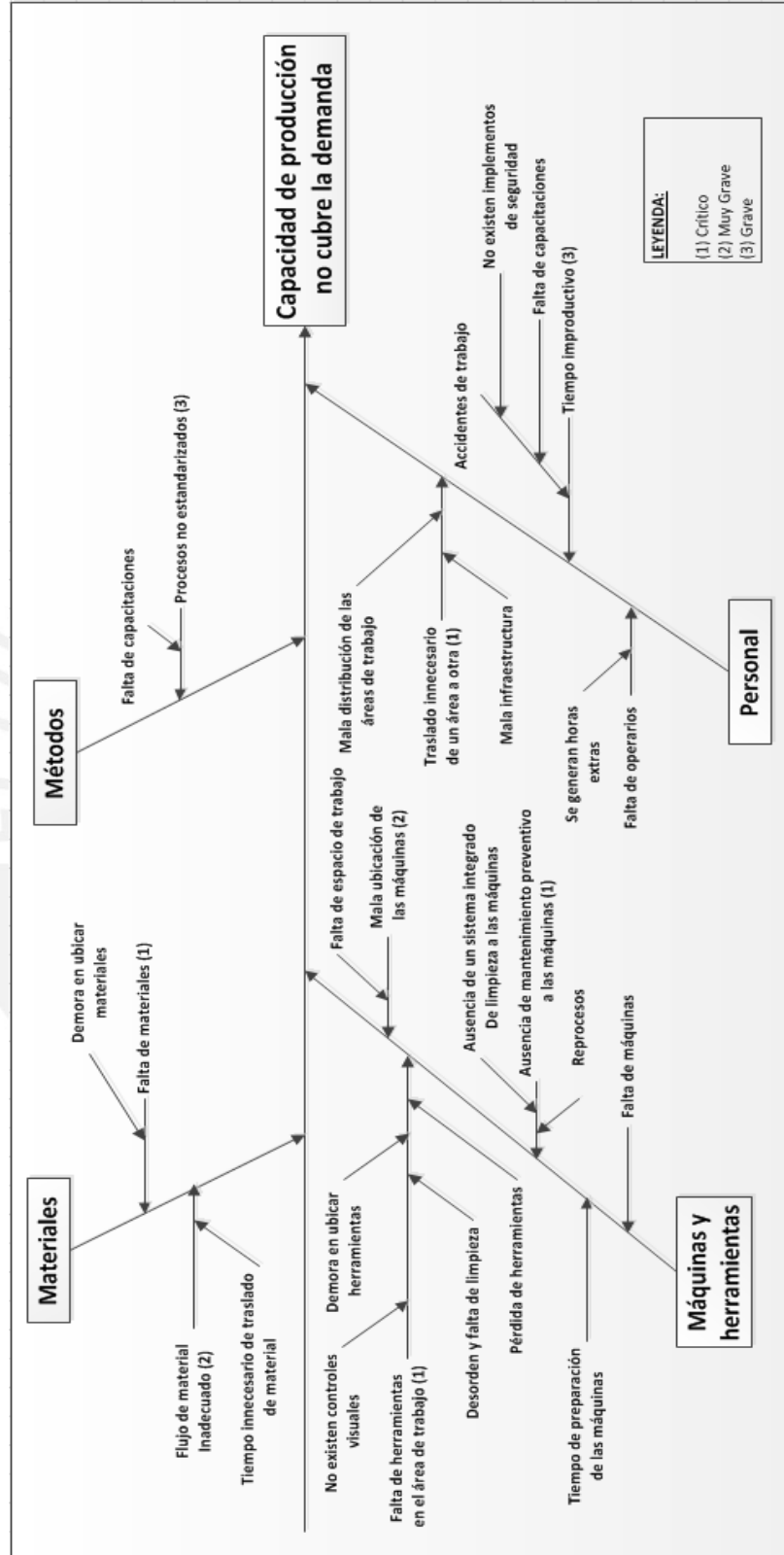


FIGURA 3.2: Diagrama Causa – Efecto
Elaboración Propia



FIGURA 3.3: Herramientas
FUENTE: Fotos de la empresa

Tabla 3.13: Tipos de incidentes y/o accidentes

Tipos de incidentes y/o accidentes en ambos hornos	Frecuencia
Corte en el dedo a causa de la cizalladora *	3 veces/mes
Corte con el filo de las planchas de acero	9 veces/mes
Tropiezos entre personas en los traslados entre áreas	20 veces/mes
Derrame de balde pintura	4 veces/mes
Impregnación de fibra de vidrio al cuerpo	5 veces/mes
Tropiezos al ir de área en área a causa del desorden	40 veces/mes
Corte con virutas al usar el torno *	4 veces/mes
* Estos accidentes son causantes de las paradas de máquinas	

Fuente: Empresa
Elaboración propia

En los anexos 5 y 6 se observan traslados innecesarios por parte del personal de trabajo.

❖ Factor métodos

Los procesos no son estandarizados, es por ello que existe demasiado inventario en proceso en cada área, defectos o reprocesos innecesarios que conllevan a un sobrecosto (ver anexo 2).

3.2.2 Problemas observados vs herramientas a utilizarse

Luego de lo observado en el diagrama causa – efecto, se procede a elaborar una matriz con las herramientas a utilizarse para la solución del problema principal: la capacidad de producción no cubre la demanda (ver la tabla 3.14).

En el caso de la herramienta distribución de planta, los problemas que se presentan, se deben a la ubicación de las áreas y el espacio limitado del terreno, como ya se mencionó anteriormente. (Ver anexos 5 y 6).

En el caso de la herramienta 5S's, los problemas que se presentan, se deben al desorden, desorganización, falta de seguridad, falta de indumentaria en todos los procesos. Todos estos aspectos negativos, afectan a la rentabilidad y la productividad de la empresa. Es por ello que la aplicación de esta metodología se realizará en las secciones de corte y trazado, doblado y rolado, soldado, ensamble, torneado y montaje eléctrico.

A continuación, se mencionarán los inconvenientes observados por área según la herramienta 5S's.

❖ Seiri-Clasificar

➤ Se observó en la sección de corte y trazado que los materiales sobrantes eran depositados en el suelo o encima del banco de trabajo, para luego ser transportados hacia los tachos de basura, en los cuales no se observó una categorización de desperdicios. Asimismo, se verificó que las herramientas de corte y trazado no tienen una localización fija dentro de la sección de trabajo, lo que ocasiona pérdida de tiempo en el operario al momento de realizar su trabajo. Además se observó que las piezas ya trabajadas en la sección, no tienen un área de depósito adecuado, en la mayoría de casos son localizados al lado del banco de trabajo esperando ser trabajadas en el siguiente proceso. Este problema ocasiona riesgo de daño en la pieza y un peligro para la seguridad del trabajador. (Ver figura 3.4).

➤ En la sección de doblado y rolado se observó que las piezas trabajadas no tienen un depósito adecuado, estas se apilan al lado de la zona de trabajo del operario. Dentro de la sección se observó también que existen materiales innecesarios y mermas. Asimismo, el operario no cuenta con los equipos de protección adecuados para realizar las operaciones de rolado y doblado. (Ver figura 3.5).

Tabla 3.14: Problemas observados vs herramientas

Problemas críticos, muy graves y graves	Herramientas a utilizarse
Falta de materiales	5S's
Flujo de material inadecuado	Distribución de Planta
Falta de herramientas en el área de trabajo	5S's
Mala ubicación de las máquinas	Distribución de Planta
Ausencia de mantenimiento preventivo a las máquinas	Mantenimiento Autónomo
Procesos no estandarizados	Distribución de Planta
Traslado innecesario de un área a otra	Distribución de Planta
Tiempo improductivo	5S's

Elaboración Propia



FIGURA 3.4: Área de cortado
FUENTE: Fotos de la empresa

- En la sección de soldadura se observó que los desperdicios y mermas se encuentran diseminados y que las herramientas utilizadas no se encuentran en lugares fijos y al alcance del operario. Además se verificó que no se usan los equipos de protección personal al momento de realizar esta operación.
- En la sección de ensamble se verificó que las herramientas no se encuentran en posiciones fijas, además se observó que el almacenamiento de productos terminados y en proceso no es la adecuada. Estos productos se encuentran apilados en lugares que dificultan el desplazamiento de los operarios, originando tiempos muertos.

Asimismo se verificó que los desperdicios y mermas se encuentran diseminados a lo largo de toda la sección.

- En la sección de torneado se observó que existe gran cantidad de desperdicio localizado en las máquinas torneadoras. Asimismo se verificó que la herramienta necesaria no se encuentra ubicada adecuadamente al alcance del operario.
- En la sección eléctrica se observó que los insumos y herramientas no se encuentran ordenadas; además de desperdicios en el suelo, originados por los insumos utilizados.

- **Seiton-Organizar**

En las dos líneas de producción el recorrido está obstaculizado por productos terminados, en proceso, desperdicios y mermas, debido a que las operaciones tienen diferentes tiempos de ejecución y no se cuenta con depósitos adecuados. Además se verifica que ninguna área cuenta con una porta-herramienta, en la cual pueda organizar y depositar las herramientas de acuerdo a su uso. Se observa que los operarios no colocan los elementos necesarios en el lugar exacto, lo que conlleva a una pérdida de tiempo en búsqueda y en movimiento para localizarlos. Asimismo, se observa que el movimiento de materiales dentro de las secciones de trabajo no es continuo, existe mucha distancia de recorrido por parte de los operarios dentro las áreas.

- ❖ **Seiso-Limpieza**

Durante el recorrido dentro las líneas de producción de hornos se observó que no existen depósitos de basura alguna. Todos los desechos, envolturas o mermas generados son acumulados dentro de cada área respectiva, a la espera de la limpieza al finalizar la semana. Asimismo se verificó que la indumentaria utilizada por el operario presentaba rupturas y suciedad.

- ❖ **Seiketsu-Estandarizar**

No se podrá estandarizar los cambios en toda la línea de hornos si los operarios no se encuentran motivados y estén conscientes que depende de ellos que el cambio conlleve a mejoras sustanciales. La estandarización es el medio que nos permitirá uniformizar criterios con todo el personal. Es por ello que es necesario desarrollar un sistema con el cual se puedan distinguir o abordar cualquier anomalía.



FIGURA 3.5: Área de Doblado
FUENTE: Fotos de la empresa

❖ **Shitsuke-Disciplina**

Sin disciplina, los elementos innecesarios empiezan acumularse nuevamente, a pesar de que la segunda “S”, se haya implementando de forma correcta; las herramientas no se van a devolver a su lugar respectivo. Sin esta etapa, las máquinas volverán a estar sucias e inapropiadamente lubricadas lo que conllevaría a un mal funcionamiento. Es por todo esto que esta “S” es importante para mantener el hábito en los cambios establecidos.

En el caso de la herramienta mantenimiento autónomo, el problema que se presenta se debe a que no se realizan mantenimientos periódicos a las máquinas, es por ello que se producen tiempos muertos a causas de las paradas de máquinas (ver anexo 3).

3.3 Procesos productivos

3.3.1 Diagrama de operaciones del proceso (DOP)

En los anexos 7 y 8 se pueden apreciar el diagrama de operaciones de las líneas de producción de hornos rotativos y estacionarios.

❖ DOP horno rotativo

Este tipo de horno es grande en comparación al horno estacionario, es por ello que tiene mayor capacidad para cocer más panes. Este se construye a partir de la base, y posee 2 cabinas (interior y exterior), con el fin de que los panes se cosan en menos tiempo. Todas las partes que componen el horno rotativo se desarrollan principalmente a través del trazado en un plano, cizallado, doblado, rolado y torneado para posteriormente ser soldadas y ensambladas y obtener el producto final. Este horno se caracteriza, porque en su interior lleva un coche giratorio, el cual se eleva automáticamente apenas se cierra la puerta y se programa la cocción, la finalidad de este coche es que el calor se distribuya en partes iguales a todos los panes y salgan crujientes y suaves, es por ello que la sección de montaje eléctrico, en la elaboración de este tipo de hornos, juega un papel importante. Asimismo, es necesaria la presencia de un desfogue o chimenea por donde escape el calor almacenado dentro del horno.

❖ DOP horno estacionario

El proceso de fabricación de este tipo de horno es similar al rotativo, primero se realizan los trazos en el plano, se cizallan y se doblan; en algunos casos, se rolan o se tornean, para posteriormente ser soldados. La diferencia es que para construir el horno estacionario se necesita una base en forma de mesa con ruedas. Además también lleva una puerta adicional. En la puerta superior se coloca la parrilla, mientras que en la parte inferior se encuentra el quemador. También contiene una chimenea, por donde escapa el calor almacenado en el horno, y es en la sección de montaje eléctrico, donde se realizan pruebas del calor adecuado que debe presentar el producto.

Luego del diagnóstico determinado, observado en la tabla 3.14; se procederá a explicar con más detalles, en el siguiente capítulo, las herramientas a utilizarse.

CAPITULO 4: PROPUESTA DE MEJORA

En este capítulo se detallarán las mejoras que se implementarán en las líneas de producción de hornos rotativos y estacionarios, analizando los beneficios que estas originarán.

Para la implementación de las 5S's y el mantenimiento autónomo, se realizará una planeación y organización inicial del proyecto y posteriormente; el planteamiento, el cual se desarrollará, en base a un cronograma detallando las actividades a realizarse mes a mes. Asimismo, para la implementación de la distribución en planta nueva, se procederá a determinar los pronósticos, balances de línea, tabla de relaciones de actividades, layout de bloques unitarios, requerimiento de espacios y análisis de alternativas.

A continuación se mencionan algunas características que son necesarias y significativas para la adaptación de cualquier herramienta de mejora de procesos.

- 1.- Capacitar a todos los grupos involucrados acerca del pensamiento esbelto.
- 2.- Armar grupos de trabajo, los cuales estarán integrados por personal de las diferentes etapas del proceso de producción. Estos grupos tienen la responsabilidad de liderar la implementación de las herramientas lean dentro de las áreas de trabajo involucradas.
- 3.- Comunicar los objetivos de cada herramienta de manufactura esbelta, con la finalidad de que todas las personas involucradas en el proceso productivo, tengan un solo objetivo en común.

4.1 Implementación de las 5S's y Mantenimiento Autónomo

Para la implementación de las 5S's se tiene algunos aspectos importantes que tienen que desarrollarse antes de la aplicación de la herramienta.

4.1.1 Planeación y organización inicial del proyecto

La etapa inicial del proyecto consiste en determinar las secciones a implementar, las etapas y actividades a realizar, su duración, los responsables y los recursos necesarios. Es por ello que a continuación se desarrollarán las siguientes actividades:

1.- Selección de área de implementación: Debido a que se pretende mejorar la productividad de las líneas de hornos, y se observa que existe una planta desorganizada, se procederá a aplicar la herramienta de las 5S's dentro las siguientes secciones: almacén de materia prima, trazado, cortado, doblado, rolado, torneado, taladrado, soldado, ensamble, montaje eléctrico, pintado y almacén de productos terminados.

Sin embargo, la aplicación no se hará en simultáneo, será de acuerdo al orden estandarizado de los procesos y se tendrá en consideración el tiempo de aplicación en la sección de trazado debido a que esta ocasiona el cuello de botella en las líneas de producción de hornos.

A continuación, se muestra en la tabla 4.1 los criterios seleccionados para agrupar las secciones de trabajo:

Tabla 4.1: Criterios de selección de áreas de trabajo

Características de selección	Sección con poca carga de trabajo	Sección con demasiada carga de trabajo	Operaciones compartidas por operarios	Secciones que comparten área	Secciones con operaciones similares
Almacén de Materia Prima			X		
Sección de trazado		X		X	
Sección de cortado		X		X	
Sección de doblado					X
Sección de rolado					X
Sección de torneado	X				
Sección de taladrado	X				
Sección de soldado					X
Sección de ensamble					X
Sección de montaje eléctrico					
Sección de pintado			X		
Almacén de Producto Terminado			X		

Elaboración propia

A partir de este análisis se procede a agrupar las siguientes secciones:

- ✓ Primer grupo: Almacén de materia prima, producto terminado y pintado
- ✓ Segundo grupo: Sección de cortado y trazado
- ✓ Tercer grupo: Sección de doblado y rolado
- ✓ Cuarto grupo: Sección de soldado y ensamble
- ✓ Quinto grupo: Sección de montaje eléctrico
- ✓ Sexto grupo: Sección de torneado y taladrado

Para determinar el orden de la aplicación de la herramienta, se analizan los siguientes criterios: movimiento y traslados innecesarios, tiempo para localizar herramientas y materiales, grado de incidentes y/o accidentes, presencia de desperdicios y productos defectuosos y compromiso y responsabilidad del operario.

La relación de estos criterios, los cuales no agregan valor a las líneas de producción con los grupos, son de acuerdo al grado de ocurrencia en la cual se presenta, es decir, si el criterio tiene una alta presencia en el grupo, se le colocará 6 y 1 si la ocurrencia no es tan notoria en las secciones. Para determinar el puntaje final se multiplicó el peso de cada criterio, el cual fue brindado por el jefe de producción, con su respectivo puntaje de ocurrencia. A partir de este cálculo final, se determinó el orden de aplicación de la herramienta de 5S's en los grupos, el cual se muestra en la siguiente tabla 4.2.

Tabla 4.2: Orden de aplicación de las 5S's

Secciones	Movimiento y traslados innecesarios	Tiempo para localizar herramientas y materiales	Grados de incidentes y/o accidentes	Presencia de desperdicios y productos defectuosos	Compromiso y responsabilidad del operario	Puntaje final	Orden de aplicación
	25%	30%	20%	15%	10%		
Almacén de MP, PT y sección de pintado	2	1	3	6	4	2.70	5°
Sección de trazado y cortado	6	6	5	5	6	5.65	1°
Sección de doblado y rolado	3	2	4	2	3	2.75	3°
Sección de soldado y ensamble	5	5	6	4	5	5.05	2°
Sección de montaje eléctrico	4	4	1	1	2	2.75	4°
Sección de torneado y taladrado	1	3	2	3	1	2.10	6°

Elaboración propia

2.- Comité de 5S's: Este equipo se encargará de las funciones necesarias para la implementación de la herramienta, su respectivo acompañamiento durante su ejecución y su posterior autoevaluación de los resultados originados. La estructura del comité que se realizará en este proyecto es el siguiente (ver figura 4.1).

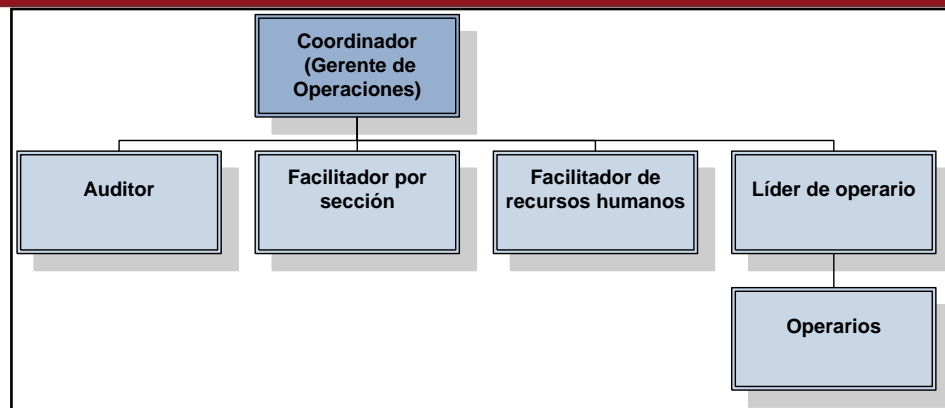


FIGURA 4.1: Estructura del comité
Elaboración Propia

- ✓ El gerente de operaciones se encargará de la coordinación del proyecto, el cual tendrá las siguientes responsabilidades:
 - Representar todo el movimiento de la 5S's y mantenimiento autónomo.
 - Encargado de convocar y presidir las reuniones.
 - Responsable de fijar los temarios de las reuniones.
 - Encargado de anexar toda la documentación del programa.
 - Responsable de la sinergia del comité.
- ✓ Existirá un facilitador por cada equipo de trabajo, el cual tendrá la siguiente función:
 - Encargado de la integración del grupo al cual pertenece.
 - Apoyar a los líderes en la implementación del programa.
 - Encargado de la verificación de la documentación en cada grupo de trabajo.
 - Responsable de la sinergia en la implementación del programa.
 - Encargado de convocar reuniones en los grupos al cual pertenece.
 - Sus nombramientos serán realizados por el gerente de operaciones.
- ✓ Existirán dos facilitadores de recursos humanos por cada tres grupos de trabajo, los cuales tendrán las siguientes funciones:
 - Encargado de las capacitaciones que se realizarán en el comité.
 - Responsable de asistir al comité con responsabilidades de recursos humanos.
 - Encargado de coordinar con los facilitadores de secciones las actividades que se realizarán en las capacitaciones.
 - El gerente de recursos humanos será el encargado de su nombramiento.

- ✓ En el programa existirá un auditor, el cual tendrá las siguientes responsabilidades:
 - Encargado de diseñar y realizar auditoría en todas las etapas del programa de implementación.
 - Informar los resultados obtenidos a los líderes, facilitadores y coordinador del comité.
 - El auditor será nombrado por el coordinador del comité.
- ✓ Existirá un líder por cada dos equipos de trabajo, el cual tendrá las siguientes funciones:
 - Encargado de la sinergia de los operarios que integran el equipo.
 - Es el nexo entre el facilitador de la sección y los operarios que integran el grupo.
 - Encargado de negociar y llegar acuerdos con los demás líderes de trabajo.
 - Encargado de la documentación del grupo.
 - Su nombramiento es realizado por la aprobación del comité.

3.- Capacitación y difusión: Se realizará capacitación de la herramienta de las 5S's y mantenimiento autónomo; en primer lugar a los coordinadores, facilitadores y líderes. Luego se procederá a capacitar a los operarios integrantes de los grupos.


4.- Registro de la situación actual: En la tabla 4.3 se muestra la situación actual de las secciones de trabajo:

Tabla 4.3: Situación actual de secciones de trabajo

Almacén de Materia Prima	
Las variedades de planchas no se encuentran organizadas por sus características	
Las variedades de barras no se encuentran organizadas por sus características	
No existe delimitación de la sección	
Se encuentran desperdicios de metal dentro de la sección	
Se encuentran productos terminados dentro del almacén de materia prima	
No existen estantes de almacenamiento para las planchas	
Se encuentran herramientas de trabajo de las otras secciones	
Mala ubicación de los extintores	

Almacén de Productos Terminados	
Los productos no se encuentran embalados correctamente	
Existen desperdicios de metal, fibra de vidrio y polvo en el almacén	
El almacén no está delimitado	
Existen herramientas de trabajo de otras secciones	
Existen productos en procesos	
Los productos terminados no presentan informaciones técnicas de funcionamiento	
No existe extintor de seguridad	
Sección de trazado	
Las herramientas se encuentran desorganizadas	
Existen desperdicios de metal	
La sección no se encuentra delimitada	
Existen herramientas de otras secciones	
Los productos en proceso no se encuentran organizados	
Sección de cortado	
Las herramientas de corte se encuentran desorganizadas	
Existen desperdicios de metal	
La sección no se encuentra delimitada	
Existen herramientas de otras secciones	
Sección de taladrado	
Las herramientas de la sección de taladrado se encuentran desorganizadas	
Existen desperdicios de metal en la sección y en la máquina	
La sección no se encuentra delimitada	
Existen herramientas de otras secciones	
Sección de doblado	
Existen desperdicios de metal	
La sección no se encuentra delimitada	
Existen herramientas de otras secciones	

Sección de rolado	
Existen desperdicios de metal e insumos de otras secciones	
La sección no se encuentra delimitada	
Existen herramientas de otras secciones	
Los productos en procesos no se encuentran organizados	
Sección de soldado	
Existen herramientas de otras secciones	
Las herramientas se encuentran desorganizadas	
Las soldadoras no se encuentran etiquetadas con respecto a su mantenimiento y su seguridad	
Los equipos de protección personal se encuentran sucios y en mal estado	
Sección de ensamble	
Existen desperdicios de metal e insumos utilizados	 
La sección no se encuentra delimitada	
Existen herramientas de otras secciones	
Las herramientas de ensamble se encuentran desorganizadas	
Los insumos de ensamble no están organizados	
Las soldadoras no se encuentran etiquetadas con respecto a su mantenimiento y su seguridad	
Sección de montaje eléctrico	
Existen desperdicios de metal	
La sección no se encuentra delimitada	
Existen herramientas de otras secciones	
Las herramientas de instalación se encuentran desorganizadas	
Los insumos de instalación no se encuentran organizadas en los estantes	
En la sección se almacenan productos en procesos de otras secciones	

Sección de Torneado	
Existen herramientas de otras secciones	
Existen desperdicios de metal	
La sección no se encuentra delimitada	
Falta de iluminación	
No existe estantería para herramientas	

Elaboración propia

5.- Reunión de lanzamiento oficial de las 5S's: En esta reunión se elaborará el calendario de actividades, siguiendo la metodología de las 5S's, mantenimiento autónomo y la secuencia de implementación de las áreas, los cuales se muestran en la tabla 4.4. Además, en esta reunión el gerente anuncia oficialmente el compromiso de la organización de implementar la herramienta. Esta reunión no debe durar más de dos horas.

4.1.2 Planteamiento de la implementación de las 5S's y Mantenimiento

Autónomo

Esta etapa consiste en la implementación de las 5S's y mantenimiento autónomo dentro de las líneas de hornos. Se comenzará con generar interés en el personal sobre la implementación del programa en las secciones de torneado, doblado, trazado, cortado, rolado, soldado y almacén de materia prima y productos terminados, donde se difundirán avisos y afiches sobre las 5S's. Todo este plan se realizará con el objetivo de generar expectativa y participación espontánea en el personal. Luego de este programa, se procederá con la implementación de las 5 fases de la herramienta dentro de áreas definidas por el proyecto, la cual estará bajo la responsabilidad del comité de trabajo creado. Este equipo se encargará de capacitar y brindar el material respectivo a las personas que integran las áreas en donde se va a implementar la herramienta.

Para ello, se pretende realizar una reunión al inicio de cada S, en el cual se explicará y capacitará sobre los objetivos y las actividades a realizarse para la puesta en acción.

Tabla 4.4: Cronograma de implementación de 5S's

FASES	ene-15				feb-15				mar-15				abr-15				may-15				jun-15				jul-15				ago-15			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4				
Fase 1																																
Identificación de zona de 5S's																																
Selección del área de Implementación																																
Armado de comité de 5S's y Mantenimiento Autónomo																																
Capacitación a comité sobre herramienta																																
Capacitación a operarios sobre herramienta																																
Registro de situación actual																																
Reunión de lanzamiento oficial de 5S's y Mantenimiento Autónomo																																
Implementación de primera S																																
Identificación de elementos innecesarios																																
Realización de lista de elementos innecesarios																																
Realización de tarjetas de color (identificador)																																
Plan de acción para retiro de elementos																																
Desarrollo de control e informe final																																
Auditoría inicial																																
Reunión 5S's																																
Implementación de segunda S-Mantenimiento Autónomo																																
Capacitación de segunda S																																
Aplicación de control visual																																
Realización de mapa 5S's																																
Marcajeo de la ubicación																																
Marcajeo con colores																																
Codificación de colores																																
Auditoría inicial																																
Reunión 5S's																																
Implementación de tercera S-Mantenimiento Autónomo																																
Establecer cronogramas de reuniones y actualización del tablero de gestión visual																																
Capacitación de tercera S y Mantenimiento Autónomo																																
Planificar el mantenimiento de la limpieza y lubricación																																
Preparar el manual de actividades de limpieza y lubricación en máquinas																																
Fotografiar situación actual de equipos y máquinas y preparar implementos de limpieza																																
Preparar elementos para la limpieza																																
Implementación de la limpieza																																
Auditoría inicial																																
Reunión de 3S's y mantenimiento autónomo																																
Implementación de cuarta S																																
Capacitación de cuarta S																																
Entrenamiento básico en lubricación, ajuste y limpieza																																
Definir actividades de mantenimiento en los componentes de los equipos seleccionados																																
Asignar trabajos y responsables																																
Integrar las acciones clasificar, ordenar y limpiar en los trabajos																																
Implementación de quinta S																																
Capacitación inicial de quinta S																																
Papel de la dirección																																
Autoevaluación de grupo 1																																
Autoevaluación de grupo 2																																
Autoevaluación de grupo 3																																
Autoevaluación de grupo 4																																
Autoevaluación de grupo 5																																
Autoevaluación de grupo 6																																
Reunión 5S's																																
Auditoría final																																

Elaboración propia

Dentro de estas reuniones se dará un mayor énfasis al conocimiento de la teoría a desarrollar, la cual estará acompañada de ejemplos prácticos aplicativos a las secciones de trabajo. Luego de la reunión inicial, se procederá a la jornada aplicativa, la cual será desarrollada en los días donde haya poca demanda de producción. En este tiempo, se dedicará a conseguir los objetivos planteados por la herramienta que se está trabajando. Para culminar, se hará una reunión final por cada jornada realizada, con el fin de analizar los logros y dificultades encontradas por el personal. Para ello se contará con un registro de las incidencias, con el fin de no cometer los mismos errores.

A continuación se detallará los pasos de la implementación de las dos primeras S.

1. SEIRI (organización o clasificación)

El primer paso que se va realizar es clasificar los materiales existentes dentro de cada sección de trabajo, dividiéndola en necesario e innecesario. El apoyo de los operarios es fundamental para justificar el uso y la necesidad de los elementos dentro de las áreas. Para este análisis de materiales, se seguirá la siguiente secuencia lógica, la cual se muestra en la figura 4.2.



FIGURA 4. 2: Diagrama flujo para aplicar según Seiri
FUENTE: Dorbessan (2006)

A partir de este análisis, se procede a identificar los elementos innecesarios de cada sección. Posteriormente, se realizará un listado que registrará estos elementos, su ubicación, cantidad encontrada, posible causa y acción sugerida para su eliminación. Todos estos detalles serán registrados en unas tarjetas en función a una lista de colores, la cual se explicará con más detalle a continuación:

A) Elementos de constante uso dentro de secciones de trabajo.

- Para este tipo de elementos se va a utilizar etiquetas de color verde.
- Se clasificarán en este tipo de color todos los elementos que tienen una frecuencia de uso alta; es decir, herramientas y materiales que se utilizan constantemente para la realización de las funciones laborales.

B) Elementos con poca frecuencia de utilización dentro del puesto de trabajo

- Para este tipo de elemento se utilizarán etiquetas de color amarillo.
- A este tipo de color se integrarán aquellos objetos que se utilizan dentro de la sección de trabajo pero no de forma continua.

C) Elementos de constante uso dentro de secciones de trabajo.

- Para este tipo de elementos se va a utilizar etiquetas de color verde.
- Se clasificarán en este tipo de color todos los elementos que tienen una frecuencia de uso alta; es decir, herramientas y materiales que se utilizan constantemente para la realización de las funciones laborales.

D) Elementos con poca frecuencia de utilización dentro del puesto de trabajo

- Para este tipo de elemento se utilizarán etiquetas de color amarillo.
- A este tipo de color se integrarán aquellos objetos que se utilizan dentro de la sección de trabajo pero no de forma continua.

E) Elementos que no se requieren dentro de la sección de trabajo

- Para estos tipos de elementos se utilizarán dos tipos de tarjeta. La tarjeta de color naranja se utilizará para identificar a los objetos que pueden utilizarse en otras secciones de producción, a pesar de que no se requiera en el puesto de trabajo que está siendo organizado. Se identificará con tarjeta de color rojo a los objetos que no son necesarios en ninguna parte del proceso de producción de hornos.

Las etiquetas sirven como marcadores de elementos inútiles, las cuales necesitan tomar acciones correctivas. El modelo de las etiquetas que se usará en la línea de hornos se visualiza en la figura 4.3.

Tarjeta de color rojo/verde/naranja/amarilla		FOLIO: N 0001	
Nombre del artículo:			
Categoría	1. Maquinaria	5. Inventario en proceso	
	2. Accesorio y herramienta	6. Producto terminado	
	3. Materia prima	7. Mal funcionamiento de equipo	
	4. Refacción	8.- Otro	
Fecha		Cantidad	
Localización		Unidad de medida	
Razón	1. No se necesitan		
	2. Defectuoso		
	3. Material de desperdicio		
	4. Uso desconocido		
	5. Se necesitan		
	6. Contaminante		
	7. Otro		
Descripción del problema:			
Acción correctiva implementada:			
Solución definitiva propuesta:			
Elaborado por:			

FIGURA 4.3: Etiquetas de control
Elaboración Propia

➤ Aplicación en secciones de trabajo

Luego de la capacitación inicial de la primera S, se procederá a la aplicación de tarjetas en las respectivas secciones de trabajo, para ello se usará la clasificación por colores (rojo, amarillo, verde y naranja). En el anexo 9, se observan los diferentes materiales encontrados por secciones de trabajo, los cuales se han clasificado de acuerdo a su necesidad dentro de todas las áreas de trabajo.

En la tabla 4.5 se observa que el 30% de los materiales no se encuentran en la correcta área de trabajo y que necesitan ser transferidas y organizadas. Además el 28% de los materiales no tienen un uso en el proceso de producción de los hornos y solo el 34% de los materiales se encuentran en sus respectivas áreas de trabajo, las cuales tienen que ser organizadas. En la tabla 4.6 se muestra a detalle el acumulado de actividades que se tienen que realizar debido a la clasificación de colores realizada en la tabla 4.5.

Tabla 4.5: Detalle de cantidad de etiquetas por secciones de trabajo

SECCIONES	Amarillo	Naranja	Rojo	Verde	Total Evidencias
Almacén de Materia Prima	1	9	9	8	27
Almacén de Producto Terminado		15	11	2	28
Sección de Corte	1	11	5	9	26
Sección de Doblado	1	6	4	4	15
Sección de Ensamble	6	4	5	8	23
Sección de Montaje Eléctrico	3	1	4	20	28
Sección de Rolado		11	2	3	16
Sección de Soldado	1	5	3	4	13
Sección de Taladrado	3	1	8	5	17
Sección de Torneado	4	1	4	6	15
Sección de Trazado		6	4	9	19
Sección de Pintado		2	9	5	16
Total etiquetas	20	72	68	83	243
% Acumulado	8%	30%	28%	34%	100%

Elaboración propia

Tabla 4.6: Clasificación de necesidades de todas las secciones de trabajo

Necesidad	Total	% Acumulado
Descartar	30	12%
Organizarlos	101	42%
Repararlos/Organizarlos	3	1%
Separarlos/Descartarlos	15	6%
Transferir	71	29%
Vender	23	9%
Total general	243	100%

Elaboración propia

2.- SEITON (Ordenar)

La segunda S consiste en la organización de los elementos que se consideren útiles, al clasificarlos por: seguridad (evitar incidentes de trabajo), calidad (cuidar el estado de los materiales) y eficacia (reducir los tiempos de búsqueda). Estos objetos deben ubicarse y disponerse de acuerdo a su frecuencia de utilización (mientras se use dentro del área debería estar más cerca del operario).

El procedimiento que se realizará para ordenar será el siguiente:

- ✓ Definir y preparar los lugares de almacenamiento: En este punto se usarán estanterías y armarios para guardar las herramientas e insumos que se utilizan dentro de las secciones de trabajo. Se colocarán en lugares estratégicos que permitan el acceso simple por parte del operario.
- ✓ Determinar un lugar para cada objeto: La altura a la cual son colocadas los objetos debe ser accesible y seguro para el operario. Los repuestos y piezas que se utilizan en las secciones se deben organizar siguiendo el criterio de que el primero que se ingresa es el primero que se retira. Con respecto a las herramientas de trabajo en las áreas, éstas deben estar ubicadas de tal forma que el tiempo de acceso y retorno sean mínimos. Si existiera objetos grandes que se almacenan en el piso, su ubicación debe estar bien definida, de fácil acceso y señalada.
- ✓ Identificar cada mueble y lugar de almacenamiento: El propósito de este punto es que cada sitio en donde se va a colocar un objeto, quede determinado. En el caso de la sección de trazado, cortado, torneado, soldado y ensamble se utilizarán tableros de herramientas (ver figura 4.4).

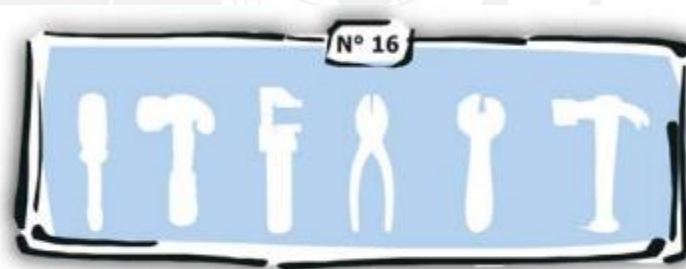


FIGURA 4.4: Tableros de herramientas
FUENTE: Dorbessan (2006)

Con respecto a los insumos y piezas, estos se almacenarán en estanterías etiquetadas, los cuales nos brindarán la información de lo que debería estar en ellos (figura 4.5).

Con respecto a los equipos (soldadoras, compresoras, taladradora, entre otras) y productos que se almacenan en el suelo, estos contarán con señalización en el suelo (ver figura 4.6)

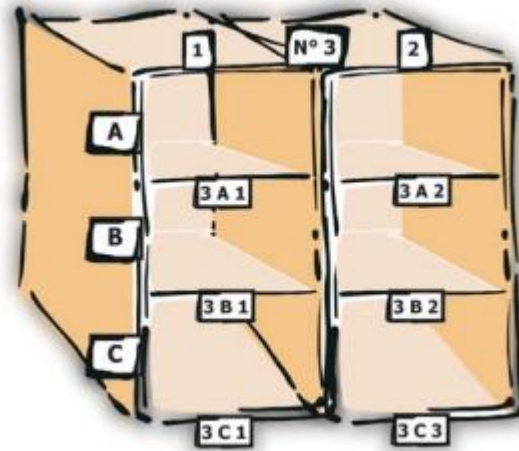


FIGURA 4.5: Estanterías etiquetadas
Fuente: Dorbessan (2006)

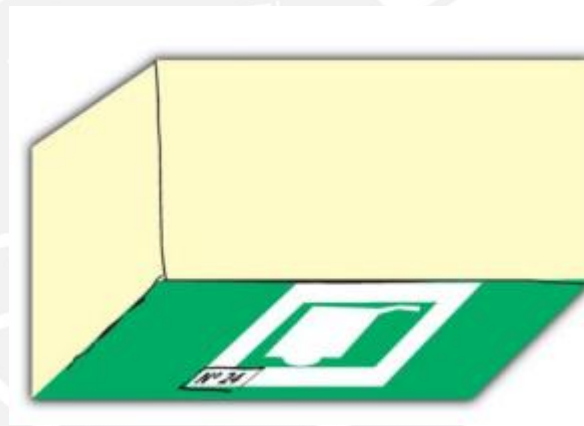


FIGURA 4.6: Señalización de suelo
Fuente: Dorbessan (2006)

- ✓ Confección de manual: Se creará un manual, el cual contendrá el lugar de almacenamiento de cada objeto. Este manual debe estar al alcance de todos, ya que permite encontrar los objetos con rapidez, eliminando el tiempo usado en su búsqueda.
- ✓ Mantener el orden: Es responsabilidad de los operarios respetar las reglas de orden establecidas dentro de las secciones, es por ello que los facilitadores y líderes tienen la función de hacer cumplir las reglas de separar y ordenar.

Es fundamental para la implementación del mantenimiento autónomo que la primera y segunda S se lleve a cabo de forma óptima y auditada.

3.- SEISO (limpieza) y Mantenimiento Autónomo

Luego de haber definido los lugares en donde se ubicarán los diferentes elementos de acuerdo a sus características, se procederá a realizar la implementación del mantenimiento autónomo, en la cual se incluye la limpieza inicial, esto implica la eliminación de la suciedad dentro de los puestos de trabajos y las respectivas máquinas a cargo de los operarios.

➤ Paso 1: Preparación

Los responsables de la aplicación de esta herramienta serán los mismos equipos de la aplicación de las 5S's. Se propone inicialmente una capacitación completa y clara a los operarios sobre métodos de inspección, lubricación, limpieza, haciendo énfasis en el manejo adecuado de las máquinas (Torno y taladro) y en el funcionamiento básico de las mismas, con el fin de que los operarios tengan en cuenta el trabajo que realizan las máquinas y puedan detectar los desgastes que se están ocasionando. Esta capacitación será dictada por el personal con mayor experiencia en técnicas de lubricación, limpieza y ajuste; y en manejo de dichas máquinas. Asimismo, se establecerán reuniones con el equipo de mantenimiento autónomo. Por otro lado, gracias a la actualización de tableros de gestión visual, se podrá visualizar fotografías de las máquinas en su estado actual, los estándares de limpieza, lubricación y ajuste de los componentes de las máquinas y los tipos de anomalías encontrados.

Con el objetivo de causar un mayor impacto significativo en el proceso productivo de la empresa y con la ayuda del mantenimiento autónomo, se procede a analizar los gastos ocasionados en los dos últimos años debido a desperfectos mecánicos ocasionados por la falta de mantenimiento preventivo. Según se observa en la tabla 4.7, ninguna de las máquinas cuenta con un programa de mantenimiento y son las máquinas que cuentan con elementos eléctricos las que ocasionan un mayor gasto para la empresa y tienen una correlación directa con la cantidad de paradas. Es por ello que se realizará un plan de mantenimiento autónomo priorizando las dos máquinas, con mayor costo como punto de partida; con el fin de disminuir los gastos ocasionados.

Luego de la capacitación y de la selección de las máquinas, se procederá con los siguientes pasos del mantenimiento autónomo priorizando las actividades de torneado y taladrado con el objetivo de aumentar su fiabilidad del equipo y reducir los costos de mantenimiento.

Tabla 4.7: Gastos ocasionados por desperfectos mecánicos

Máquinas	Programa de Mantenimiento	Paradas de Máquina	Costo 2013	Paradas de Máquina	Costo 2014	Total
Roladora de tubos	NO	0	S/. -	1	S/. 300.00	S/. 300.00
Taladro Vertical	NO	16	S/. 6,800.00	1	S/. 5,600.00	S/. 12,400.00
Soldadora	NO	13	S/. 3,500.00	11	S/. 4,100.00	S/. 7,600.00
Torno Horizontal	NO	8	S/. 4,500.00	12	S/. 6,500.00	S/. 11,000.00
Compresora	NO	3	S/. 600.00	0	S/. -	S/. 600.00
Cizalla Eléctrica	NO	2	S/. 850.00	0	S/. -	S/. 850.00
Dobladora	NO	0	S/. -	0	S/. -	S/. -

Elaboración propia

Luego de la capacitación y de la selección de las máquinas, se procederá con los siguientes pasos del mantenimiento autónomo priorizando las actividades de torneado y taladrado con el objetivo de aumentar su fiabilidad del equipo y reducir los costos de mantenimiento.

➤ Paso 2: Limpieza inicial

En este paso se procede a realizar una capacitación inicial antes de iniciar la jornada de limpieza en los puestos de trabajo y en las partes de las máquinas seleccionadas (Torno y Taladro).

A continuación se presentará el plan de mantenimiento que se realizó en base a las fallas encontradas en el torno y taladro (ver tabla 4.8); y un plan de lubricación, inspección, ajuste y limpieza de las principales partes de dichas máquinas (ver anexo 10).

La limpieza general de las secciones es responsabilidad de la empresa; sin embargo, cada personal debe de ocuparse de mantener limpio su puesto de trabajo. La suma de ambos esfuerzos logrará un ambiente agradable para trabajar. Los procedimientos recomendados para esta etapa son las siguientes:

✓ Campaña de limpieza: En esta etapa inicial, se limpiará a fondo los pisos, ventanas, estantes, herramientas, equipos, muebles, entre otros, que se utilice en las operaciones cotidianas. Esta campaña no se debe considerar como un *Seiso* totalmente, sino como un buen inicio para la práctica de la limpieza permanente. Se propone que la jornada de limpieza sea diaria, sea realizada por los operarios y tenga una duración de 15 minutos; se realizará de 5:00 pm a 5:15pm.

Tabla 4.8: Tabla de mantenimiento en base a fallas encontradas

Máquinas	Fallas Encontradas	Causa de la Falla	Tarea de Mantenimiento	Tiempo (Min)	Responsable
Torno	Retardo en el proceso de la máquina	Falta de limpieza y lubricación en las vías, engranajes y partes móviles	Lubricación/Limpieza	15	Producción
	La máquina no enciende	Falla en el sistema eléctrico	Ajuste/Inspección	10	Producción
	Elevada potencia de la máquina	Mala operación por el trabajador	Inspección	5	Producción
	Ruidos en la máquina diferente a los normalmente escuchados	Falta de lubricación	Lubricación	10	Producción
	Ruidos en los baleros	Baleros desgastados	Ajuste/Lubricación/Inspección	15	Producción
	La manivela de la corredera no funciona	Banda desgastada	Ajuste/Lubricación/Inspección	15	Producción
Taladro	El motor eléctrico no funciona	Conector suelto y desprendido	Inspección	5	Producción
		Conmutador desconectado	Inspección	5	Producción
		Protector de sobrecorriente está dañado	Inspección	5	Producción
	Velocidad de perforación lenta	Presión de alimentación del taladro está demasiado bajo	Inspección	8	Producción
		La superficie de la hoja de la broca esta adherida por los polvos	Limpieza	10	Producción
		La holgura entre la columna del estante y el manguito deslizante es demasiado grande	Ajuste	6	Producción
	La pared de la broca tiene desgaste	Limpieza/Inspección	8	Producción	

Elaboración propia

✓ Identificación de problemas o fallas: En este punto se verifica la funcionalidad del elemento que fue limpiado. Se identifica cualquier problema de fugas, soldaduras, cualquier tipo de anomalías o problemas existentes en sistema productivo de las secciones.

✓ Determinar la causa de la suciedad: Durante el proceso de limpieza debemos de analizar si la suciedad es normal o anormal, se deben determinar las causas que lo originaron. Los cuestionamientos que se utilizarán en la secciones para determinar las causas son las siguientes:

- ¿Por qué es un problema de suciedad?
- ¿Cómo llegó la suciedad a ese punto?
- ¿Solo fue un descuido?
- ¿El personal tiene tiempo para solucionarlo?
- ¿Se localizó la fuente?
- ¿Se puede prevenir?
- ¿Puede ocasionar un accidente laboral?

Estas y otras preguntas tienen que ser respondidas para encontrar la solución adecuada al problema de suciedad.

✓ Establecer plan de acción: A partir de las causas encontradas en el punto anterior, se procede a implementar planes de solución teniendo en consideración que se dará mayor importancia a la causa que represente un mayor riesgo para la sección. Algunas acciones que se consideran que pueden aplicarse a las secciones de trabajo son las siguientes:

- Cambiar los malos hábitos de los trabajadores.
- Establecer programas de mantenimiento preventivo.
- Redistribuir las secciones de tal forma que se pueda realizar la limpieza con facilidad y seguridad.
- Brindar capacitaciones a los operarios sobre conservación de la limpieza en instalaciones mecánicas.

✓ Establecimiento de programas de limpieza: Se definirá un programa de limpieza diaria, el cual se realizará en un tiempo de 15 minutos al final del turno de trabajo; asimismo, se determinarán los elementos de limpieza a utilizarse. Con el fin de mantener y propiciar el hábito de la limpieza entre los operarios, se desarrollará e implementará un manual de limpieza, el cual contendrá las siguientes informaciones:

- Objetivos de la limpieza.
- Imagen de cómo se debe mantener los equipos de trabajo.
- Mapa de los puntos de riesgo al momento de realizar la limpieza en las secciones.
- Herramienta de limpieza a utilizarse en cada sección de trabajo.
- Políticas para mantener y preservar un ambiente de trabajo libre de suciedad.
- Cuadro de tareas que se debe realizar por cada sección de trabajo.

Para dar conformidad a los trabajos de limpieza, el líder del grupo tiene la responsabilidad de realizar sus respectivas verificaciones, por lo cual dispondrá del siguiente formato (ver figura 4.7).

Formato de conformidad de limpieza		
Sección de inspección		
Fecha		
Hora		
Cumple		
SI	NO	Actividades
		Objeto en lugar asignado
		Mesa de trabajo limpia
		Piso limpio y sin presencia de desperdicios o derrames
		Máquina limpia
		Basura clasificada
		Presencia de anomalías en máquinas

FIGURA 4.7: Formato de conformidad de limpieza
Elaboración Propia

4.- SEIKETSU (estandarización)

Esta aplicación comenzará con una reunión de inicio del programa, en la cual se prepara al operario en procesos de limpieza, ajustes y lubricación. Para lo cual se elaborará un manual con las actividades de mantenimiento e inspección de los componentes de las máquinas seleccionadas: torno y taladro (ver anexo 11).

El objetivo de este paso es garantizar el mantenimiento de los logros obtenidos en el plan del mantenimiento autónomo.

Asimismo, en esta fase se procurará conservar todo lo logrado en las tres primeras S, para lo cual se plantea lo siguiente.

✓ Bienestar al personal: Este punto consiste en mantener la limpieza del operario por medio de equipos de protección personal, ropa adecuada así como de mantener un ambiente de trabajo saludable y limpia. Todo este esfuerzo de la organización de garantizar el bienestar al personal es con el fin de disminuir las ausencias por enfermedades, el agotamiento físico y los accidentes y un incremento de la productividad, ya que de lo contrario, las 5S's no se realizarían por convicción sino por obligación. Para conseguir mejores condiciones de trabajo la organización tomará las siguientes acciones:

- Mantener la iluminación correcta en todas las secciones de trabajo.
 - Mantener el control del ruido en la sección de ensamble mediante el uso de tapones auditivos.
 - Eliminar el humo y polvo dentro de las secciones mediante el uso sistema de ventilación.
 - Realizar campañas de vacunación y revisar la calidad del servicio médico.
 - Proporcionar al operario equipos de protección personal.
 - Mantener limpios los servicios comunes tales como: comedor, baños, casilleros, vestidores, áreas para descanso, etc.
 - Adecuar la ergonomía del mobiliario, equipo e instalaciones de trabajo.
 - Exhortar a los operarios a cumplir con las normas de seguridad y de higiene.
- ✓ Estandarización: En este punto se diseñará sistemas y procedimientos que aseguren la continuidad de las tres primeras S, para ello se realizará lo siguiente:
- Mejorar e implementar de forma permanente el manual de limpieza de las secciones.
 - Instalar un periódico mural en donde se registre el avance de cada S implementada.
 - Integrar en las responsabilidades de los operarios las acciones de clasificación, orden y limpieza.

- Desarrollar programas de trabajos para atender problemas no resueltos y para mejorar la metodología de limpieza.

5.- **SHITSUKE (disciplina)**

Es la etapa más difícil de alcanzar, ya que implica eliminar aquellos hábitos que dificultan la aplicación y el desarrollo de las 4S's. Las acciones que se realizarán para promover la disciplina en las secciones serán las siguientes:

- Capacitar y educar a los operarios sobre los principios y técnicas de las 5S's.
- Reconocer el desempeño sobresaliente del operario al cumplir con los objetivos de las 5S's y estimular a quienes aún no lo logran.
- Retroalimentar a los operarios cuando no se logren los resultados.
- Publicar fotos del antes y después en el periódico mural de las secciones.
- Implementar ayudas visuales que nos recuerden u orienten para mantener el orden y la limpieza.
- El líder del grupo será responsable de definir claramente las responsabilidades de los operarios y que estas se comprendan en su totalidad.
- Hacer que el operario participe en las alternativas, dé soluciones y acciones de mejora.
- Se establecerá rutina diaria de aplicación (15 minutos de 5S's).
- El líder del grupo se encargará de evaluar el progreso y la evolución de la implementación de grupo de sección de trabajo.
- Los jefes, facilitadores y líderes se encargarán de enseñar con ejemplos de su conducta, los beneficios de la implementación.

Este aprendizaje organizacional de disciplina será acompañado por lo siguiente:

- ✓ Auditorías: Será responsabilidad de los auditores del comité realizar las siguientes actividades en las líneas de producción de hornos:
 - Verificar el proceso de aprendizaje de las 5S's en las diferentes etapas de la implementación, con el fin de realizar los ajustes necesarios donde corresponda.
 - Se encargarán de explicar a los operarios que su finalidad es aportar en la implementación correcta de la herramienta.

Para evaluar el desempeño se realizará el siguiente procedimiento:

- ✓ Se fijará un valor máximo de 100 por auditoría realizada, las cuales se obtendrán a partir del análisis de ciertos criterios. Los ítems que se evaluarán son:

- Realización y periodicidad de reuniones
- Grado de utilización y correcta confección de los documentos
- Modo de realizar la autoevaluación
- Se aplicó correctamente separar
- Se aplicó correctamente ordenar
- Se aplicó correctamente limpiar

Se recomienda para este proyecto de mejora las siguientes auditorías en las diferentes etapas del proceso:

- Inicial: Esta etapa se centraliza en la documentación de la planificación de las 5S's y la aplicación de las 3 primeras S. En este proceso se realizarán de 2 a 3 auditorías.
- Desarrollo: Se centra en cómo se desarrolla el aprendizaje en la implementación de las 3 primeras S. Es recomendable para nuestras líneas de producción realizar auditorías de este tipo cada 4 o 6 meses durante un período aproximado de dos años.
- De consolidación: Esta auditoría tiene sus inicios cuando se intensifica la aplicación de la cuarta S, el control visual y la quinta S, es decir cuando los grupos funcionan de forma autónoma. Es en este punto, donde las auditorías llegan a un punto en donde ya no son necesarias.
- ✓ Autoevaluaciones: Esta herramienta permitirá a cada grupo medir la evolución de lo realizado, teniendo en cuenta el punto inicial de partida y los objetivos fijados para cada grupo de secciones. Lo que se pretende medir es el estado inicial de cada una de las S, con respecto al estado en que se encuentran en un tiempo de 3 a 4 meses.

Debido a que se trata de una evaluación cualitativa es necesario definir qué valor se va asignar a cada punto a evaluar. Por lo que se elaboró unas tablas que nos permitirá reducir la subjetividad. A continuación se presenta las siguientes tablas:

- ✓ Autoevaluación de "5S" en las secciones (ver anexo 12)
- ✓ Criterios de evaluación de la primera "S" (ver anexo 13)
- ✓ Criterios de evaluación de la segunda "S" (ver anexo 14)
- ✓ Criterios de evaluación de la tercera "S" (ver anexo 15)
- ✓ Criterios de evaluación de la cuarta "S" (ver anexo 16)
- ✓ Criterios de evaluación de la quinta "S" (ver anexo 17)

Para representar los valores obtenidos en las autoevaluaciones se elaboró un gráfico radar (ver anexo 18) que adopta la forma de pentágono regular donde cada radio representa cada “S”. Este radar nos indica que mejoran las 5S’s a medida que la figura lograda se acerque a la periferia.

4.1.3 Beneficios de implementar las 5S’s y Mantenimiento Autónomo

A continuación se muestra en la tabla 4.9 los beneficios que se obtienen luego de implementar las 5S’s y el mantenimiento autónomo.

Tabla 4.9: Beneficios

Beneficios cuantificables	Unidad de medida	Año 2014
Búsqueda de herramienta de trabajo más rápida	Minutos	5676
Limpieza de área, más rápida	Minutos	21408
Ahorro de gastos en mantenimiento correctivo	Soles	16500
Disminución de incidentes y/o accidentes	Minutos	3720

Elaboración propia

La información presentada, se obtuvo a partir de los tiempos mensuales brindados por la empresa de estudio, que se visualizarán a más detalle en el capítulo 5, y con los cuales se determinarán los ahorros generados por la implementación de las mejoras.

Asimismo, para el ahorro de gasto en mantenimiento correctivo, el detalle se mostró en la tabla 4.7.

4.2 Distribución de planta

En este punto se presentan los procedimientos a realizarse para determinar la ubicación en la planta nueva de las secciones de trabajo de los hornos rotativos y estacionarios. Una vez determinada la distribución de secciones, se procederá a elegir la alternativa adecuada en base a ponderación de factores.

4.2.1 Pronósticos

A continuación, mediante los distintos métodos de pronóstico se procede a determinar, el método más adecuado para la proyección de la demanda de los hornos estacionarios y rotativos para los próximos 4 años, teniendo en cuenta el porcentaje de error.

Tabla 4.10: Cálculo de errores para línea de horno estacionario

Línea de hornos estacionarios	Exponencial	Exponencial con tendencia	Regresión lineal
CFE	-244.58	205.05	33.00
MAD	48.9168	41.00922	8.6
MAPE	27.7429643	16.65637879	2.72899646

Elaboración propia

Tabla 4.11: Cálculo de errores para línea de horno rotativo

Línea de hornos rotativos	Exponencial	Exponencial con tendencia	Regresión lineal
CFE	-230.96	161.49	46.00
MAD	46.1928	40.37243025	16
MAPE	21.0760233	18.03934756	4.48352036

Elaboración propia

Según las tablas 4.10 y 4.11 el mejor método de pronóstico para las proyecciones para los próximos 4 años es la regresión lineal; este se asemeja a la demanda real que tiene actualmente la empresa, ya que esta tiene una tendencia creciente.

Los cálculos realizados para la determinación del método del pronóstico adecuado, se hizo en base a la data histórica proporcionado por la empresa, (ver anexos 19, 20, 21 y 22).

4.2.2 Balance de línea

Una vez determinado el método de pronóstico adecuado, se procede a calcular la proyección de la demanda a 4 años (ver tabla 4.12 y 4.13).

A partir de estos resultados, se procede con el cálculo del balance de línea para determinar la cantidad de máquinas necesarias, para alcanzar la proyección pronosticada. Este cálculo se hizo con la proyección hacia el año 2019. Previo a ello, se realizó unos estudios de tiempos para ambos hornos, los cuales se pueden visualizar en los anexos 23 y 24.

Luego de determinar los tiempos estándares a usarse en el cálculo del balance de línea (ver anexos 25 y 26), se llega a la siguiente conclusión (ver tabla 4.14)

Tabla 4.12: Proyección de la demanda del horno estacionario

HORNO ESTACIONARIO	
AÑO 2016	446
AÑO 2017	503
AÑO 2018	560
AÑO 2019	617

Elaboración propia

Tabla 4.13: Proyección de la demanda del horno rotativo

HORNO ROTATIVO	
AÑO 2016	480
AÑO 2017	535
AÑO 2018	589
AÑO 2019	643

Elaboración propia

Tabla 4.14: Cantidad de máquinas necesarias para las líneas de producción de hornos estacionarios y rotativos

Área	Máquinas	Suma N	N° Máquinas	Utilización
Soldado	Soldadora	1.48859141	2	74.43%
	Soldadora por plasma	0.31336029	1	31.34%
Taladrado	Taladro	0.21631273	1	21.63%
Trazado/Cortado	Banco de trabajo	4.71298467	5	94.26%
	Cizalla	2.88137917	3	96.05%
	Cierra Circular	1.56839245	2	78.42%
Doblado	Dobladora	2.98593109	3	99.53%
Rolado	Roladora	0.94393561	1	94.39%
Torneado	Torno	0.46003574	1	46.00%
Ensamble	Soldadora	1.20453623	2	60.23%
Pintado	Comprensora	0.72194944	1	72.19%

Elaboración Propia

Como se puede apreciar, en total se requiere utilizar 17 máquinas y 5 mesas de trabajo para satisfacer la demanda hasta el año 2019. Esto se debe a que la utilización de las máquinas en algunas de las secciones, no alcanzan el 50%, sin embargo se necesitará una mayor área de ensamble y montaje eléctrico, debido al crecimiento del 15 % de la producción.

4.2.3 Tabla de relaciones de actividades (TRA)

A continuación se muestran las tablas de relaciones de actividades de números y letras (ver figura 4.8 y 4.9) obtenidas a partir del diagrama de operación multiproducto.

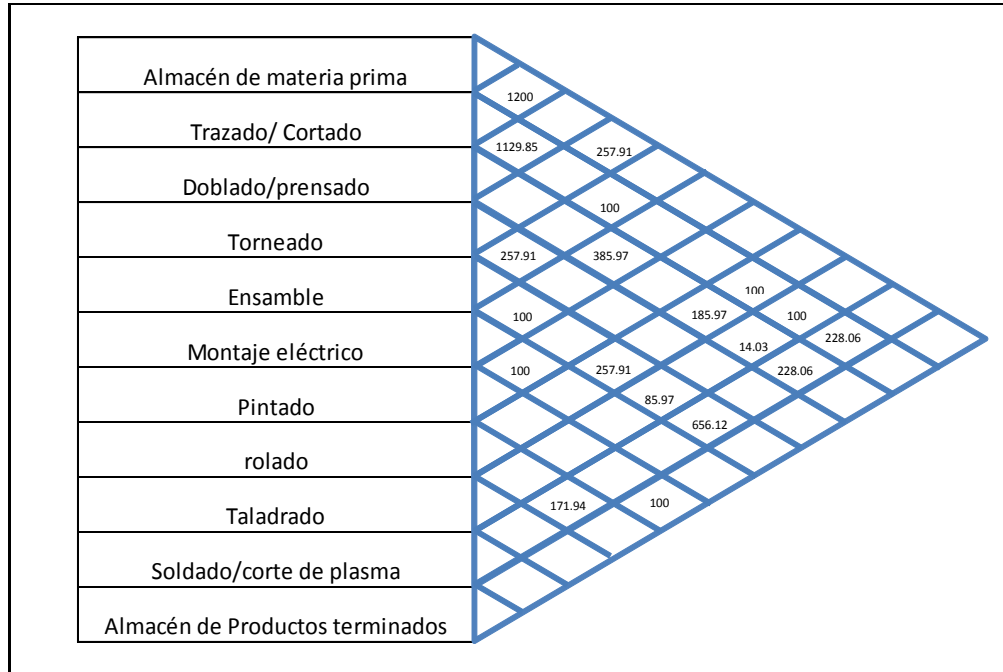


FIGURA 4.8: Tabla de relaciones de actividades de números
Elaboración propia

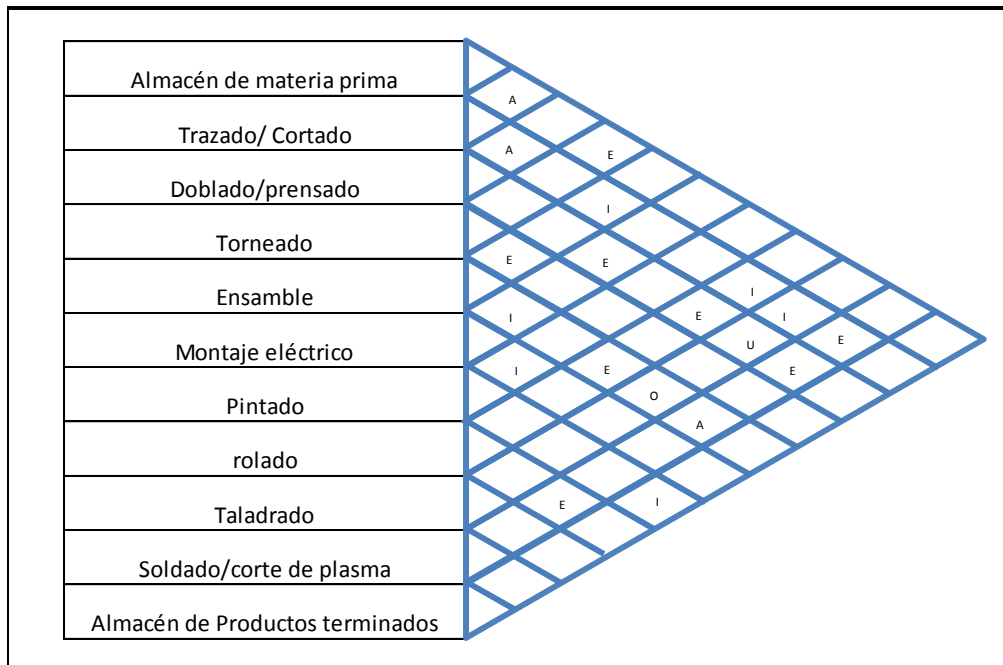


FIGURA 4.9: Tabla de relaciones de actividades de letras
Elaboración propia

4.2.4 Layout de bloques unitarios

Luego de haber obtenido la tabla de relaciones de actividades, se procede a aplicar el método Francis. A continuación se muestra el layout de bloques unitarios obtenido luego de la aplicación de este método.

	Rolado	Doblado	Trazado	Taladrado
	Soldado	Ensamble	Almacén MP	Torneado
Almacén PT	Pintado	Montaje Eléctrico		

FIGURA 4.10: Layout de bloques unitarios
Elaboración propia

Como se puede apreciar en la figura 4.10, la distribución de las áreas es la correcta, ya que el almacén de materia prima debe encontrarse cerca a las áreas de ensamble, doblado, trazado, taladrado y torneado, porque son unas de las primeras operaciones básicas para la producción de los hornos. Asimismo, se puede apreciar que las áreas de soldado, ensamble, montaje eléctrico y pintado, son continuas; ello se debe a que todos los hornos siguen este proceso secuencialmente antes de ser llevados finalmente al almacén de productos terminados, donde son embalados.

4.2.5 Requerimiento de espacios

En este punto se determinará cuál será el espacio total ocupado por las máquinas, áreas de trabajo, oficinas, servicios higiénicos, comedores, entre otros, y a partir de ello plantear alternativas para la distribución de la planta.

❖ Requerimiento de espacios de máquinas

Para este caso se utiliza el método de Guerchet, considerando solo como elementos móviles a los operarios y soldadoras; mientras que a las demás máquinas y mesas de trabajo, como elementos estáticos.

Para el cálculo del número de operarios, que se utiliza en el Método de Guerchet, se consideran 2 procedimientos:

En el primer procedimiento, se considera un número máximo de operarios, es decir que cada máquina o mesa de trabajo es atendida por uno de ellos, llegando a la siguiente conclusión (ver tabla 4.15):

Tabla 4.15: Cantidad de operarios necesarios en caso hipotético

Área	Suma N	N° Operarios
Soldado	1.801951707	3
Taladrado	0.216312733	1
Trazado/Cortado	9.255027069	10
Doblado	2.985931094	3
Rolado	0.943935605	1
Torneado	0.460035741	1
Ensamble	2.943680912	3
Pintado	0.721949436	1
Almacén PT	0.279130627	1
Montaje Eléctrico	2.129453745	3
	TOTAL	27

Elaboración propia

En el área de ensamble se necesitan 3 operarios y no 2 para que atiendan 2 soldadoras, ello se debe a que adicionalmente a las actividades de soldado, que se realizan en esta área, existen operaciones como empernado, pegado de luna, balanceo dinámico, entre otros, que también necesitan ser atendidas y por ello se requiere de un operario adicional. Asimismo, se observa que para el almacén de productos terminados se requiere 1 operario que realice la actividad de embalado; y 3 operarios para el área de montaje eléctrico.

Por lo tanto, en caso hipotético cada operario maneje una máquina o realice una actividad (como embalado en el área de almacén de productos terminados y la actividad de montaje eléctrico) se necesitan 27 operarios. Sin embargo como se observa en la tabla 4.14, no todas las máquinas están utilizándose al 100%, y por ende si se considera los 27 operarios trabajando en la producción de hornos, algunos de ellos tendrían tiempos muertos, como el caso del operario que realiza la actividad de embalado en el área de almacén de productos terminados, quien solo está ocupado un 27,91 %, por esto es que se decide realizar un segundo procedimiento.

En el segundo procedimiento, se agrupan funciones, es decir, observando la utilización de cada máquina detallada en la tabla 4.14 y considerando el layout de bloques unitarios mostrados en la figura 4.10, se decide compartir las actividades de las máquinas, que un operario pueda atender dos máquinas por un tema de ahorro en costo para la empresa, como se detalla a continuación:

Tabla 4.16: Cantidad real de operarios necesarios

Áreas	Máquinas	N° Máquinas	N° Operarios
Soldado	Soldadora	2	2
	Soldadora por plasma	1	
Taladrado	Taladro	1	2
Trazado/Cortado	Cierra Circular	2	
	Banco de trabajo	5	5
	Cizalla	3	3
Doblado	Dobladora	3	3
Rolado	Roladora	1	1
Torneado	Torno	1	1
Ensamble	Soldadora	2	3
Pintado	Comprensora	1	
Almacén PT	-	-	1
Montaje Eléctrico	-	-	3
		TOTAL	24

Elaboración propia

Se puede observar que para el área de soldado sólo se necesitan 2 operarios que manejen las 3 soldadoras, esto se debe a que el uso de la soldadora por plasma es mínimo. Asimismo, se observa que se necesitan solo 2 operarios para que manejen el taladro y dos cierras circulares, por ello, se decide juntar estas dos operaciones ya que tanto el área de taladrado como el de trazado se encuentran cercanas entre sí, por lo que cualquiera de los dos operarios no tendrá dificultad en ir de un área a otra; y además que el uso del taladro es mínimo (aproximadamente 22%). Por último, se necesita sólo 1 operario para que realice el pintado y luego el embalado, estas actividades también son compartidas, debido a que las áreas se encuentran juntas y además que las máquinas u operaciones no están al 100% de su utilización. Es por ello, que en vez de requerir de 27 operarios para las líneas de producción de hornos estacionarios o rotativos, sólo serán necesarios 24 operarios.

Sin embargo, en el cálculo del método de Guerchet, sólo se está considerando 17 operarios, ya que los otros 7 operarios son de las áreas de ensamble, pintado, montaje eléctrico y almacén de productos terminados, áreas cuyo espacio se calcularán más adelante.

Observando el método de Guerchet, que se muestra en el anexo 27, el área total es de $183 m^2$, considerando un 30% adicional por temas de pasillos, el área final requerida es de $238 m^2$.

❖ Requerimiento de espacios para áreas faltantes

En el punto anterior, se evaluó el requerimiento de espacio de las máquinas a usarse en la línea de producción de hornos rotativos y estacionarios; sin embargo, no se consideraron algunas áreas importantes para la fabricación de estos hornos, como el ensamble, el almacén de materia prima, el almacén de productos terminados, el montaje eléctrico y el pintado. A continuación se detallará el espacio requerido por cada área.

• Almacén de materia prima

Para hallar el espacio requerido por esta área, se necesita calcular la cantidad de estantes que son necesarios para almacenar los insumos o materias primas. Para la producción de hornos rotativos y estacionarios se requieren 3 estantes, un estante cantilever para almacenar los tubos y barras de 6 metros de longitud, otro estante para almacenar las planchas de acero inoxidable y de fierro negro de $1220mm \times 2440mm$ y otro para almacenar insumos como motores, quemadores, tableros, relays, entre otros o también fibras de vidrio que vienen en bolsas de 5Kg. En esta área se busca aprovechar el espacio cúbico para almacenar todo lo necesario para la producción de hornos. Por lo tanto, considerando el tipo de material que se almacena en esta área, el espacio requerido es de $35 m^2$, incluyendo pasillos.

• Ensamble

Para hallar el área requerida, se necesita un espacio donde puedan ingresar 3 hornos, 1 rotativo y 2 estacionarios. La cantidad de hornos, en el área de ensamble, se determina en base al N ajustado, calculado en el balance de línea.

Asimismo, es necesario calcular el área de las 2 soldadoras, una soldadora TIG, y una soldadora común, éstas no se consideraron dentro del cálculo del método de Guerchet, debido a que se quiere calcular el área total que necesita el ensamble, incluido las máquinas. Por otro lado, se requieren de 2 estantes para guardar herramientas varillas de soldadura, herramientas de agarre, herramientas de trazado, entre otros. Asimismo, según la tabla 4.16, son 3 operarios necesarios para esta área. El cálculo realizado se presenta en el anexo 27.

Según lo observado en el anexo 27, se necesita un espacio de $50.10 m^2$, considerando un 20% adicional por temas de pasillos, el área total requerida para la sección de ensamble es de $60.10 m^2$.

- Pintado

Para hallar el área requerida, se necesita un espacio donde puedan ingresar 2 hornos, uno rotativo y otro estacionario. Al igual que en el área de ensamble, la cantidad de hornos, en el área de pintado, se determina en base al N ajustado. Asimismo, se requiere un estante pequeño en donde se pueda guardar baldes de pintura, soplete, entre otros. También es necesario calcular el espacio que requiere la compresora. Por otro lado, según la tabla 4.16, es un solo operario que se necesita para esta área, quien también realizará la actividad de embalado en el área de productos terminados. El cálculo realizado se presenta en el anexo 27.

Por lo tanto, con todo lo mencionado anteriormente, se necesita un espacio de $31.4 m^2$, considerando un 30% adicional por temas de pasillos, el área total requerida para la sección de pintado es $40.78 m^2$.

- Montaje Eléctrico

Para hallar el área requerida, se necesita un espacio donde puedan ingresar 3 hornos, 1 rotativo y 2 estacionarios. En este punto también la cantidad de hornos, se determina en base al N ajustado. Además de determinar el espacio para los hornos, es necesario calcular el área para 2 estantes, en donde se guardan los contactores, el tablero, los transformadores, el pirómetro, los fusibles, el motor, entre otros elementos requeridos para el montaje eléctrico. Por otro lado, según la tabla 4.16, son 3 operarios que se necesitan para esta área. El cálculo realizado se muestra en el anexo 27.

Según lo mencionado anteriormente, se necesita un espacio de $31.5m^2$, considerando un 20% adicional por el tema de pasillos, el área total requerida para la sección de montaje eléctrico es $37.83m^2$.

- Almacén de Productos Terminados

Para hallar el espacio requerido, es necesario calcular el stock de hornos que se necesita almacenar, para poder dimensionar el área según los requerimientos. Para ello, se necesita calcular la producción mensual, este se realiza en base a la cadencia calculada en el balance de línea tanto como para los hornos rotativos como para los estacionarios; asimismo, la demanda mensual, y a partir de estos dos, calcular el stock de hornos a almacenar.

A continuación se muestran las cadencias halladas en el balance de línea para cada tipo de horno.

Tabla 4.17: Cadencias halladas por áreas

Área	Cadencia (Estacionario)	Cadencia (Rotativo)
Soldado	93.1640625	58.125
Taladrado	30	26.25
Trazado/Cortado	135.1171875	129.21875
Doblado	143.4375	121.953125
Rolado	131.7708333	112.7232143
Torneado	0	54.53125
Ensamble	148.53125	80
Pintado	106.25	82.5
Almacén PT	26.875	43.75
Montaje Eléctrico	140.625	64.58333333

Elaboración propia

Según la tabla 4.17, se observa que las cadencias críticas son de 148.5 minutos para los hornos estacionarios, en el área de ensamble y de 129.22 minutos para los hornos rotativos, en el área de trazado; esto debido a que las áreas de trazado y ensamble son las que requieren de más tiempo para ambos hornos.

Una vez halladas las cadencias críticas, se procede a calcular el stock por horno a almacenar.

Tabla 4.18: Cálculo de stock por horno a almacenar

	Rotativo	Estacionario
Horas de trabajo (minutos)	100800	100800
Cadencia	129.21875	148.531250000
Capacidad de Producción anual	780.0725514	678.6450663
Producción mensual	65	57
Demanda anual pronosticada	643	617
Utilización	82%	91%
Demanda mensual del mes pico	49	47
Stock	16	10

Elaboración propia

Según se observa en la tabla 4.18, las horas de trabajo son anuales y se encuentran en minutos, estas fueron calculadas y usadas en el balance de línea. La demanda anual se obtuvo del cálculo que se hizo en la proyección con el método de regresión lineal.

Por lo tanto, el almacén de productos terminados se dimensiona en base a los 16 hornos rotativos y 10 hornos estacionarios. Se asume que la separación entre hornos de una misma categoría es de 0.5 m y la medida del pasillo es de 2.5 m , por lo que se concluye que el espacio ocupado por un horno rotativo es de $1.85 \times 2.70\text{ m}$, y el de un horno estacionario es de $1.55 \times 2.85\text{ m}$. A continuación se muestra el área requerida por el almacén de productos terminados.

Tabla 4.19: Requerimiento de espacio de almacén de productos terminados

ALMACÉN PRODUCTOS TERMINADOS	Cantidad	Largo	Ancho	Área Total
Horno Rotativo	16	1.85	2.70	79.92
Horno Estacionario	10	1.55	2.85	44.18
Área Total				124.10

Elaboración Propia

Se requiere un espacio de 124.10 m^2 , considerando un 30% adicional por el tema de pasillos, se necesita un área total de 161.30 m^2 para el almacén de productos terminados.

❖ Requerimiento de espacios para oficinas y servicios

Además de establecer el espacio de las áreas necesarias para la producción de hornos estacionarios y rotativos, también se necesita determinar el área del personal administrativo. Para ello, es necesario saber cuál es el requerimiento mínimo de espacio que necesita el personal, ya sea un gerente, jefe o secretaria.

Tabla 4.20: Requerimientos mínimos de espacio de oficinas administrativas

AGENTES	ÁREA
Gerentes	15-20
Jefes	5-8
Oficinistas	3.35
Técnicos	3.75

Fuente: Cury (1991)

En base a la información proporcionada en la tabla 4.20, se procede a mostrar los requerimientos de oficinas según el personal.

Tabla 4.21: Requerimiento de oficinas para personal administrativo

Personal administrativo	Cantidad	Área	Total
Gerente	1	24	24
Ejecutivas del servicio al cliente	1	4.5	4.5
Ejecutivas de logística Integral	2	3.35	6.7
Jefe de Planta	1	8	8
Asistente de RRHH	2	3.35	6.7
ÁREA TOTAL OFICINAS			49.9

Elaboración propia

El área total de oficinas es de $49.90 m^2$, considerando un 30% adicional por tema de pasillos, el área total para el requerimiento de oficinas sería $64.87 m^2$. Si se observa en la tabla 4.21, el espacio requerido para la oficina del Gerente es de $24 m^2$, ello se debe a que se está considerando que esta área contará con un baño propio.

Por otro lado, también es necesario un espacio adicional para diversos servicios que pueda requerir el personal administrativo, como servicios higiénicos, comedor y sala de reuniones (ver tabla 4.22).

Tabla 4.22: Requerimiento de espacio de servicios

Servicios	Cantidad	Área	Total
Servicios higiénicos masculinos (planta)	1	36	36
Servicios higiénicos masculinos (oficina)	1	5	5
Servicios higiénicos femeninos	1	8	8
Comedor	1	30	30
Sala de Reunión/ Capacitación	1	20	20
Garaje	1	12	12
ÁREA TOTAL SERVICIOS			111

Elaboración propia

Se consideran dos servicios higiénicos masculinos, uno destinado a los operarios que trabajan en planta y uno para el personal administrativo, debido a que existe mayor cantidad de personas operando en planta. Asimismo, se observa que el área de los servicios higiénicos en planta es mayor al del personal administrativo, ya que en el primero se está incluyendo casilleros, duchas, urinarios y una pequeña zona donde los operarios puedan cambiarse. Al ser 24 los operarios, se considera 1 baño de $36 m^2$.

Por otro lado se considera sólo un servicio higiénico para mujeres debido a que la cantidad es mínima. Adicional a los servicios higiénicos, es necesario incluir un comedor y una sala de reunión, en donde se puedan reunir el jefe y los asistentes, y analizar los indicadores de las ventas de los hornos, como también se puedan realizar capacitaciones para los operarios. Por lo tanto el espacio para servicios es de $111 m^2$, considerando un 30% adicional por temas de pasillos, el área total requerida es $144 m^2$.

4.2.6 Análisis de alternativas

A continuación se muestra el resumen del total de área requerida para toda la planta (ver tabla 4.23), a partir de la cual se procede a realizar 3 posibles distribuciones de planta:

Tabla 4.23: Resumen del total de área requerida

ÁREAS	(m ²)
PLANTA	238.10
PINTADO	40.78
ENSAMBLE	60.11
MONTAJE ELÉCTRICO	37.83
ALMACÉN PRODUCTOS TERMINADOS	161.32
ALMACÉN MATERIA PRIMA	35.00
OFICINAS	64.87
SERVICIOS	144.30
ÁREA TOTAL	782.33

Elaboración propia

Se observa que el área total requerida es de 782.33 m^2 , por lo tanto, la distribución de planta nueva se realizará sobre un área de 630 m^2 , de 21 m de largo por 30 m de ancho, que ya ha sido adquirida por el dueño de la empresa de estudio. Actualmente este terreno está en construcción, y se prevé que ésta termine a fines de este año. Ya que el presupuesto es relativamente bajo para construir los dos pisos completos, se construirá sólo lo requerido y calculado por el método de Guerchet.

A continuación se presentan 3 posibles alternativas para la distribución de planta nueva:

❖ Alternativa 1

La alternativa 1 es considerar un garaje, en el cual sólo ingresen los clientes para poder atenderles su pedido, mas no los proveedores, quienes tendrán que descargar la materia prima de la calle hacia la puerta de almacén de materia prima (ver anexo 28).

✓ Ventajas

- Se cuenta con los siguientes servicios en el primer piso: oficina de atención a clientes, servicios higiénicos para los operarios, los cuales cuentan con duchas, casilleros y una pequeña área donde puedan cambiarse, también se encuentra una pequeña caseta de vigilante.
- Los servicios higiénicos están al costado de la puerta de ingreso, esto facilita un cambio rápido de vestimenta por parte de los operarios y que puedan iniciar rápido sus labores.

- El almacén de materia prima tiene puerta a la calle, lo que facilita a una mejor descarga de los insumos requeridos o materia prima por parte de los proveedores.
- Aprovechamiento del espacio cúbico en el almacén de materia prima.
- Todas las áreas de producción de los hornos, se encuentran ubicadas en el primer piso, lo que facilita tener un mejor flujo del material.
- Se ha asignado un área de trabajo para la operación de pintado.
- Se ha asignado un área de trabajo sólo para el montaje eléctrico de hornos rotativos y estacionarios.

✓ Desventajas

- El área de rolado se encuentra lejos del área de ensamble, por ende le tomará mucho tiempo al operario ir de un área a otra.
- La descarga de materia prima a la planta obstruye el paso peatonal.
- No existe pasillo para poder llegar al área de pintado, necesariamente se debe pasar por el área de montaje eléctrico.
- No existen muchos pasillos para poder ir de un área a otra.
- La caseta de vigilancia está escondido, por lo que no existe mucho control en el ingreso de personas, es decir, el control sólo se realiza al ingreso, mas no a la salida; ello se debe a que la caseta no está ubicada en la calle.
- No existe buen control ni supervisión de las líneas de producción, debido a los angostos pasillos.

❖ **Alternativa 2**

La alternativa 2 es considerar un garaje, en el cual ingresen proveedores o clientes, ya sea para descargar mercadería en el almacén de materia prima o para poder despachar los pedidos, respectivamente (ver anexo 29).

✓ Ventajas:

- Existen amplios pasillos, por los cuales se pueden transitar libremente de un área a otra.
- Se ha asignado un área de trabajo para la operación de pintado.
- Se ha asignado un área de trabajo sólo para el montaje eléctrico de hornos rotativos y estacionarios.
- El área de taladrado está cercana a las cierras circulares, ya que los dos operarios comparten estas funciones.

- Todas las áreas de producción de los hornos, se encuentran ubicadas en el primer piso, lo que facilita tener un mejor flujo del material.
- Se cuenta con los siguientes servicios en el primer piso: oficina de atención a clientes, servicios higiénicos para los operarios, los cuales cuentan con duchas, casilleros y una pequeña área donde puedan cambiarse, también se encuentra una pequeña caseta de vigilante.
- Existe un mejor control y supervisión de las líneas de producción.

✓ Desventajas:

- El área de torneado está relativamente alejado del almacén de materia prima, lo que causará un pequeño tiempo de demora.
- Los operarios demorarán en cambiarse, debido a que el baño se encuentra ubicado al fondo en el primer piso, lo que generará una pérdida de tiempo de producción.
- No se aprovecha espacio cúbico en el almacén de productos terminados.

❖ Alternativa 3

La alternativa 3 es considerar un garaje, en el cual ingresen proveedores o clientes, ya sea para descargar mercadería en el almacén de materia prima o para poder despachar los pedidos, respectivamente (ver anexo 30).

✓ Ventajas:

- Se ha asignado un área de trabajo para la operación de pintado.
- Se ha asignado un área de trabajo sólo para el montaje eléctrico de hornos rotativos y estacionarios.
- El área de taladrado está cercana a las cierras circulares, ya que los dos operarios comparten estas funciones.
- Todas las áreas de producción de los hornos, se encuentran ubicadas en el primer piso, lo que facilita tener un mejor flujo del material.
- Existe un largo pasillo por el cual los operarios podrían escapar en caso ocurra algún sismo.

✓ Desventajas:

- El almacén de materia prima se encuentra ubicado al fondo del primer piso, lo que ocasiona que pueda generarse un daño del material transportado desde la entrada a la planta hasta el mismo almacén.

- No existen pasillos entre las áreas, por lo que si se quiere ir de un área a otra, necesariamente se tendría que pasar por otras áreas, interrumpiendo las actividades de los trabajadores.
- La oficina de atención al cliente no se encuentra al lado de la calle, por lo que el cliente le tomará tiempo ingresar hasta la oficina, incluso se podría perder nuevos clientes, debido a que el trayecto que deben recorrer es un poco largo y deciden irse y no averiguar sobre los precios de los hornos.

Luego de mencionar las 3 posibles distribuciones de planta nueva, se procede a realizar un análisis de factores según su importancia. Se consideraron 10 factores: seguridad, flexibilidad de la planta, facilidad para trasladarse, utilización de la superficie, eficacia en la carga y descarga de materiales, condiciones de trabajo, facilidad para expandirse, mejora de supervisión y control, flujo de material y utilización de mano de obra y maquinaria.

En la tabla 4.24, se procede a determinar la ponderación de cada factor, considerando lo siguiente:

- Se colocará 0 cuando uno de los factores influya menos que el otro factor en la distribución de planta nueva (se lee de izquierda a derecha).
- Se colocará 1, cuando ambos factores influyan equitativamente en la distribución de planta nueva.
- Se colocará 2 cuando uno de los factores influya más que el otro factor en la distribución de planta nueva (se lee de izquierda a derecha).

Una vez determinada la ponderación de cada factor, se procede a asignar valores, a las 3 alternativas de distribución de planta nueva, con el fin de encontrar la alternativa adecuada y la más óptima (ver tabla 4.26). Se consideran valores del 1 al 5, que van de pésimo a excelente, como se puede apreciar en la tabla 4.25.

Tabla 4.24: Análisis de importancia de factores

FACTOR	Seguridad y vigilancia	Flexibilidad de la planta	Facilidad para trasladarse	Utilización de la superficie	Eficacia en la carga y descarga de materiales	Condiciones de trabajo	Facilidad para expandirse	Mejora de supervisión y control	Flujo del material	Utilización de mano de obra y maquinaria	Total	Ponderación
Seguridad y vigilancia	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	2	2.22%
Flexibilidad de la planta	2	1	1	0	2	1	1	1	0	0	8	8.89%
Facilidad para trasladarse	2	1	2	1	1	1	1	0	0	0	8	8.89%
Utilización de la superficie	1	1	0	2	2	2	2	2	1	1	12	13.33%
Eficacia en la carga y descarga de materiales	2	2	1	0	1	1	1	0	0	0	7	7.78%
Condiciones de trabajo	1	0	1	0	1	2	2	1	0	0	6	6.67%
Facilidad para expandirse	2	1	1	0	1	0	1	1	0	0	6	6.67%
Mejora de supervisión y control	2	1	2	0	2	1	1	2	0	0	9	10.00%
Flujo del material	2	2	2	1	2	2	2	2	2	0	15	16.67%
Utilización de mano de obra y maquinaria	2	2	2	1	2	2	2	2	2	2	17	18.89%

Elaboración propia

Tabla 4.25: Valores

Valor	Significación
5	Excelente
4	Bueno
3	Regular
2	Malo
1	Pésimo

Elaboración propia

Tabla 4.26: Puntuación por alternativas

FACTORES	Ponderación	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
Seguridad y vigilancia	2.22%	3	5	1
Flexibilidad de la planta	8.89%	4	4	4
Facilidad para trasladarse	8.89%	2	4	1
Utilización de la superficie	13.33%	3	3	3
Eficacia en la carga y descarga de materiales	7.78%	3	5	2
Condiciones de trabajo	6.67%	3	4	3
Facilidad para expandirse	6.67%	3	3	3
Mejora de supervisión y control	10.00%	3	4	3
Flujo del material	16.67%	4	5	3
Utilización de mano de obra y maquinaria	18.89%	4	4	4
TOTAL	100.00%	3.36	4.07	2.98

Elaboración propia

Según se observa en la tabla 4.26, la alternativa 2 es la más adecuada para la distribución de planta nueva, debido a que hay facilidad para trasladarse por los amplios pasillos que posee, en comparación a las otras alternativas. Asimismo, el flujo de material es continuo, ya que las áreas se encuentran cercanas entre sí y además que todas las áreas de producción están ubicadas en el primer piso. Por otro lado, también se observa, eficacia en la carga y descarga de materiales, ya que tanto el almacén de materia prima como el de productos terminados, se encuentran cerca a la salida, a comparación de la alternativa 3. La seguridad y vigilancia es otro factor importante, ya que se observa que hay un mejor control en el ingreso y salida del personal, debido a que la caseta se encuentra a la salida, a comparación de la alternativa 3. Es por todo ello, que se elige la alternativa 2.

CAPÍTULO 5: EVALUACIÓN ECONÓMICA DE LA PROPUESTA

Una vez determinado las mejoras a realizarse en las líneas de producción de hornos rotativos y estacionarios, es necesario verificar qué ahorros generan estas mejoras identificados a partir de indicadores: ingreso por utilidades, incidentes, tiempo de traslado innecesario, tiempo de demora en limpieza a las áreas, tiempo de encontrar herramientas y tiempo de demora en despacho. Asimismo, se comprobará si el proyecto planteado es factible a partir de un flujo de caja elaborado para los próximos 4 años.

5.1 Ingresos

Se consideran principalmente los indicadores y otros ingresos como dejar de pagar alquileres.

5.1.1 Indicadores

Son 6 los indicadores que se verifican para analizar qué ahorros generan en cantidades monetarias, luego de la implementación de las mejoras.

➤ Ingresos por utilidades

Este indicador se determina en base a la utilidad promedio que genera cada tipo de horno (en el anexo 31 se puede visualizar el cálculo de la utilidad, elaborado a partir de un estado de ganancias y pérdidas a diciembre del 2014) y a la proyección hallada anteriormente. Su objetivo es cubrir con toda la demanda. En la tabla 5.1 se puede visualizar el ingreso generado año a año.

Tabla 5.1: Ingresos por utilidades

Tipo de horno	Estacionario		Rotativo	
Utilidad promedio	S/.	858.72	S/.	1,208.49
2015	S/.	334,043.82	S/.	514,816.18
2016	S/.	382,991.11	S/.	580,074.57
2017	S/.	431,938.41	S/.	646,541.44
2018	S/.	480,885.70	S/.	711,799.83
2019	S/.	529,833.00	S/.	777,058.22

Fuente: Empresa
Elaboración propia

➤ Incidentes

Este indicador tiene por objetivo, disminuir los incidentes y/o accidentes de trabajo. Se calcula en base al tiempo que toma retornar a las funciones productivas luego de ocurrido los incidentes (ver anexo 32). Los ahorros expresados en monedas monetarias, se detallan en la tabla 5.2, y perduran a través de los años, ya que no dependen de la producción.

Tabla 5.2: Ahorro por incidentes

Tiempo de retraso al mes (minutos)	310	
Tiempo de retraso anual (minutos)	3720	
Tiempo de retraso anual (horas)	62	
Costo H-H	S/.	12.26
Ahorro por incidentes	S/.	760.39

Fuente: Empresa
Elaboración propia

➤ Tiempo de traslado innecesario

Este indicador tiene por objetivo reducir el tiempo de traslado del material, con el fin de generar un flujo continuo. En el anexo 33, se pueden visualizar los tiempos de traslados, antes y después de la distribución para cada tipo de horno. A partir de ello, se calcula los ahorros generados año a año por este indicador (ver tabla 5.3).

Tabla 5.3: Ahorro por tiempo de traslado innecesario

Ahorro por tiempo de traslado innecesario	Horno Estacionario		Horno Rotativo		Cantidad de horas	Costo Horas - Hombre	Ahorro Total
	Proyección	Cantidad de horas	Proyección	Cantidad de horas			
2015	389	1135	426	1306	2441	S/. 12.26	S/. 29,936.92
2016	446	1301	480	1472	2773	S/. 12.26	S/. 34,006.82
2017	503	1467	535	1641	3108	S/. 12.26	S/. 38,114.33
2018	560	1633	589	1806	3440	S/. 12.26	S/. 42,184.24
2019	617	1800	643	1972	3771	S/. 12.26	S/. 46,254.14

Fuente: Empresa
Elaboración propia

➤ Tiempo de demora en limpieza a las áreas

Este indicador tiene por objetivo reducir el tiempo de limpieza de las áreas, ya que actualmente no se realiza un mantenimiento preventivo periódico a las máquinas. En el anexo 34 se pueden visualizar los tiempos; mientras que en la tabla 5.4, los ahorros generados, que perduran a través de los años, pues no dependen de la producción.

Tabla 5.4: Ahorros por tiempos de limpieza

Diferencia mensual (minutos)	1321.25
Diferencia anual (minutos)	15855
Diferencia anual (horas)	264.25
Costo H-H	S/. 12.26
Ahorro por tiempo de demora en limpieza	S/. 3,240.84

Fuente: Empresa
Elaboración propia

➤ Tiempo de demora en encontrar herramientas

Este indicador tiene por objetivo reducir el tiempo de demora en encontrar herramientas. En el anexo 35 se pueden visualizar los tiempos incurridos antes y después de realizar la distribución; mientras que en la tabla 5.5, los ahorros expresados en monedas monetarias que perduran a través de los años pues no dependen de la producción.

Tabla 5.5: Ahorros por tiempo de demora en encontrar herramientas

Diferencia mensual (minutos)	430
Diferencia anual (minutos)	5160
Diferencia anual (horas)	86
Costo H-H	S/. 12.26
Ahorro por tiempo de demora en encontrar herramientas	S/. 1,054.73

Fuente: Empresa
Elaboración propia

➤ Tiempo de demora en despacho

Este indicador tiene por objetivo reducir el tiempo que se demora en atender un horno del almacén de productos terminados al cliente. En la tabla 2.2, se observó que la planta 3, es la que produce los hornos rotativos y estacionarios; sin embargo, esta planta no posee un almacén de productos terminados definidos, sólo se almacena una baja cantidad de hornos por cada tipo, los cuales están apilados unos sobre otros, dificultando así su salida. Mientras que los demás hornos, se almacenan en las plantas 1 y 2, que contienen mayor espacio. En la tabla 5.6, se pueden visualizar los tiempos de demora en despacho antes y después de la distribución.

En la tabla 5.7, se pueden visualizar los ahorros generados año a año por este indicador, pues dependen de la producción.

Tabla 5.6: Tiempo de demora en despacho

Horno	Tiempo antes de la distribución para un horno (minutos)	Tiempo después de la distribución para un horno (minutos)	Diferencia (minutos)	Diferencia (horas)
Horno Estacionario	15	3	12	0.20
Horno Rotativo	20	4	16	0.27

Fuente: Empresa
Elaboración propia

Tabla 5.7: Ahorros por tiempo de demora en despacho

Ahorro por tiempo de traslado innecesario	Horno Estacionario		Horno Rotativo		Cantidad de horas	Costo Horas Hombre	Ahorro Total
	Proyección	Cantidad de horas	Proyección	Cantidad de horas			
2015	389	78	426	114	191	S/. 12.26	S/. 2,347.38
2016	446	89	480	128	217	S/. 12.26	S/. 2,663.80
2017	503	101	535	143	243	S/. 12.26	S/. 2,983.49
2018	560	112	589	157	269	S/. 12.26	S/. 3,299.91
2019	617	123	643	171	295	S/. 12.26	S/. 3,616.33

Elaboración propia

5.1.2 Otros ingresos

Además de los ahorros generados por los indicadores, también están los ahorros generados por el alquiler de las plantas 2 y 3, que se dejarían de pagar, pues se está comprando un terreno de mayor dimensión, en el cual también se podría producir algunas de las otras líneas restantes, pues hay espacio. El alquiler que se pagaba por la planta 2 era de S/. 4200 soles mensuales, mientras que el de la planta 3 era S/. 3550 soles; generando así un ahorro de S/. 93000 soles anuales.

5.2 Egresos

Se consideran la inversión del terreno y la construcción de este mismo; costos que generan las capacitaciones, luego de implementar las herramientas 5S's y mantenimiento autónomo; gastos en comprar algunos materiales de seguridad necesarios para el uso de los operarios; el costo de los operarios y el costo de comprar máquinas nuevas, con el fin de cumplir con la proyección de la demanda. En el anexo 36, se puede visualizar a más detalle el cálculo de cada uno de los egresos, necesarios para la elaboración del flujo de caja económico.

5.3 Flujo de caja económico

Luego de determinar los ingresos y egresos a considerarse luego de la implementación de las mejoras, se procede a elaborar el flujo de caja económico para los próximos 5 años (ver tabla 5.8). Para ello es necesario el cálculo del costo de costo de oportunidad (COK), el cual se puede visualizar a más detalle en el anexo 37.

Tabla 5.8: Flujo de caja económico

Flujo Caja económico	Inversión	2015	2016	2017	2018	2019
Ingresos						
Ingreso por utilidades		S/. 848,860.00	S/. 963,065.68	S/. 1,078,479.85	S/. 1,192,685.54	S/. 1,306,891.22
Ingreso por ahorro en tiempo de despacho		S/. 2,347.38	S/. 2,663.80	S/. 2,983.49	S/. 3,299.91	S/. 3,616.33
Ingreso por ahorro en Incidentes		S/. 760.39	S/. 760.39	S/. 760.39	S/. 760.39	S/. 760.39
Ingreso por ahorro generado por traslados innecesarios		S/. 29,936.92	S/. 34,006.82	S/. 38,114.33	S/. 42,184.24	S/. 46,254.14
Ahorro en limpieza		S/. 3,240.84	S/. 3,240.84	S/. 3,240.84	S/. 3,240.84	S/. 3,240.84
Ahorro de tiempo en búsqueda de herramienta		S/. 1,054.73	S/. 1,054.73	S/. 1,054.73	S/. 1,054.73	S/. 1,054.73
Ingreso por ahorro de alquiler de locales		S/. 93,000.00	S/. 93,000.00	S/. 93,000.00	S/. 93,000.00	S/. 93,000.00
Total de ingresos		S/. 979,200.25	S/. 1,097,792.26	S/. 1,217,633.63	S/. 1,336,225.64	S/. 1,454,817.64
Egresos						
Inversión del terreno (construcción, suministros, transporte)	S/. 1,213,428.40					
Costo por capacitaciones por SS's y Mantenimiento Autónomo	S/. 43,471.08	S/. 25,770.00	S/. 25,770.00	S/. 25,770.00	S/. 25,770.00	S/. 25,770.00
Gasto en Seguridad		S/. 36,000.00	S/. 36,000.00	S/. 36,000.00	S/. 36,000.00	S/. 36,000.00
Costo de operarios		S/. 370,872.00	S/. 432,684.00	S/. 432,684.00	S/. 453,288.00	S/. 494,496.00
Costo de maquinarias nuevas	S/. 15,900.00		S/. 21,800.00		S/. 4,700.00	
Total de Egresos	S/. 1,272,799.48	S/. 432,642.00	S/. 516,254.00	S/. 494,454.00	S/. 519,758.00	S/. 556,266.00
Flujo efectivo	S/. -1,272,799.48	S/. 546,558.25	S/. 581,538.26	S/. 723,179.63	S/. 816,467.64	S/. 898,551.64
Costo de capital propio	11.94%					
Valor actual neto	S/. 1,095,544.99					
Tasa interna de retorno (TIR)	42%					
VAN Beneficios	S/. 2,223,660.34					
VAN Costos	S/. 1,561,427.64					
B/C	1.42					
Período de recuperación	3 años					

Elaboración propia

Según se observa la VAN para los 5 años es de S/. 1,095,544.99 > 0 y la tasa de interés de retorno es de 42% > COK. Asimismo, el valor del ratio beneficio costo es de 1.42 > 1, por que el proyecto es apropiado. Por todo lo mencionado, se concluye que el proyecto es viable y factible, considerando un período de recuperación de la inversión en el tercer año.

CAPÍTULO 6: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

A continuación se detallarán las conclusiones y recomendaciones de este proyecto.

6.1. Conclusiones

El proyecto resultó ser factible, debido a que se resolvió el punto crítico o cuellos de botellas, como el área de ensamble y trazado, asignándoles a estos últimos un área de mayor espacio para realizar las actividades, de tal manera que se observe un flujo rápido del material. Además que los ahorros generados por las propuestas de mejora, medidos a través de indicadores, resultaron ser favorables.

Para la implementación del mantenimiento autónomo fue importante la aplicación de la herramienta 5S's, ya que sin ella no hubiese sido posible obtener los beneficios esperados gracias a las propuestas de mejora.

Se logró aumentar la capacidad de producción, ya que las ventas hacia el año 2019, para el horno estacionario se calcula que aumentará, según las proyecciones en un 52%, mientras que para el rotativo en un 49%, logrando cubrir con la demanda insatisfecha.

El uso de estantería etiquetada o señalización del suelo y el uso de tarjetas de colores para la identificación y clasificación de los objetos encontrados por secciones, ayudaron a reducir la cantidad de incidentes y/o accidentes en un 100%.

Los amplios pasillos diseñados para el traslado del material y del operario, y la ubicación de las áreas obtenidas por la distribución de planta, ayudaron a disminuir los tiempos de traslados, lográndose una reducción del 203% en el caso de los hornos estacionarios y un 223% en el de los hornos rotativos.

La implementación del mantenimiento autónomo periódico a las máquinas, ayudó a reducir los tiempos de limpieza en la áreas en un 74%, obteniéndose un ahorro anual en monedas monetarias de S/. 3,240.84.

El uso de tableros para las herramientas, ayudó a reducir el tiempo para encontrar herramientas en un 90%, generándose un ahorro anual en monedas monetarias de S/. 1,054.73.

La distribución en planta nueva, permitió que todas las secciones de trabajo se encuentren en una sola planta (almacén de productos terminados con las áreas de producción), generando una reducción en el tiempo de despacho hacia el cliente de 80% para ambas líneas.

La implementación del mantenimiento autónomo y las 5S's conlleva a mejorar el ambiente de trabajo en las secciones de la empresa, ya que con la eliminación de las actividades que no generan valor dentro del proceso productivo, genera un cambio de actitud en los operarios hacia un lugar de trabajo más limpio, ordenado y seguro.

El proyecto resultó ser viable y factible, ya que su VAN fue de S/. 1,095,544.99 mayor que 0, la TIR de 42% mayor que el valor de 11.94% del COK. Asimismo, el ratio beneficio/costo del proyecto fue de 1.42 y el período de recuperación será en el tercer año.

6.2 Recomendaciones

El espacio no utilizado, ubicado en el segundo piso que es aproximadamente de $350 m^2$, podría aprovecharse para elaborar los otros productos que la empresa fabrica, como yoghis, licuadoras y batidoras industriales, rebanadoras de pan de molde, entre otros; ya que estos productos no requieren mucho espacio como los hornos.

Es importante promover la participación de los operarios, ya que son los que van a llevar al éxito de la implementación de las 5S's y el mantenimiento autónomo. Para ello es importante realizar reuniones entre los jefes de las líneas de producción y sus respectivos operarios para analizar si se está logrando una mejora en las condiciones laborales.

La limpieza y el orden que se logró luego de la implementación de la 5S's y mantenimiento autónomo dentro de las secciones de trabajo, deben ser respetadas por todas las personas con el fin de mantener un entorno de trabajo agradable y seguro.

Es recomendable documentar cada una de las etapas de las propuestas de mejoras y realizar retroalimentación al personal de todo el proyecto, con el fin de monitorear el avance y advertir de cualquier desviación que se produzca con lo pronosticado. Además se sugiere que se realicen auditorías externas e internas posteriores a la implementación de todo el proyecto, con el fin de mantener un estado óptimo.

Referencias Bibliográficas

ALVA, Daniel y Denisse PAREDES

2015 Diseño de la distribución de planta de una fábrica de muebles de madera y propuesta de nuevas políticas de gestión de inventarios. (Tesis para optar por el título de Ingeniero Industrial en la Pontificia Universidad Católica del Perú).

ÁLVAREZ TANAKA, Raúl

2009 Análisis y propuesta de implementación de pronósticos y gestión en una distribuidora de productos de consumo masivo. (Tesis para optar por el título de Ingeniero Industrial en la Pontificia Universidad Católica del Perú).

CÁRDENAS ZANABRIA, Ricardo

2013 Análisis y propuesta de mejora para la gestión de abastecimiento de una empresa comercializadora de luminaria. (Tesis para optar por el título de Ingeniero Industrial en la Pontificia Universidad Católica del Perú)

CORRALES, César

2010 Estudio de Métodos. [Diapositivas]. Lima, Perú: Pontificia Universidad Católica del Perú.

CUATRECASAS, L.

2010 *TPM en un entorno Lean management: estrategia competitiva.*
Barcelona: Profit.

CURY, Antonio.

1991 *Organizacao e metodos perspectiva comportamental e abordagem contingencial.* Sao Paulo: Fondo Editorial Atlas S.A.

DIAZ, Bertha y Benjamin JARUFE y Teresa NORIEGA

2007 *Disposición de planta.* Segunda edición. Lima: Fondo Editorial Universidad de Lima.

DORBESSAN, José

2006 *Las 5S, herramientas de cambio*. Primera edición. Buenos Aires:
Fondo Editorial Universidad Tecnológica Nacional.

Dirección general de estudios económicos, evaluación y competitividad territorial
.Perú

Disponible en: www.inei.gob.pe

[Consulta: 18 de septiembre 2013]

FUERTES VARA, Wilder

2012 Análisis y mejora de procesos de distribución de planta en una
empresa que brinda el servicios de revisiones técnicas vehiculares.(
Tesis para optar por el título de Ingeniero Industrial en la Pontificia
Universidad Católica del Perú)

Industria Panificadora. Diario Gestión

Disponible: www.gestion.pe

[Consulta: 19 de septiembre 2013]

Jidoka. Portal del Sistema Lean MDC

Disponible: www.leanmdc.com

[Consulta: 17 de septiembre 2013]

KRAJEWSKI, Lee y Larry RITZMAN y Manoj MALHOTRA

2008 *Administración de operaciones: procesos y cadenas de valor*.
Octava edición. Naucalpán de Juárez: Pearson Educación.

KRAJEWSKI, Lee y Larry RITZMAN

2000 *Administración de operaciones: estrategia y análisis*.

Quinta Edición. Naucalpán de Juárez: Pearson Educación.

Lean Manufacturing. Portal del Lean and 6 sigma.

Disponible: www.lean6sigma.com

[Consulta: 23 de septiembre 2013]

MEYERS, Fred y Matthew STEPHENS

2006 *Diseño de instalaciones de manufactura y manejo de materiales*.

Tercera edición. Naucalpán de Juárez: Pearson Educación.

MUTHER, Richard

1977 *Distribución en planta.*
Barcelona: Hispano Europea.

NIEBEL W. Benjamin y Andris FREIVALDS

2004 *Ingeniería Industrial: Métodos, estándares y diseño del trabajo.*
Onceava edición. México D.F.: Alfaomega.

Paredes Rodríguez Silver

2013 Lean Manufacturing [Diapositivas]. Lima, Perú: Pontificia Universidad
Católica del Perú.

RAMOS FLORES, José

2012 Análisis y propuesta de mejora del proceso productivo de una línea de
fideos en una empresa de consumo masivo mediante el uso de
herramientas de manufactura esbelta. (Tesis para optar por el título
de Ingeniero Industrial en la Pontificia Universidad Católica del Perú)

RAU ÁLVAREZ, José

2009 Rediseño de distribución de planta de las instalaciones de una
empresa que comercializa equipos de bombeo para agua de
procesos y residuales. (Tesis para optar por el título de Ingeniero
Industrial en la Pontificia Universidad Católica del Perú)

Sector panadero. Portal del diario Gestión. Perú

Disponible en: www.gestion.pe

[Consulta: 15 de septiembre 2013]

SHINGO, S.

1993 *El sistema de producción de Toyota: desde el punto de vista de la
ingeniería.* Tercera edición. Madrid: Tecnología de Gerencia y
Producción.

Tipos de almacenes. Blog Portafolio Eliana Mendoza

Disponible: portafolioelianamendozarecibo.blogspot.com

[Consulta: 19 de septiembre 2013]

TOMPKINS, James y John WHITE

2006 *Planeación de instalaciones*. Tercera edición. México D.F.:
Thomson.

VARGAS, Jorge y José RAU y Mery LEÓN

2010 *Planeamiento y control de operaciones*. Lima: Fondo Editorial
Pontificia Universidad Católica del Perú.

