



UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

**"PROPUESTA DE MEJORA EN LA GESTIÓN DE PRODUCCIÓN Y CALIDAD
PARA REDUCIR LOS COSTOS OPERATIVOS DE LA EMPRESA
ESTRUCTURAS METÁLICAS "VIRGEN DE LA PUERTA S.A.C." – TRUJILLO – LA
LIBERTAD"**

Tesis para optar el título profesional de:

INGENIERA INDUSTRIAL

AUTORAS:

Bach. Sarita Lizbeth Cruz Ruiz

Bach. Angie Miluska Garcia Correa

ASESOR:

Ing. Ramiro Mc Gowen

TRUJILLO – PERÚ

2017

DEDICATORIA

Dedico este proyecto de tesis a Dios, a mis padres, a familiares y amigos.

A Dios porque sostiene mi mano en cada momento, porque su amor es la fuerza que me empuja a seguir adelante.

A mis padres, que a base de esfuerzo y sacrificio siempre luchan por darme lo mejor, inculcando con ejemplo su fuerza, coraje, rectitud, optimismo, patriotismo y amor.

A mis familiares y amigos, por su apoyo incondicional y desinteresado en cada momento de mi vida.

Sarita Lizbeth Cruz Ruiz

Dedico este proyecto de tesis a Dios y a mis padres.

A Dios porque ha estado conmigo a cada paso que doy, cuidandome y dandome fortaleza para continuar.

A mis padres, quienes a lo largo de mi vida han velado por mi bienestar y educacion siendo mi apoyo en todo momento. Depositando su entera confianza en cada reto que se me presentaba sin dudar ni un solo momento en mi inteligencia y capacidad.

Angie Miluska Garcia Correa

AGRADECIMIENTO

A nuestro Dios, por bendecirnos cada día, con nuevos conocimientos.

A nuestro asesor por brindarnos sus enseñanzas y poder finalizar esta investigación.

A todo aquel que nos apoyo para hacer realidad nuestros sueños.

LISTA DE ABREVIACIONES

LISTA DE ABREVIACIONES:

REEFC: Registro Estatal de Emisiones y Fuentes Contaminantes de España.

GBS: Gerdau Bussines System.

SIG: Sistema Integrado de Gestion.

MRP: Planeacion de Requerimiento de Materiales.

VAN: Valor Actual Neto.

TIR: Tasa Interna de Retorno.

PRESENTACIÓN

Señor miembros de jurado:

De conformidad y cumpliendo lo estipulado en el Reglamento de Grados y Titulos de la Facultad de Ingenieria Industrial de la Universad Privada del Norte, para Optar el Titulo Profesional de Ingeniero Industrial, pongo a vuesa consideracion el presente Proyecto titulado:

“PROPUESTA DE MEJORA EN LA GESTIÓN DE PRODUCCIÓN Y CALIDAD PARA REDUCIR LOS COSTOS OPERATIVOS EN LA EMPRESA ESTRUCTURAS METÁLICAS VIRGEN DE LA PUERTA SAC.”

El presente proyecto ha sido desarrollado durante los primeros días de Mayo a Octubre del año 2017, y esperamos que el contenido de este estudio sirva de referencia para otros Proyectos o Investigaciones.

Bach. Sarita Lizbeth Cruz Ruiz

Bach. Angie Miluska García Correa

LISTA DE MIEMBROS DE LA EVALUACIÓN DE LA TESIS

Asesor:

.....
Ing. Ramiro Mas McGowen

Jurado 1:

Ing. Marcos Baca López

Jurado 2:

Ing. Rafael Castillo Cabrera

Jurado 3:

Ing. Miguel Angel Rodriguez Alza

RESUMEN

Esta investigación se basa en los resultados obtenidos a partir de un diagnóstico total de la empresa, y debido al impacto potencial de las oportunidades de mejora detectadas, se escogió evaluar la implementación de aquellas que afectan directamente a la producción y a la calidad.

Se realizó el diagnóstico de la situación actual en el área de producción y calidad de la empresa Estructuras Metálicas “Virgen de la Puerta SAC”, encontrando que los problemas que incrementaban los costos operativos eran: la falta de estandarización en acabado, planificación de la producción ineficiente, falta de estandarización del producto, falta de orden, limpieza y organización y por último la falta de capacitación. Todas estas causas generaban una pérdida de S/.333, 840.

La propuesta de mejora en la gestión de producción y calidad se logró reducir los costos operativos de la empresa Estructuras Metálicas Virgen de la Puerta S.A.C. en S/.220, 895. Con el estudio de tiempos se logró reducir el tiempo perdido en un 50% (de 420 horas a 210 horas al año) generando un ahorro de S/. 11,268. Con el MRP se generó una reducción de los Gastos del Programa de Compras de S/.9,182.53, o de 60.58%. Con el control Estadístico de Procesos y la Casa de la Calidad se logró reducir el % de Reprocesos en los productos de 19.88% a 6.65% generando un ahorro de S/.184, 218. Con las 5s se logró reducir el % de espacio utilizado de manera inadecuada en 17% generando un ahorro de S/.11, 704 y por ultimo con el plan de capacitaciones se logró generar un ahorro de S/.4, 520.

Finalmente, la implementación de las mejoras detectadas, evaluado en un periodo de 5 años, nos generan un VAN de S/. 96,435 con una tasa de descuento del 14% un TIR de 35% m B/C de 1.5 y un PRI de 2.3 años dando como resultado que el proyecto es RENTABLE

ABSTRACT

This research is based in them results obtained starting from a diagnostic total of the company, and due to the impact potential of them opportunities of improves detected, is chose assess the implementation of those that affect directly to the production and to the quality.

It made the diagnostic of the current situation in the area of production and quality of the company Structure Metallic “Virgen de la Puerta SAC”, finding that the problems that increased the operative costs were: The fault of standardization in finishing, planning of the production inefficient, fault of standardization of the product, fault of order, cleaning and organization and finally the fault of qualification. All these causes generated a stray of S/.333, 840.

The proposal of improvement in the management of production and quality attained reduce the operative costs of the company Structure Metallic Virgen de la Puerta SAC. In S/.220, 895. With the study of time attained educe the stray time in 50% (of 420 hours to 210 hours to the year) generating a saving of S/. 11,268. With the MRP generated a reduction of the Costs of the Program of Shopping of S/.9,182.53, or of 60.58%. With the Statistical control of Processes and the House of the Quality attained reduce the % of reprocess in the products of 19.88% to 6.65% generating a saving of S/.184, 218. With the 5s attained reduce the % of space used of unsuitable way in 17% generating a saving of S/.11, 704 and by ultimo with the plan of qualifications attained generate a saving of S/.4, 520.

Finally, the implementation of the improvements detected, evaluated in a period of 5 years, generate us a VAN of S/. 96,435 with a tax of discount of 14% a TIR of 35%, B/C of 1.5 and a PRI of 2.3 years giving like result that the project is PROFITABLE

INDICE GENERAL

DEDICATORIA.....	i
AGRADECIMIENTO.....	ii
LISTA DE ABREVIACIONES.....	iii
PRESENTACIÓN.....	iv
LISTA DE MIEMBROS DE LA EVALUACIÓN DE LA TESIS.....	v
RESUMEN.....	vi
ABSTRACT.....	vii
INDICE GENERAL.....	viii
ÍNDICE DE GRAFICOS.....	xi
ÍNDICE DE TABLAS.....	xii
ÍNDICE DE CUADROS.....	xvi
INTRODUCCIÓN.....	xvii
CAPÍTULO 1:.....	2
I. GENERALIDADES DE LA INVESTIGACIÓN.....	3
1.1. Realidad problemática.....	3
1.2. Formulación del Problema:.....	8
1.3. Delimitación de la investigación:.....	8
1.4. Objetivos del Proyecto:.....	8
1.4.1. Objetivo general.....	8
1.4.2. Objetivos específicos.....	8
1.5. Justificación.....	9
1.6. Tipo de Investigación.....	10
1.7. Hipótesis.....	10
1.8. Variables.....	10
1.7. Matriz de Operacionalización de variables.....	15
1.8. Diseño de la Investigación.....	18
CAPITULO: 2.....	19
II. MARCO REFERENCIAL.....	20
2.1. Antecedentes de la Investigación.....	20
a. Internacional.....	20

b.	Nacional.....	21
c.	Local	21
2.2.	Bases Teóricas.....	23
A.	FALTA DE CAPACITACIONES	23
B.	PERSONAL DESMOTIVADO	29
C.	PRESENCIA DE IMPUREZAS EN LA MATERIA PRIMA Y EN EL MATERIAL DE COMBUSTIÓN.....	33
D.	FALTA DE ESTANDARIZACIÓN EN LOS PROCESOS	35
E.	INADECUADA PREPARACIÓN DE LA TIERRA	40
F.	INADECUADO PESO DE LA PLOMADA	42
G.	INADECUADA ILUMINACIÓN.....	56
H.	FALTA DE LIMPIEZA, ORDEN Y ORGANIZACIÓN	57
I.	PLANIFICACIÓN DE LA PRODUCCIÓN INEFICIENTE	64
J.	USO DE HORNO ARTESANAL	71
2.3.	Marco Conceptual (Definición de Términos).	73
CAPÍTULO 3:		68
III. DIAGNÓSTICO DE LA REALIDAD ACTUAL DE LA EMPRESA		69
3.1.	Descripción General de la empresa:	69
3.2.	Misión y Visión:.....	70
a.	Misión	70
b.	Visión.....	70
3.3.	Estructura Organizacional.....	70
3.4.	Proveedores:.....	71
3.5.	Competidores:	71
3.6.	Clientes:.....	71
3.7.	Proceso Productivo de la fabricación de Plomadas.....	72
3.7.1.	Diagrama Pictórico de la Empresa	74
3.8.	Diagnóstico de la Realidad Actual de la Empresa.....	75
Identificación del problema.....		75
CAPITULO: 4		107
CAPÍTULO 5:		201
5.1	Inversión para la propuesta de mejora	202
5.2	Ahorro implementando la propuesta	202

5.3	Estado de resultados.....	204
5.4	Flujo de caja.....	205
5.5	Calculo del TIR/VAN.....	205
CAPÍTULO 6:		206
6.1	RESULTADOS.....	207
6.2	DISCUSIÓN.	208
CAPÍTULO 7:		209
7.1	CONCLUSIONES.....	210
7.2	RECOMENDACIONES.....	211
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS		212
Bibliografía.....		212

ÍNDICE DE GRAFICOS

Gráfico N°1: Principales mercados abastecidos por la Industria de la Fundición	5
Gráfico N°02: Pronóstico con suavización exponencial triple aditiva.....	109
Gráfico N°03: Pronóstico con suavización exponencial triple multiplicativa.....	110
Gráfico N°04: Variación en el Gasto del Programa de Compras	121
Gráfico N°05: Tiempo Estándar versus Takt-Time del Cliente.	159
Gráfico N°07: Porcentaje de composición del Tiempo de Ciclo en el diagnóstico.	167
Gráfico N°08: Porcentaje del estado propuesto.....	171
Gráfico N°10: Correlaciones entre Requerimientos Funcionales.....	175
Gráfico N°11: Capacidad de Proceso Sixpack de Diámetro	181
Gráfico N°12: Capacidad de Proceso Sixpack de Altura	182
Gráfico N°13: Capacidad de Proceso Sixpack de Peso	183
Gráfico N°14: Capacidad de Proceso Sixpack de RMS de Rugosidad	184
Gráfico N°15: Capacidad de Proceso Sixpack de Proporción de Zinc.....	185
Gráfico N°16: Capacidad de Proceso Sixpack de Proporción de Cobre	186
Gráfico N°17: Capacidad de Proceso Sixpack de Densidad	187
Gráfico N°18: Capacidad de Proceso Sixpack de Dureza Brinell.....	188

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N°01: Producción total de fundiciones férreas en Europa (miles de toneladas)	4
Tabla N°02: Tabla de conversión de estándares de tiempo: minutos, horas, piezas por hora, piezas por ocho horas.	39
Tabla N°03: Descripción de las variables de Métricas de Calidad.	51
Tabla N°04: Definición de las Métricas de Calidad.	70
Tabla N°05: Aplicabilidad según tipo de horno	73
Tabla N°06: Resultado de la encuesta de capacitación	75
Tabla N°07: Cálculo del costo por falta de capacitaciones	76
Tabla N°08: Resultado de la encuesta de motivación	76
Tabla N°09: Resultado de la encuesta	77
Tabla N°10: Costo perdido por Personal Desmotivado	78
Tabla N°11: Materiales presentes en la Fundición (Fuente: Foto Propia)	81
Tabla N°12: Composición Química de la escoria de acería	82
Tabla N°13: Tiempo de paradas durante la Fundición	82
Tabla N°14: Costo de Oportunidad	83
Tabla N° 15: Costos de Mano de Obra por presencia de impurezas en la Materia Prima y Material de combustión	84
Tabla N° 16: Costos de Mano de Obra por presencia de impurezas en la Materia Prima y Material de combustión	84
Tabla N°17: Resumen de costos por Presencia de impurezas en la Materia Prima y material de Combustión.....	86
Tabla N°18: Cantidad de Materia Prima Sobrante a causa de Falta de Estandarización	87
Tabla N°19: Costos por falta de estandarización	88
Tabla N°20: Cantidad de piezas defectuosas a causa de la inadecuada preparación de la tierra	90
Tabla N°21: Costo de rectificación de las piezas defectuosas.	91
Tabla N°22: Costo de reproceso de piezas defectuosas.	92
Tabla N°23: Resumen de Costos a causa de Inadecuada Preparación de la Tierra.	93
Tabla N°24: Resultados de la encuesta	94
Tabla N°25: Tiempos Perdidos por falta de Estandarización.....	94
Tabla N°26: Costos por Falta de estandarización de Tiempos.....	95
Tabla N°27: Resumen de costos por Falta de estandarización de tiempos.	96

Tabla N°28: Variación en el peso de las plomadas	97
Tabla N°29: Costos por inadecuado peso del producto final	98
Tabla N°30: Tiempo perdido por inadecuada iluminación	99
Tabla N°31: Costos perdidos a causa de la inadecuada iluminación	100
Tabla N°32: Costo de espacio inútil.....	101
Tabla N°33: Costos por accidentes.....	103
Tabla N°34: Resumen de pérdidas	104
Tabla N°35: Costo de inventarios.....	104
Tabla N°36: Costo de Horas Extras.....	104
Tabla N°37: Resumen de costos por Planificación ineficiente	105
Tabla N°39: Pareto según Costos Para el Área de Calidad.....	106
Tabla N°40: Lista Maestra de Materiales y Componentes	113
Tabla N°41: Inventario Inicial de Materia Prima, Componentes y Producto Terminado. 114	
Tabla N°42: Primer semestre del PMP.....	114
Tabla N°43: Segundo semestre del PMP.....	115
Tabla N°44: Costo de Transacción de Compra	115
Tabla N°45: Costo Unitario de Almacenamiento.....	116
Tabla N°46: Gastos del Programa Actual de Compras.	117
Tabla N°47: Gastos del Programa Óptimo de Compras.....	119
Tabla N°48: Variación Absoluta y Relativa del Gasto del Programa de Compras	120
Tabla N°49: Inventario de Operaciones del DOP	122
Tabla N°50: Método para determinación de número de muestras, según la compañía GEC. 125	
Tabla N°51: Guía para la velocidad.	126
Tabla N°52: Factores de holgura.	127
Tabla N°53: Índice de Tablas de Medición de Tiempos Estándar.	129
Tabla N°54: Operación D.3. Cepillado	131
Tabla N°55: Operación D.5. Limpieza y esmerilado	131
Tabla N°56: Operación D.7. Maquinado 1.1.....	132
Tabla N°57: Operación E.3. Limpieza y esmerilado.....	133
Tabla N°58: Operación E.5. Maquinado 2.1	134
Tabla N°59: Operación E.7. Cilindrado exterior.....	135

Tabla N°60: Operación E.9. Roscado exterior	136
Tabla N°61: Operación E.11. Cilindrado exterior (50°).....	136
Tabla N°62: Operación F.2. Maquinado E.1	138
Tabla N°63: Operación G.3. Punto centro.....	138
Tabla N°64: Operación G.5. Taladrado.....	139
Tabla N°65 Operación G.7. Maquinado 3.1	140
Tabla N°66: Operación H.2. Ensamblaje de perno	141
Tabla N°67: Operación H.3. Inspeccionar piezas	142
Tabla N°68: Operación H.4. (Rectificación si es necesario).....	143
Tabla N°69: Operación H.5. Apilar piezas.....	143
Tabla N°70: Operación H.6. Ordenar las piezas	144
Tabla N°71: Operación H.7. Pintar (base).....	145
Tabla N°72: Operación H.8. Pintar (spray, acabado).....	146
Tabla N°73: Operación H.9. Embolsar cada pieza.....	147
Tabla N°74: Operación I.3. Corte.....	148
Tabla N°75: Operación I.5. Cilindrado	148
Tabla N°75: Operación I.6. Recoger piezas	149
Tabla N°77: Operación I.8. Esmerilado	150
Tabla N°78: Operación I.10. Punto centro	151
Tabla N°79: Operación I.12. Taladrado	152
Tabla N°80: Operación I.14. Ordenar las piezas	153
Tabla N°81: Operación I.15. Pintar (base)	153
Tabla N°82: Operación I.16. Pintar (spray, acabado).....	154
Tabla N°83: Operación I.17. Embolsar cada pieza	155
Tabla N°84: Operación J.1. Empaquetar	156
Tabla N°85: Tiempo Estándar y Ratio de Procesamiento.	157
Tabla N°86: Resumen de Ratio de Llegadas.	163
Tabla N°87: Cálculo del Coeficiente de Variación del tiempo de operación.....	164
Tabla N°88: Evaluación de colas en las operaciones.	165
Tabla N°89. Resumen del diagnóstico actual del Tiempo de Ciclo.	167
Tabla N°90: Nuevas condiciones de operación.	168
Tabla N°91: Nuevos resultados de operación.	169

Tabla N°92: Resumen del estado propuesto.....	171
Tabla N°93: Variación Absoluta y Variación Relativa.	172
Tabla N°94: Requerimientos del Cliente.....	172
Tabla N°95: Requerimientos Funcionales.....	173
Tabla N°96: Valores objetivo para los Requerimientos Funcionales.....	175
Tabla N°97: Tolerancias en los Requerimientos Funcionales.....	176
Tabla N°98: Gráficas de Análisis “Capability Sixpack – Normal”.....	177
Tabla N°99: Medición de los Requerimientos Funcionales.....	177
Tabla N°100: Límites de Especificación Superior e Inferior	189
Tabla N°101: Desviación Estándar, Capacidad del Proceso e Índice de Capacidad....	189
Tabla N°102: Defectos por Millón de Oportunidades, Porcentaje de Defectos, Porcentaje de Rendimiento y Sigma del Proceso.	190
Tabla N°103: Defectos por Millón de Oportunidades, Porcentaje de Defectos, Porcentaje de Rendimiento, y Sigma del Proceso	190
Tabla N°104: Variación Absoluta y Relativa de los Defectos por Millón de Oportunidades.....	191
Tabla N°105: Reducción en reprocesos semanales.	191
Tabla N°106 Costos Unitarios de Reproceso	192
Tabla N°107: Costos unitarios de la mano de obra	193
Tabla N°108. Costo Unitario de Operación para Reproceso.....	194
Tabla N°109: Ahorro anual.	194

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro N°01: Operalización de variables.....	07
Cuadro N°02: Factores y criterios de evaluación analítica de un puesto de trabajo	26
Cuadro N°03: Características básicas del Coaching	28
Cuadro N°04: Lista de autoevaluación para un coach.....	28
Cuadro N°05: Niveles del Empowerment	31
Cuadro N°06: Etapas fundamentales del Estudio de Métodos	37
Cuadro N°07: Diferencia entre los tipos de Supervisión de Apoyo	46
Cuadro N°08 : Metodología de 5S	58
Cuadro N°09: Listado de evidencia de la implementación.....	76
Cuadro N°10: Cuadro Resumen de las Metodologías de Ingeniería Industrial.....	76
Cuadro N°11: Calidad de los resultados en la suavización exponencial triple aditiva	111
Cuadro N°12: Calidad de los resultados en la suavización exponencial triple multiplicativa.....	112
Gráfico N°13: Correlaciones entre Requerimientos Funcionales.....	175
Cuadro N°14: Flujo de Caja para tres años.	¡Error! Marcador no definido.
Cuadro N°15: Pérdidas Ecoómicas.....	168

INTRODUCCIÓN

En la presente investigación se aborda el planteamiento de una gestión de mejora en el área de producción como en calidad, utilizando herramientas desde MRP, Casa de Calidad entre otros, los cuales, nos permiten evaluar el cómo fue, el cómo debe ser y el cómo debería ser su desarrollo eficiente de la empresa para reducir los costos operativos.

La empresa objeto de estudio es “Estructuras Metálicas Virgen de la Puerta SAC”, empresa del rubro manufactura, sobre la cual se realiza el análisis y propuesta de mejora.

En el capítulo 1 se detallan las generalidades de la investigación teniendo presente la realidad problemática lo cual nos impulsa a formular minuciosamente el problema a desarrollar con sus objetivos correspondientes y así poder plantear la hipótesis cerrando con la determinación de las variables.

En el capítulo 2 se hace una revisión de los antecedentes tanto internacional, nacional y local los cuales son de aval para el desarrollo de la investigación; así mismo se informa sobre la base teóricas y marco conceptual para la comprensión como para el entendimiento del tema a desarrollar.

En el capítulo 3 se desarrolla el diagnóstico de la realidad actual de la empresa desde la parte estructural como su gestión en su proceso productivo; también, los diversos factores que afectan tanto negativa como positivamente a la empresa.

En el capítulo 4 se describe la propuesta de mejora que responde al problema de investigación.

En el capítulo 5 se realiza la evaluación económica y financiera que permitirá dar la objetividad de la propuesta mostrando los resultados y realizando su análisis y discusión de la misma.

CAPÍTULO 1:

GENERALIDADES DE LA INVESTIGACIÓN

I. GENERALIDADES DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. Realidad problemática

La industria de la fundición europea es un sector diferenciado y muy diverso. Europa ocupa el tercer lugar en el mundo en la fundición de metales ferrosos y la segunda en la de metales no ferrosos. La producción anual de piezas fundidas en la Unión Europea tras la ampliación se eleva a 11.7 millones de toneladas de piezas fundidas de metales ferrosos y 2.8 millones de toneladas de no ferrosos. Así mismo, los tres mayores productores europeos son Alemania, Francia e Italia, con una producción anual total de más de dos millones de toneladas de piezas fundidas cada uno. En los últimos años, España ha sustituido a Gran Bretaña en el cuarto puesto como podemos observar el Cuadro N°1, elevándose la producción de cada uno de estos países a más de un millón de toneladas de piezas fundidas. En total, estos cinco países concentran más del 80 % del total de la producción europea. Aunque el volumen de producción se ha mantenido relativamente estable durante los últimos años, ha habido un descenso en el número total de fundiciones (actualmente unas 3 000 unidades), lo que ha repercutido en el número de puestos de trabajo (actualmente unos 260 000 trabajadores). Esta evolución puede explicarse por el progresivo aumento de escala y la automatización de las unidades de fundición. A pesar de ello, la industria de la fundición sigue siendo predominantemente una industria de pequeñas y medianas empresas, con un 80 % de empresas con menos de 250 trabajadores. REEFC (Registro Estatal de Emisiones y Fuentes Contaminantes de España), 2008.

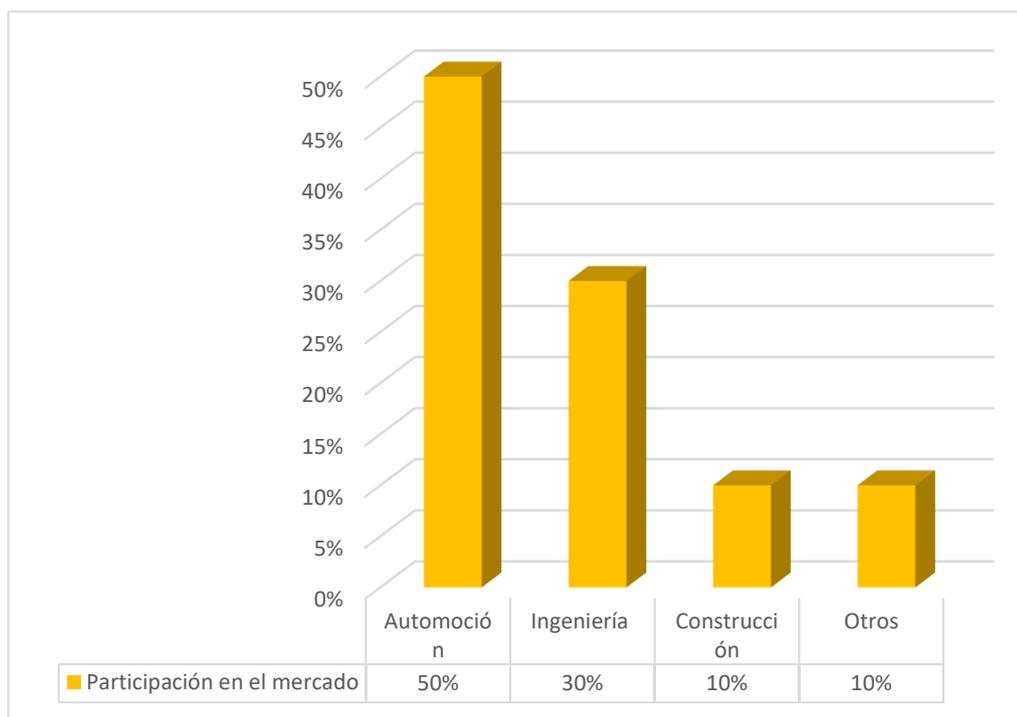
Asimismo, los principales mercados abastecidos por la industria de la fundición son el sector de la automoción (50 % de la cuota de mercado), de la ingeniería general (30 %) y de la construcción (10 %) como se puede observar en el Gráfico N°1. La tendencia cada vez mayor a fabricar vehículos más ligeros en la industria de la automoción ha llevado aparejado un aumento del mercado de piezas fundidas de aluminio y magnesio. Mientras que la mayoría de las piezas fundidas de hierro se dirigen al sector de la automoción (más del 60 %), las de acero centran su mercado en la industria de la construcción, la maquinaria y la fabricación de válvulas. REEFC (Registro Estatal de Emisiones y Fuentes Contaminantes de España), 2008.

Tabla N°01: Producción total de fundiciones férreas en Europa (miles de toneladas)

País	2002	2003	2004	2005	2006	Total
Alemania	3,218.2	3,496.5	3,295.1	3,417.1	3,662.9	17,089.8
Francia	1,976.7	2,071.9	1,988.7	2,122.8	2,250.6	10,410.7
Italia	1,426.1	1,613.1	1,488.7	1,521.2	1,508.4	7,557.5
España	1,126.6	1,218.0	1,242.0	1,202.0	1,076.3	5,864.9
Gran Bretaña	744.6	779.4	762.2	732.5	675.0	3,693.7
Polonia	644.0	704.9	726.5	751.0	706.6	3,533.0
Suecia	243.0	267.2	244.4	251.3	264.4	1,270.3
Bélgica	187.0	183.6	180.4	169.0	144.4	864.4
Austria	158.1	176.5	166.7	170.0	190.0	861.3
Holanda	129.6	137.6	123.3	137.4	146.0	673.9
Suiza	115.2	129.0	111.3	113.9	122.8	592.2
Finlandia	99.6	120.9	118.0	123.6	122.6	584.7
Portugal	89.7	69.1	94.3	96.9	98.6	448.6
Hungría	52.5	57.0	73.9	78.1	78.1	339.6
Dinamarca	70.2	94.2	74.5	85.1	0.0	324.0
Noruega	56.9	63.1	55.5	62.6	65.3	303.4
Total	10,338.0	11,182.0	10,745.5	11,034.5	11,112.0	

Fuente: (Comité de Asociaciones de Fundiciones Europeas; 2008)

Gráfico N°1: Principales mercados abastecidos por la Industria de la Fundición



Fuente: Elaboración propia

En el ámbito nacional nos encontramos con la empresa de Fundición férrea SiderPerú que, a pesar de ser agravada en el por políticas populistas e irracionales que descapitalizaron la empresa, mediante subsidios indiscriminados que obligaban a la empresa a vender el acero por debajo de su costo de producción, siguió un marco de crecimiento con una estrategia de una gigante de la industria del acero que apuesta por la racionalidad en los costos. Por otro lado, la empresa aumentó su capacidad de producción anual en 650,000 toneladas de acero líquido, contando para ello con un Alto Horno y un Horno Eléctrico. Esto lo desarrolló adoptando el Sistema de Self Assessment & Assessment del GBS (Gerdau Bussines System), que es el conjunto de las mejores prácticas de la organización en todos los procesos del negocio; en él se definen la estructura y metodología necesarias para el sostenimiento del mismo; sin dejar de lado a las Auditorías Internas del SIG (Sistema Integrado de Gestión) que se complementan como un gran Sistema de Evaluación y Mejora Continua que maneja SiderPerú. Memoria Anual de SiderPerú presentada en la Bolsa de Valores, 2014.

Laborando bajo la Industria de la Fundición, en Trujillo la Libertad, nos encontramos en la empresa Estructuras Metálicas: “Virgen de la Puerta S.A.C.”; esta empresa centra su mercado en el sector de la construcción, que de acuerdo al Instituto Nacional de Estadística e Informática (2007), tuvo un leve crecimiento de 1.68%.

Virgen de la Puerta S.A.C. es una pequeña empresa que hace 26 años inició sus actividades produciendo hornos de pollerías, balanzas, ventanas, puertas y escaleras; pero debido a las necesidades del mercado, la competencia y los costos de operaciones, 9 años atrás cambió su giro de negocio y hasta la fecha se dedica a la fabricación y venta de plomadas de construcción.

La empresa produce y vende 5000 plomadas mensuales; el 50% de estas plomadas son distribuidas en la ciudad de Lima; el 30%, en la ciudad de Chiclayo y el 20 % restante son vendidas en la ciudad de Trujillo. Estas ventas son producto de alianzas y una cartera de clientes seleccionada y de confianza que maneja la empresa.

Los procesos desarrollados en la empresa podemos resumirlos en dos grandes bloques según las dos plantas con las que cuenta la empresa: Planta de Fundición y la Planta de acabado. En la primera se realiza el proceso de fundición, en el cual se procesan 10 toneladas de fierro como materia prima y 5 toneladas de carbón como material de combustión , que dan como resultado (incluyendo un rango de 5% y 10% de piezas no conformes) 9800 plomadas. El proceso de fundición es bajo tierra y se hace uso de un horno Cubilote que fue fabricado y diseñado por el Gerente de la empresa haciendo uso de sus conocimientos y su experiencia. El proceso comienza cuando el horno es calentado haciendo uso de 400 kg de carbón de piedra que son vaciados por la parte superior del horno, luego 2 operarios vacían 400kg de metal y nuevamente 400 kg de carbón para que se lleve a cabo la combustión y por ende la fundición del metal, van alternando esta operación durante todo el proceso. Por la parte inferior del horno, se encuentra una boquilla de salida, donde 8 operarios esperan recibir el metal líquido para llevarlos en baldes especiales cubiertos por material refractario (2 operarios son encargados de la preparación de los baldes) y poder vaciar el fluido en los moldes bajo tierra. hacia el horno. Esta operación es supervisada por 1 maestro de fundición. En total, el día en que la planta realiza la actividad de fundición, laboran 13 operarios y cuentan con la presencia del Gerente.

Es necesario mencionar que el proceso de fundición es realizado una vez cada dos meses y el resto del tiempo laboran 2 operarios (un maestro y un ayudante) preparando la tierra para la fundición y realizando los moldes en donde será vaciado el fluido.

Cuando termina la actividad de la fundición, se espera un día para que las piezas bajo la tierra queden listas para ser retiradas, actividad que en la empresa la llaman “cosecha”. Esta cosecha dura 10 horas y 6 operarios la realizan en un día. Las piezas cosechadas, muchas veces tienen fallas como ya se mencionó entre el 5% y el 10% son rechazadas, en cantidad serían aproximadamente entre 500 y 980 plomadas defectuosas.

Las piezas que pasaron el control son trasladadas hacia la Planta de Acabado donde laboran 8 operarios, encargados de darles el acabado final a las piezas como: refrentado, torneado, taladrado, pintado y empaquetado. Estas operaciones se realizan con la ayuda de 1 taladro, 5 tornos industriales y otras herramientas de maquinado. En la última planta también se almacenan las piezas terminadas y listas para su distribución. Habiendo introducido los dos principales procesos que realiza la empresa, en ambas plantas se pudieron observar algunos inconvenientes:

- La empresa tiene falta de estandarización en el área de acabado respecto al tiempo de producción, lo cual genera tiempos perdidos durante el periodo de trabajo, el tiempo de ciclo de producción de las piezas es de 9 minutos, pero los operarios utilizan un tiempo de 12 minutos para la fabricación, esto conlleva a una pérdida económica de S/. 22,537.97
- La empresa cuenta con una planificación de la producción ineficiente, tienen exceso de inventario de materia prima, durante el proceso de producción se necesita algún material extra para terminar la fabricación de la pieza y esto ocasiona que los operarios tengan tiempo ocioso, además se retribuye horas extras para obtener la meta semanal de producción, por ello se tiene una pérdida económica de S/. 15,158.
- Se observa personal desmotivado, cansado, con estimulación inadecuada, por ello se tiene una pérdida económica de S/. 9,686.14
- Existe falta de limpieza, orden y organización en la empresa, lo que provoca accidentes dentro de ella, poco espacio disponible de la planta, desperdicios tirados en el suelo, materia prima mal almacenada, teniendo este problema una pérdida económica de S/. 11,704.50
- Los operarios no son capacitados, por lo tanto, no están entrenados para hacer bien su trabajo, tienen bajo rendimiento en el trabajo y poco compromiso con la empresa, esto conlleva a una pérdida económica de S/. 9,040.40
- Un problema identificado en la empresa es la inadecuada iluminación en torno a ella, esto hace que los operarios no terminen su trabajo en el horario establecido,

por lo tanto, tienen tiempos de ocio, teniendo una pérdida económica de S/. 6,174.36

- Se observa presencia de impurezas en la materia prima y en el material de combustión, este problema hace que se genere bastante escoria al momento de fundir el hierro, para lo anterior se pierde tiempo por retirar la escoria generada y realizarle una limpieza para continuar con el proceso, también existe un almacenamiento de esta misma, lo que origina una pérdida económica de S/. 3,744.56
- En la fundición, la empresa tiene una inadecuada preparación de la Tierra, lo cual esto crea productos defectuosos que se tienen que reprocesar, limpiar y rectificar manualmente, empleando una mano de obra adicional, este problema origina una pérdida económica de S/. 3,634.50
- También se tiene una falta de estandarización en el área de fundición, en donde se está empleando material de combustión y materia prima de más, lo cual crea una pérdida de S/. 2,228.
- Se tiene un inadecuado peso del producto final, sobre pasando el peso normal de los productos, empleando más materia prima, y de esta manera se está teniendo un 19.88% de productos en reproceso generando una pérdida económica de S/.279, 399.

1.2. Formulación del Problema:

¿Cuál es el efecto que tendrá la propuesta de mejora en la gestión de producción y calidad sobre los costos operativos de la empresa Estructuras Metálicas “Virgen de la Puerta S.A.C.”?

1.3. Delimitación de la investigación:

El trabajo de investigación se desarrollará las áreas de producción y calidad de la empresa Estructuras Metálicas “Virgen de la Puerta SAC.”

1.4. Objetivos del Proyecto:

1.4.1. Objetivo general

- Reducir los costos operativos de la empresa Estructuras Metálicas “Virgen de la Puerta S.A.C.”.

1.4.2. Objetivos específicos

- Presentar el diagnóstico de la situación actual en el área de producción y calidad de la empresa Estructuras Metálicas “Virgen de la Puerta SAC”

- Plantear la mejora de la gestión de Producción en los procesos de la empresa Estructuras Metálicas “Virgen de la Puerta SAC.”.
- Plantear la mejora de la gestión de Calidad en los procesos de la empresa Estructuras Metálicas “Virgen de la Puerta SAC.”.
- Evaluar económica y financieramente el impacto de la propuesta efectuada en la gestión de Producción y Calidad de la empresa.

1.5. Justificación

A. Criterio teórico

El presente proyecto permite el análisis de la situación actual de la empresa, así como la detección de oportunidades de mejora a través de la aplicación de herramientas y metodologías enfocadas en la mejora de las áreas de producción y calidad. Por otra parte, sirve como guía de consulta para los trabajadores de la empresa Estructuras Metálicas “Virgen de la Puerta S.A.C.”, acerca de la aplicación y beneficios obtenidos con la correcta implementación de las herramientas y metodologías propuestas.

B. Criterio aplicativo didáctico

El presente proyecto pone en práctica el uso de herramientas y metodologías que pueden ser utilizadas por las empresas locales interesadas en el crecimiento sostenible de su empresa. Así mismo, debido a que se explica detalladamente los pasos seguidos en cada implementación, se está fomentando y facilitando el surgimiento de iniciativas de mejora continua en la empresa Estructuras Metálicas “Virgen de la Puerta S.A.C.”.

C. Criterio valorativo

El presente proyecto tiene impacto en el enfoque del negocio actual, promoviendo la búsqueda de la mejora continua. La generación de valor de este proyecto, influye tanto en los clientes internos como en los clientes externos. Los clientes internos lograrán un mejor desempeño debido a un mejor entendimiento los procesos y de la calidad. Así mismo, los clientes externos presentarán mejores niveles de satisfacción, debido al cumplimiento de sus requerimientos en las condiciones acordadas.

D. Criterio académico

El presente proyecto sirve como referencia para estudios posteriores, y como apoyo para los futuros investigadores. Además, servirá como una prueba de lo aprendido a lo largo de la carrera universitaria, con el fin de recibir el grado social de Ingenieros Industriales.

1.6. Tipo de Investigación.

Por la orientación: Investigación Aplicada

Por el diseño: Pre – Experimental

1.7. Hipótesis.

La implementación de la propuesta de mejora en la gestión de producción y calidad reducirá los costos operativos de la empresa Estructuras Metálicas “Virgen de la Puerta S.A.C.”

1.8. Variables.

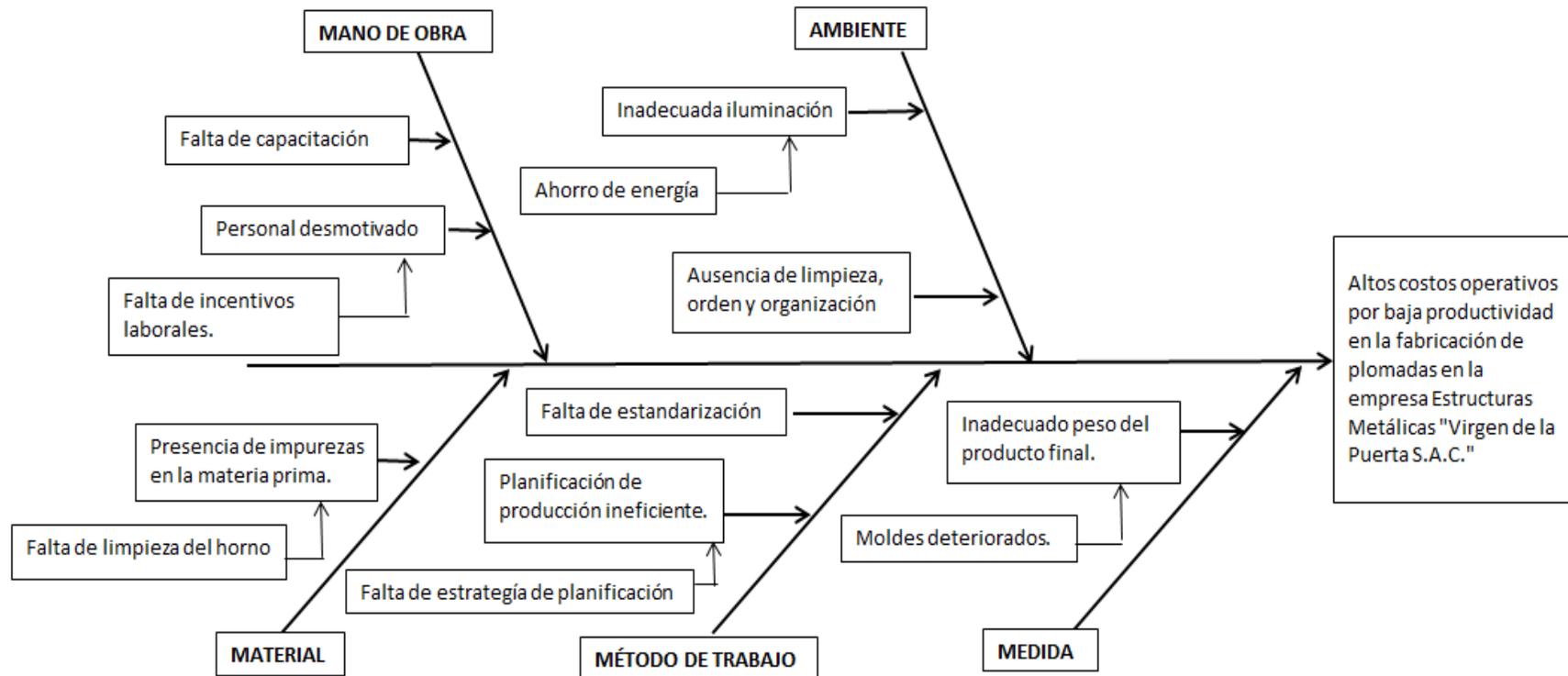
A. Variable Independiente:

VI: Propuesta de Mejora en la gestión de Producción y Calidad.

B. Variable Dependiente:

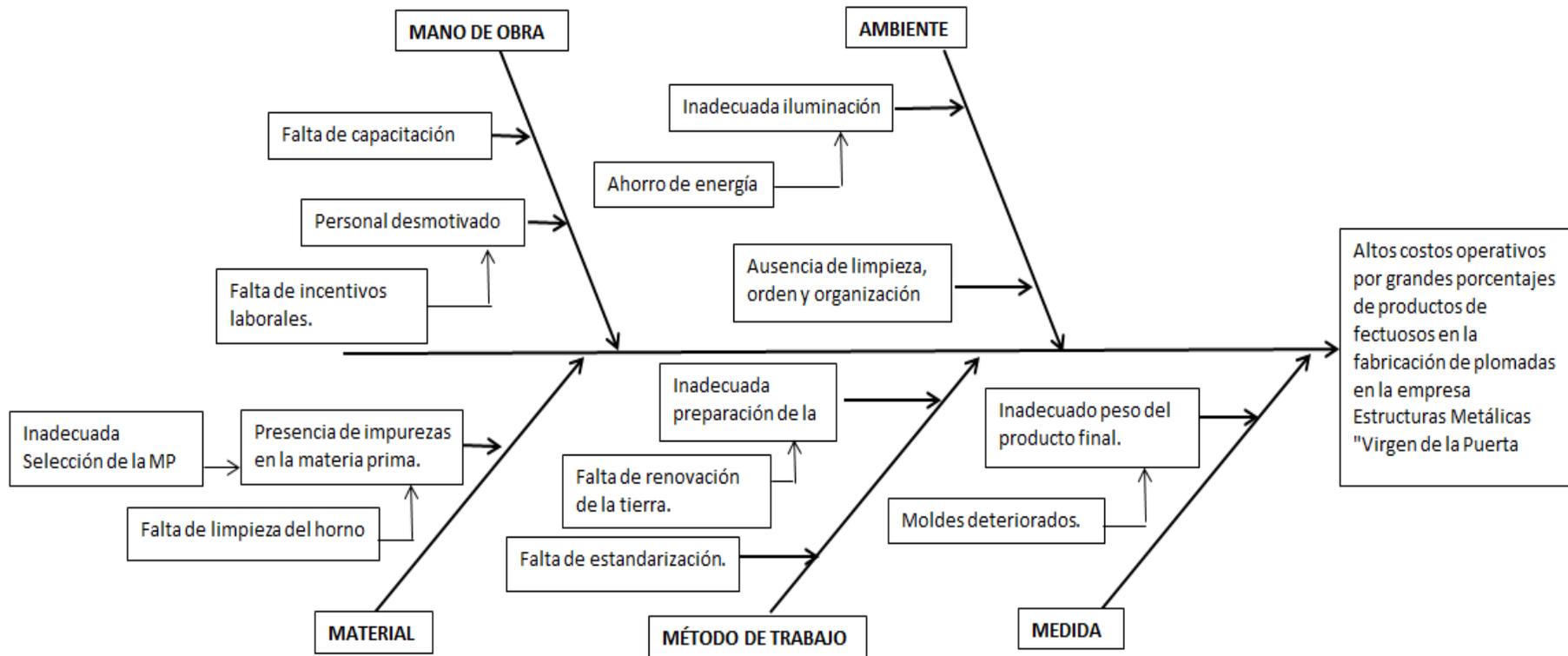
VD: Costos operativos de la empresa Estructuras Metálicas “Virgen de la Puerta S.A.C.

Diagrama N°01: Diagrama de Ishikawa del área de Producción



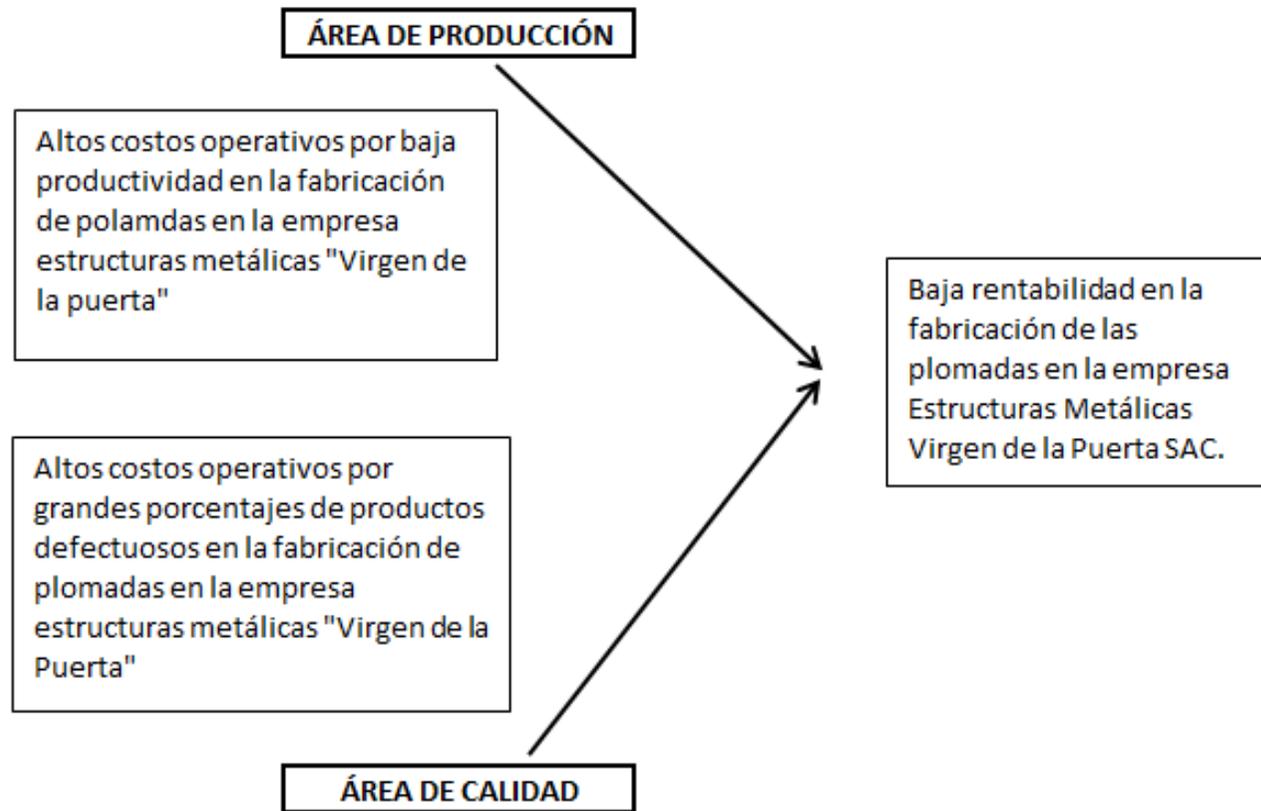
Fuente: Elaboración Propia

Diagrama N°02: Diagrama de Ishikawa del área de Calidad



Fuente: Elaboración Propia

Diagrama N°03: Diagrama de Ishikawa Integrado



Fuente: Elaboración Propia

1.7. Matriz de Operacionalización de variables.

Cuadro N°1: Cuadro Resumen de las Metodologías de Ingeniería Industrial

PROBLEMA DE INVESTIGACION DEL PROYECTO									
¿Cuál es el efecto que tendrá la implementación del MRP, de la Teoría de Restricciones, de la Casa de la Calidad, y del Control Estadístico de la Calidad sobre la reducción de los costos operativos de la empresa Estructuras Metálicas “Virgen de la Puerta S.A.C.”?									
ÁREA	RESPONSABLE	PROBLEMA	ASPECTO	CAUSAS	METODOLOGIAS	TECNICAS /HERRAMIENTAS /NORMAS/ LEYES	LOGROS	INDICADORES	
								DESCRIPCION	FORMULA
PRODUCCIÓN	Bachiller García Correa Angie Miluska	¿Cuál es el efecto que tendrá la implementación del MRP y de la Teoría de Restricciones sobre la	PROD UCCI ÓN	PROGRA MACIÓN DE COMPRA S NO ÓPTIMA	MRP optimiza do con MILP	Modelo de Programación Lineal Entera	Minimizar los gastos de compras.	Medir la variación relativa del Gasto del Programa de Compras.	$\%Variación = \frac{Gasto\ del\ Programa_{\acute{o}ptimo} - Gasto\ del\ Programa\ Actual}{Gasto\ del\ Programa\ Actual} \times 100$
			PROD UCCI ÓN	ACUMULACIÓN DE INVENTARIO DE		Teoría de Colas	Medir el Tiempo de Procesamiento	Calcular el tiempo de Valor Agregado.	$T_p = \sum_{i=1}^n t_{p_i}$

	reducción de los costos operativos de la empresa Estructuras Metálicas “Virgen de la Puerta S.A.C.”?	PRODUC TOS EN PROCESO		Medir el Tiempo de Espera	Calcular el tiempo de espera.	$T_q = \sum_{i=1}^n \left(\frac{CV_{a_i} + CV_{p_i}}{2} \right) \left(\frac{u_i \sqrt{2(m_i+1)-1}}{m_i(1-u_i)} \right) t_{p_i}$	
				Medir el Tiempo de Ciclo	Calcular el Tiempo de Ciclo.	$CT = T_p + T_q$	
				Medir el Inventario de Productos en Proceso	Calcular el número de productos en proceso en espera.	$WIP = \sum_{i=1}^n WIP_i = \sum_{i=1}^n r_{a_i} \times t_{q_i}$	
				Teoría de Restricciones	Eliminar el Tiempo de Espera	Calcular la reducción del Tiempo de Espera.	$\%Variación = \frac{T_{iempo\ de\ Espera\ final} - T_{iempo\ de\ Espera\ inicial}}{T_{iempo\ de\ Espera\ inicial}} \times 100$
					Eliminar el Inventario de Trabajo en Proceso	Calcular la reducción del inventario de productos en proceso.	$\%Variación = \frac{WIP_{final} - WIP_{inicial}}{WIP_{inicial}} \times 100$

C A L I D A D	Bachiller Cruz Ruiz Sarita Lizbeth	¿Cuál es el efecto que tendrá la implementación de la Casa de la Calidad y del Control Estadístico de la Calidad sobre la reducción de los costos operativos de la empresa Estructuras Metálicas “Virgen de la Puerta S.A.C.”?	CALIDAD	DESCONEXIÓN ENTRE LOS REQUERIMIENTOS FUNCIONALES Y LA VOZ DEL CLIENTE	Despliegue de la Función de la Calidad	Casa de la Calidad	Traducir los Requerimientos del Cliente a Requerimientos Funcionales.	Asegurar la cobertura de los requerimientos del cliente.	$\%Cobertura = \frac{\#Requerimientos\ Funcionales}{\#Requerimientos\ del\ Cliente} \times 100$
			CALIDAD	ALTA CANTIDAD DE REPROCESOS	Control Estadístico de Procesos	Capability SixPack	Reducir el número de Reprocesos	Calcular la variación relativa en el número de reprocesos.	$\%Variación = \frac{Cantidad\ de\ Reprocesos_{final} - Cantidad\ de\ Reprocesos_{inicial}}{Cantidad\ de\ Reprocesos_{inicial}} \times 100$

Fuente: (Elaboración Propia)

1.8. Diseño de la Investigación.

Diseño Pre – Experimental con diseño de contrastación basado en método Pre Test – Post Test, se obtendría lo siguiente:

Diagrama N°04: Diseño de la Investigación



Fuente: Elaboración Propia

Dónde:

S1: Pre Test – Diagnóstico de las características e indicadores de la situación actual de la empresa Virgen de la Puerta S.A.C. (antes de la implementación de la Gestión de la Producción y Gestión de la Calidad)

X: Estímulo – Propuesta de implementación de Gestión de la Producción y Gestión de la Calidad.

S2: Post Test – Características e indicadores después de la aplicación del estímulo (X)

CAPITULO: 2

MARCO REFERENCIAL.

II. MARCO REFERENCIAL

2.1. Antecedentes de la Investigación.

Durante el desarrollo del presente proyecto, se realizaron investigaciones bibliográficas relacionadas con el objeto de estudio, entre los antecedentes consultados, tenemos los siguientes:

a. Internacional

Tesis: “Propuesta de mejoramiento de la productividad de la línea de camisetas interiores en una empresa de confecciones por medio de la aplicación de herramientas Lean Manufacturing” Universidad de San Buenaventura Cali. Facultad de Ingeniería. Colombia, 2013.

Elaborada por: Erazo De la Cruz, Deiby Alexander para optar el título de Ingeniero Industrial. Al realizar una propuesta para el mejoramiento de la productividad de la línea de camisetas interiores de la empresa Agatex S.A.S. utilizando herramienta de Lean Manufacturing se obtuvo un aumento de productividad de la línea en 48% (de 952 unidades diarias a 1409 unidades diarias), reduciendo el número de estaciones en 2 unidades, los tiempos muertos en un 8% sin necesidad de aumentar el personal operativo de esta línea de producción. Además, estas mejoras traen un aumento de ingresos de S/15,446.600 mensuales.

Tesis: “Propuesta para la implementación de técnicas de mejoramiento basadas en la filosofía de Lean Manufacturing, para incrementar la productividad del proceso de fabricación de suelas para zapato de la empresa Inversiones CNH S.A.S.” Pontificia Universidad Javeriana. Facultad de Ingeniería. Colombia, 2013.

Elaborada por: Silva Franco, Jorge Alexander para optar el título de Ingeniero Industrial. Elaborando la propuesta para la implementación de técnicas de mejoramiento continuo basado en la filosofía Lean Manufacturing que permita alcanzar una mejora considerable en el proceso de fabricación de suelas, en cuanto a la disminución de los siete desperdicios, el ordenamiento de la línea de producción y el aumento de valor agregado del proceso se pudo demostrar la efectividad teniendo como resultados un VPN de \$28,891.753 y una TIR del 152%, con lo que se puede concluir que es una muy buena oportunidad y se justifica la ejecución del proyecto para la empresa, ya que la TIR es superior a la tasa de oportunidad de la empresa y el VPN es positivo.

b. Nacional

Tesis: “Mejoras en el proceso de fabricación de Spools en una empresa metalmecánica usando la Manufactura Esbelta” Pontificia Universidad Católica del Perú. Facultad de Ciencias e Ingeniería. Lima, 2012.

Elaborada por: Córdova Rojas, Frank Pablo para optar el título de Ingeniero Industrial. En el Proyecto de investigación, se determinó que la propuesta de mejora en el proceso de fabricación de Spools hace posible la obtención de un modelo estructurado. Con el desarrollo de las etapas de este modelo, se encontró que para la aplicación de las herramientas Kanban y 5’S, se requiere esencialmente capacitación y una inversión en las tarjetas Kanban, con lo cual se puede inferir que únicamente con la capacitación en dichas herramientas se estaría logrando un impacto alto de 62.07%, un impacto medio de 44.83% y un impacto leve de 20.69% en los 29 defectos detectados. El VAN de la implementación de este proyecto es de \$150,618.35 dólares y un TIR de 29%, demostrando así que el proyecto resulta factible e interesante para la empresa metalmecánica pues supera sus expectativas de rentabilidad del 14% efectivo anual.

Tesis: “Análisis y propuesta de mejora del proceso productivo de una línea de confecciones de ropa interior en una empresa textil mediante el uso de herramientas de Manufactura Esbelta” Pontificia Universidad Católica del Perú. Facultad de Ciencias e Ingeniería. Lima, 2013.

Elaborada por: Mejía Carrera, Samir Alexander para optar el título de Ingeniero Industrial. La herramienta de Manufactura Esbelta de más prioridad es las 5’S. Los estándares obtenidos después de la implementación de las 5’S se deben complementar con los obtenidos debido al mantenimiento autónomo, de esta manera se debe sostener en el tiempo el OEE de 85% y así generar la ventaja competitiva buscada con la implementación de las herramientas de manufactura esbelta planteadas. El VAN de la implementación de este proyecto es de S/4,543.62 dólares y un TIR de 26%, concluyendo que la implementación es factible en la línea de algodón del área de confecciones para la familia de productos M003, M012 y M016.

c. Local

Tesis: “Aplicación de Lean Manufacturing en el área de Producción y su influencia en la rentabilidad de la empresa Producciones Nacionales TC EIRL” Universidad Nacional de Trujillo. Facultad de Ingeniería. Trujillo, 2015.

Elaborada por: Dávalos Ignacio, Geordy Abelardo para optar el título de Ingeniero Industrial. Mediante la aplicación de Lean Manufacturing en el área de producción de la empresa Producciones Nacionales TC EIRL se obtuvo un incremento de la rentabilidad en 0.65% mensual o 1.78% trimestral. Además, en el área de envasado es donde se generan los productos defectuosos, siendo estos inicialmente un 9.5% de la producción aproximadamente, al realizar una estandarización de procesos generó beneficio reduciendo los productos defectuosos a 5.6% de la producción.

Tesis: “Rediseño del flujo de valor en la producción de postes de concreto armado y centrifugado aplicando el método Value Stream Mapping para reducir el lead-time en la empresa Postes del Norte S.A. en el año 2016” Universidad Nacional de Trujillo. Facultad de Ingeniería. Trujillo, 2015.

Elaborada por: Takeda Luján, Kenky y Tam Aguirre, Manuel para optar por el título de Ingeniero Industrial. Esta investigación analiza el flujo de valor en una empresa perteneciente al sector manufacturero, flujo que se pretende rediseñar desde un «Estado actual» hacia un «Estado futuro» optimizado, ateniéndonos a la consideración de los diez lineamientos expuestos por Klaus Erlach para la aplicación exitosa del método «Value Stream Mapping». El enfoque orientado al cliente es propio del método empleado y difiere del enfoque tradicional orientado al pronóstico. Lo que se logró con la correcta aplicación de este método, en esta oportunidad fue 1) comprender la producción como la superposición de tres capas: flujo de materiales, flujo de procesos y flujo de información, 2) sincronizar la producción de acuerdo al takt-time, 3) eliminar las distintas manifestaciones de desperdicios, 4) asignar correctamente el número de recursos para cada proceso, 5) asignar correctamente el número de operarios al flujo de valor, 6) remodelar el sistema de control y planificación de la producción, y 7) remodelar el layout del «Estado actual» en búsqueda de un layout orientado al flujo.

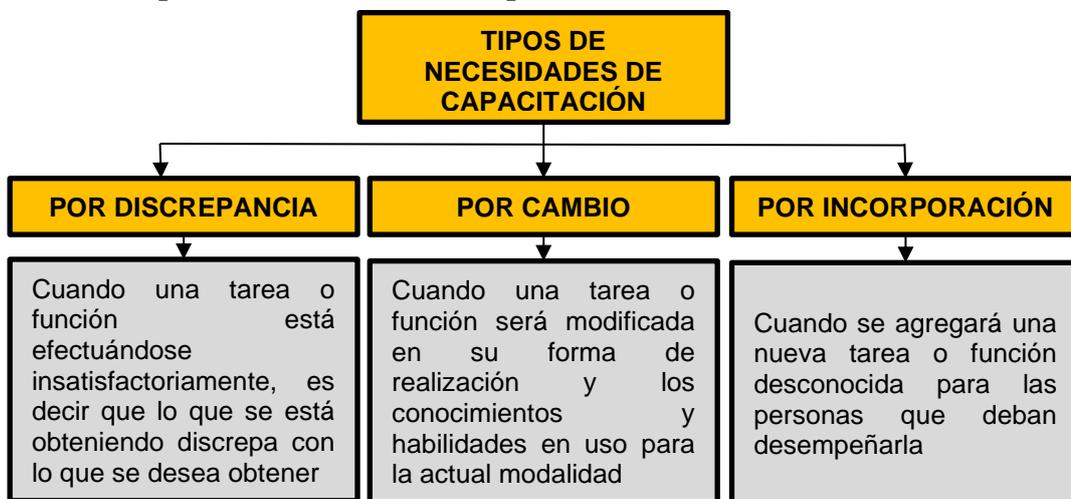
Bajo la consideración de que las mejoras deben ser globales y no locales, se ha medido el impacto del rediseño sobre el lead-time, que es un indicador de desempeño global. Se determinó que el efecto que se obtuvo con el rediseño del proceso productivo de postes de concreto armado y centrifugado aplicando el método Value Stream Mapping sobre el lead-time en la empresa Postes del Norte S.A., fue de una reducción del mismo, en 86.31%.

2.2. Bases Teóricas.

A. FALTA DE CAPACITACIONES

Estamos frente a una necesidad de capacitación, cuando una función o tarea requerida por la organización no se desempeña o no se podría desempeñar con la calidad necesaria por carecer quienes deben efectuarla de los conocimientos y/o habilidades requeridas para su ejecución en dicho nivel. Además, podemos agrupar en tres grandes conjuntos o tipos de necesidades de capacitación, que observaremos a continuación. Blake, O. (1987).

Diagrama N°05: Tipos de Necesidades de Capacitación



Fuente: (Blake, O.; 1987)

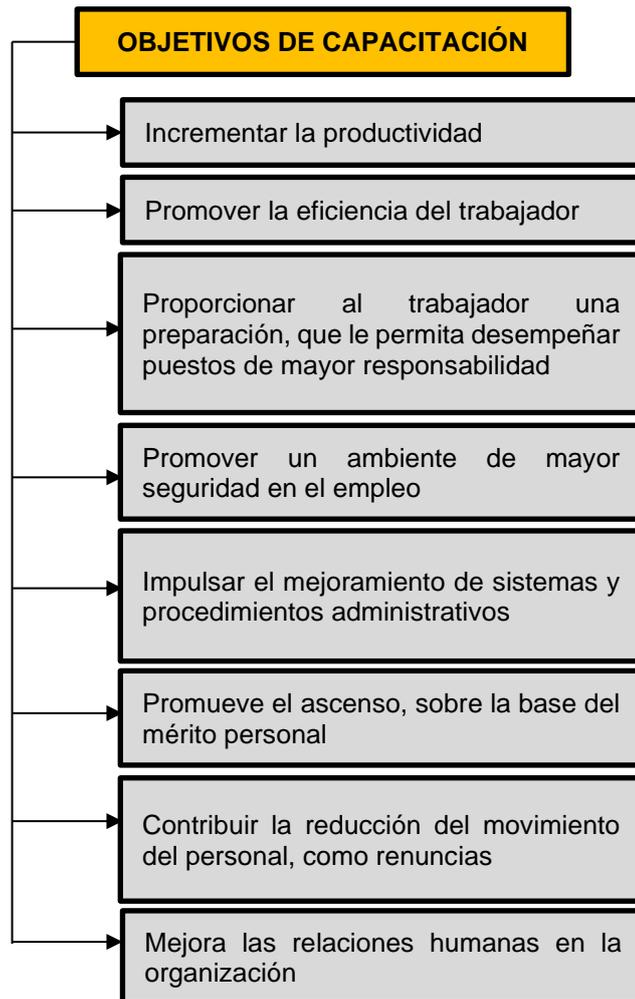
¿Qué objetivos debe tener la capacitación?

Para Chiavenato, I. (2013) los objetivos de la capacitación deben estar definidos en términos de comportamiento, ya que la preparación del personal es inmediata para la ejecución de diversas tareas dentro de un campo de trabajo. Los objetivos que este autor plantea los veremos en el Diagrama N° 06, en la siguiente página.

¿Qué tipos de capacitación podemos emplear en la empresa?

La capacitación constituye un proceso educativo por medio del cual se instruye al trabajador para un adecuado desempeño en el cargo correspondiente dentro de la empresa. La capacitación debe ser acorde a la función que ha de cumplir el trabajador, seleccionando, previos estudios, el tipo de capacitación que se adecue a dichas necesidades. Para Rodríguez, J. (2007), existen diferentes tipos de capacitación, los cuales se visualizarán en el Diagrama N° 07.

Diagrama N°06: Objetivos de la Capacitación



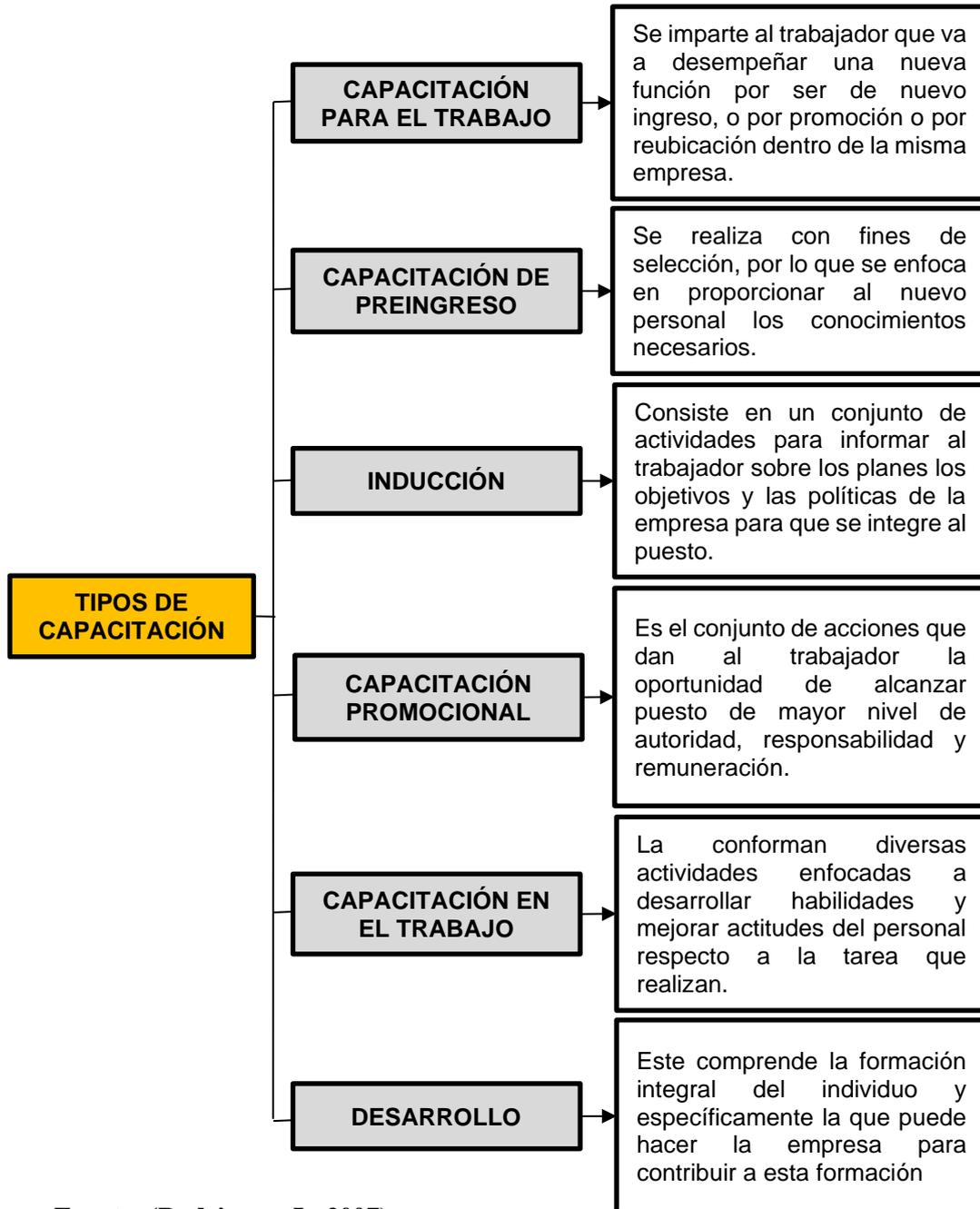
Fuente: (Chiavenato, I.; 2013)

¿Cuál es el proceso adecuado para la capacitación?

La capacitación es un proceso cíclico y continuo que pasa por cuatro etapas:

1. El diagnóstico, consiste en realizar un inventario de las necesidades o las carencias de capacitación que deben ser atendidas o satisfechas. Las necesidades pueden ser pasadas, presentes o futuras.
2. El diseño consisten en preparar el proyecto o programa de capacitación para atender las necesidades diagnosticadas.
3. La implantación es ejecutar y dirigir el programa de capacitación.
4. La evaluación consiste en revisar los resultados obtenidos con la capacitación.

Diagrama N°07: Tipos de capacitación



Fuente: (Rodríguez, J.; 2007)

b) Perfil de Puestos

Según Llana, J. (2007) el perfil de puestos es un método que pretende realizar una valoración desde el punto de vista objetivo, es decir, cuantificando todas las variables que definen las condiciones de trabajo de un puesto concreto.

El método perfil del puesto comprende la evaluación de 27 factores de riesgo agrupados en 8 categorías. Concebido para analizar puestos de trabajos de cadenas de montaje,

trabajos repetitivos y de ciclo corto. En el Cuadro N°02 veremos los factores y criterios de evaluación analítica de un puesto de trabajo.

Cuadro N°02: Factores y criterios de evaluación analítica de un puesto de trabajo

CONCEPCIÓN DEL PUESTO		Altura- alejamiento	1	
		Aprovisionamiento- evacuación	2	
		Estorbos- accesibilidad	3	
		Mandos- señales	4	
FACTOR DE SEGURIDAD		A Seguridad	5	
FACTORES ERGONÓMICOS	<i>Ambiente físico</i>	B	Ambiente térmico	6
			Ambiente sonoro	7
			Iluminación artificial	8
			Vibraciones	9
			Higiene atmosférica	10
			Aspecto del puesto	11
	<i>Carga física</i>	C	Potura principal	12
			Postura más favorable	13
			Esfuerzo de trabajo	14
			Postura de trabajo	15
			Esfuerzo de manutención	16
	<i>Carga nerviosa</i>	D	Operaciones mentales	18
			Nivel de atención	19

FACTORES PSICOLÓGICOS Y SOCIOLOGICOS	<i>Autonomía</i>	E	Autonomía individual	20
			Autonomía de grupo	21
	<i>Relaciones</i>	F	Relaciones independientes del trabajo	22
			Relaciones dependientes del trabajo	23
	<i>Repetitividad</i>	G	Repetitividad del ciclo	24
	<i>Contenido del trabajo</i>		Potencial	25
			Responsabilidad	26
			Interés del trabajo	27

Fuente: (Llaneza, J. 2007)

c) Coaching

Según Roman, J. y Ferrández M. (2008) el Coaching es una de las habilidades críticas del liderazgo contemporáneo, debido a los cambios tan profundos y tan rápidos que se están produciendo, el líder requiere generar y aplicar un aprendizaje que responda a las necesidades del momento. Provocar un aprendizaje que se dé en la misma dinámica del trabajo.

El Coaching encaja perfectamente en el modelo de aprendizaje del liderazgo, ya que posibilita al líder aprender, modificar y aplicar un enfoque adecuado en una determinada situación empresarial.

El coach no es más que una figura que se preocupa de planificar el crecimiento personal y profesional de las personas. Desde este punto de vista, el coach es un líder. En el cuadro N° 04 veremos una lista de autoevaluación para un coach.

El coachee es la persona que ha decidido requerir los servicios del coach para que lo ayude a enfocar un momento de su vida, relacionado con su evolución personal o con su promoción profesional.

Los líderes que hacen Coaching tienen habilidades como:

- Generan más lealtad, lo cual se traduce en una fidelidad más elevada de los coachees.

- Comunican una expectativa de mejora continua, que conduce a mejorar constantemente el desempeño y la productividad.
- Están mejor informados de los problemas y de los asuntos de la organización.
- Crean un clima de trabajo en el que existe una comunicación abierta, directa y franca y una cultura donde los problemas se afrontan y se resuelven con rapidez.

Cuadro N°03: Características básicas del Coaching

1	La visión es concreta, basada en hechos.	Se focaliza en comportamientos que pueden ser mejorados y en los aspectos objetos y descriptivos del desempeño. Este solamente puede ser mejorado cuando puede ser descrito de forma precisa.
2	Existe la interactividad. Quien habla más debería ser el coachee.	En las conversaciones de coaching se intercambia información, se hacen preguntas y se dan respuestas, se intercambian ideas.
3	La responsabilidad es conjunta, no únicamente del coach.	Tanto el coach como coachee detentan una responsabilidad compartida para trabajar juntos en la mejora continua del desempeño. Ambos comparten la responsabilidad de conseguir que la conversación resulte de la máxima utilidad posible.
4	La forma es específica. Existe una estructura.	La forma está determinada por dos factores primordiales: una meta de la conversación claramente definida.

Fuente: (Roman, J. y Ferrández M. 2008)

Cuadro N°04: Lista de autoevaluación para un coach

POSIBLES PREGUNTAS		SÍ	NO
1	¿Demuestra usted interés en el desarrollo de carrera, y no sólo en el desempeño a corto plazo?		
2	¿Brinda usted tanto apoyo como economía?		

3	¿Establece metas altas pero alcanzables?		
4	¿Sirve usted como un modelo de conducta?		
5	¿Comunica las estrategias de negocios?		
6	¿Trabaja con el individuo a quien hace el coaching para generar nuevos enfoques?		
7	¿Antes de dar el feedback observa cuidadosamente y sin prejuicios al individuo a quien hace el coaching?		
8	¿Separa las observaciones de los juicios o suposiciones?		
9	¿Prueba sus teorías sobre la conducta de una persona antes de actuar?		
10	¿Es cuidadoso en el sentido de evitar usar su propio desempeño como criterio para medir a otros?		
11	¿Centra su atención y evita distracciones cuando alguien le está hablando?		
12	¿Parafrasea o usa algún otro método para clarificar qué es lo que se está diciendo en la una discusión?		

Fuente: (Román, J. y Ferrández M. 2008)

¿Cómo funciona el Coaching?

El Coaching funciona a través de una conversación en el cual aparecen compromisos mutuos.

- Por parte del coach: Obtener un resultado superior, honestidad con lo que ocurre y disposición hacia el logro.
- Por parte del coachee: El resultado que tendrá su coachee será más elevado que el que lograría el coachee por sí mismo. En ocasiones, los coaches trabajan también con los estados de ánimo (las denominadas “cuestiones de actitud”)

B. PERSONAL DESMOTIVADO

a) Motivación constante al personal.

Según Urcola, J. (2011) “Hay que motivar para que los colaboradores cumplan con su cometido, pero sobre todo hay que motivar para integrar, comprometer y satisfacer”

¿Para qué motivar?

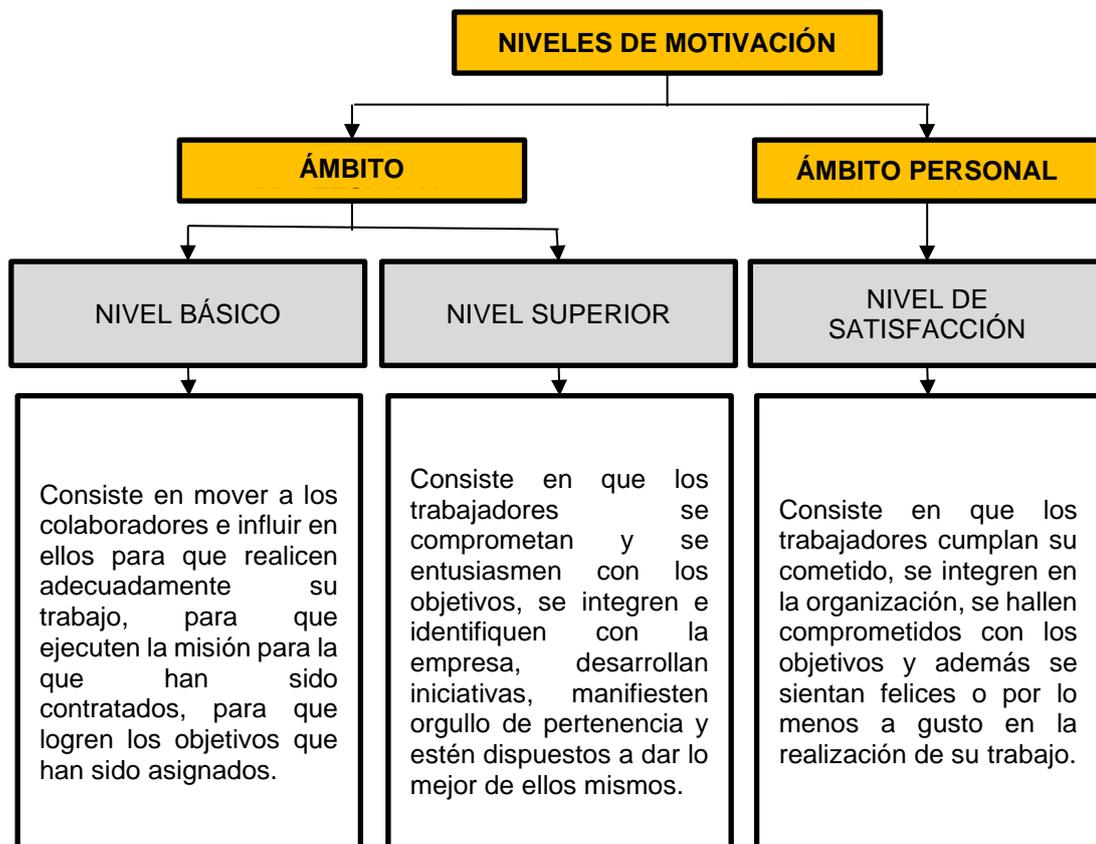
Motivar a los colaboradores, junto a hacer equipo, formales, informales y evaluarles, es una obligación de todo jefe.

Todo responsable de personas, además de dirigir a través de una reflexiva planificación, adecuada organización, puntual ejecución, necesaria coordinación, y eficiente control, debe dedicar tiempo y atención a los miembros de su equipo, esto constituye una necesidad básica y esencial en el ejercicio de la dirección.

¿Hasta qué nivel debemos motivar a los colaboradores?

Existen tres niveles o finalidades por las cuales es preciso motivar a los colaboradores: dos pertenecientes al ámbito profesional y uno al personal.

Diagrama N° 08: Niveles de motivación



Fuente: (Urcola, J. 2011)

b) Empowerment

Según Yohann, J. (2002) nos dice que Empowerment es una herramienta de la calidad total que, en los modelos de mejora continua y reingeniería, así como en las empresas ampliadas provee de elementos para fortalecer los procesos que llevan a las empresas a su desarrollo.

¿Cómo integrar a la gente hacia Empowerment?:

La gente hace lo que usted espera que hagan. Lo cual es un arma de dos filos. Si usted no espera nada de ellos, evidentemente, la gente no hará nada. Pero si usted espera todo, entonces hará muchas cosas para que la gente de los resultados esperados. Los tres elementos para integrar a la gente son:

- c) Las Relaciones. Las cuales deben ser efectivas y sólidas
- d) La Disciplina. Debe existir un orden y se deben definir los roles.
- e) El Compromisos. Congruente y decidido en todos los niveles, pero promovido por los líderes y agentes de cambio.

Niveles del Empowerment:

Según Herrera, J. (2008) la empresa que quiere delegar en su gente se enfrenta con un problema de saber por dónde empezar. El punto de partida se verá determinado por un cierto número de factores. Se considera que el factor más importante es la visión que se tiene de la compañía. Existen cuatro niveles fundamentales del empowerment, los cuales veremos en el cuadro siguiente:

Cuadro N°05: Niveles del Empowerment

NIVELES	CARACTERÍSTICAS
1: Puesto de trabajo.	Cambios de estructura y contexto del trabajo de las personas.
	Supresión de controles directivos y más autonomía.
	Importancia a la mejora.
	Mayor libertad, mayor aprendizaje.
	Menor frustración y más calidad de vida laboral.

2: Lugar de trabajo.	Tener en cuenta la política de la organización.
	Producción de productos o servicios.
	Entorno físico, trabajo en equipo, interacción con el grupo.
	Cambio fundamental del papel de los directivos.
3: Unidad.	Participación de la dirección y gestión de una unidad concreta de la empresa.
	Estructura plana. No jerarquía, minimizar la burocratización y participación en la toma de decisiones.
	Participación por parte de los empleados.
4: Empresa.	Estructura horizontal en la toma de decisiones.
	Necesidad de dispersión del poder a los empleados.
	Eliminación total de la jerarquía.
	Introducción de la autogestión por parte de los empleados.
	Una única filosofía dentro de la empresa.

Fuente: (Herrera, J. 2008)

Pasos para aplicar Empowerment:

- f) Analiza la tarea: Ser específico acerca de lo que hay que hacer para alcanzar la meta.
Definir plazo y recursos necesarios.
- g) Elegir el empoderado: El candidato debe poseer las habilidades necesarias y estar altamente motivado.
- h) Asignar la tarea: Dar instrucciones claras sobre los resultados deseados, facilitar información, recursos disponibles, plazos, modo de monitoreo y ámbito de la autoridad conferida, asegurando que los miembros del equipo están dispuestos a apoyar el proceso comunicándoles la asignación y la autoridad otorgadas al empoderado.

- i) Retroalimentar: Monitorear las actividades para que no se conviertan en problemas, y dar la oportunidad al empoderado de hacer preguntas acerca de la tarea asignada.
- j) Evaluar y premiar el desempeño: Evaluar los resultados y consecuencias. Otorgar un margen de error. Premiar el cumplimiento de expectativas.

C. PRESENCIA DE IMPUREZAS EN LA MATERIA PRIMA Y EN EL MATERIAL DE COMBUSTIÓN.

a) Plan de limpieza de materia prima

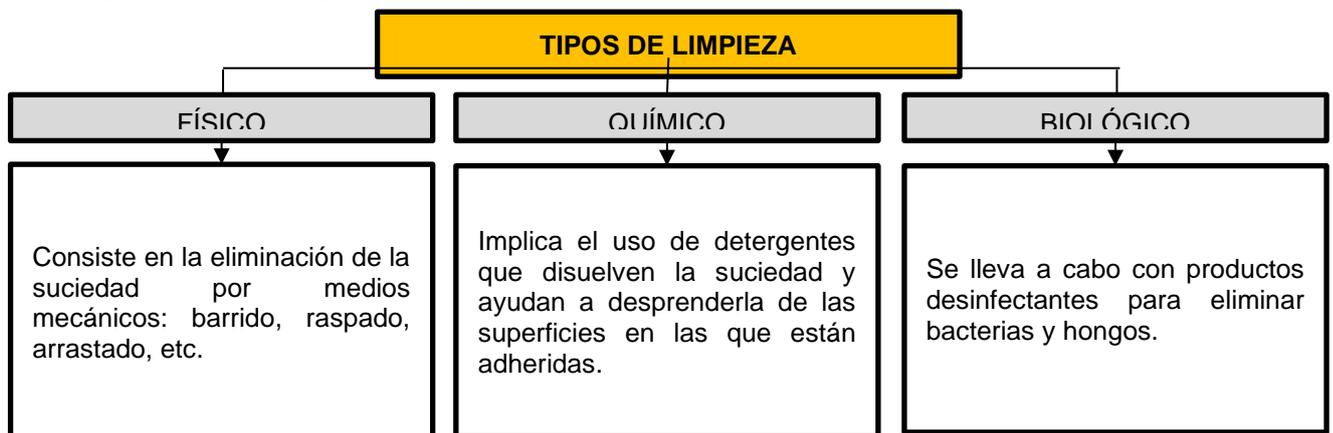
Según Armendáris, J (2014) la limpieza y la desinfección son un conjunto de operaciones que tienen como objetivo la eliminación de la suciedad y el control, bajo mínimos, de la población microbiana, por lo que es preciso dejar las instalaciones listas antes de iniciar el siguiente ciclo productivo. La limpieza debe realizarse mediante la combinación de tres procesos (Ver Diagrama N° 09)

Tanto la limpieza como la desinfección se suelen realizar de forma conjunta, aunque son procesos distintos y complementarios: uno nunca sustituye al otro. (1) Limpieza: Consiste en la eliminación de los residuos y la suciedad que queda adheridos a las superficies. (2) Desinfección: Es el proceso por el que se eliminan o se reducen a un nivel tolerable los microorganismos presentes en las superficies.

b) Programas de limpieza

Los programas de limpieza y desinfección deberán asegurar que todas las partes, incluidos maquinaria y equipamiento, de las instalaciones queden correctamente limpias, así como asegurarse de la limpieza de los útiles empleados. Las empresas suministradoras de productos de limpieza y desinfección ofrecen productos adecuados para cada tipo de limpieza y superficie indicando, además, la dosificación necesaria para una desinfección y limpieza adecuadas.

Diagrama N°09: Tipos de Limpieza



c) Proveedores:

Según Juran, J. (2005), Gryna, F. (2005) y Bingham, R. (2005) nos dice que la calidad de los materiales y componentes suministrados por los proveedores influyen naturalmente, sobre la calidad del producto obtenido a partir de ellos.

Actividades y objetivos de las relaciones con los proveedores

El objetivo de las relaciones con el proveedor es hacer posible que el comprador adquiera confianza en el uso de las mercancías. Para los productos tradicionales, este objetivo se cifra en poder aceptar el producto sin necesidad de inspección de entrada ni de posteriores modificaciones o retoques.

El logro de estos objetivos exige que ambas partes desarrollen una serie de actividades perfectamente definidas:

1. Fijar una política de calidad en las relaciones con el proveedor.
2. Utilizar varios proveedores para las compras importantes.
3. Establecer un procedimiento normalizado para la calificación del producto y del proveedor.
4. Efectuar una planificación conjunta de la calidad y delimitar las respectivas responsabilidades.
5. Establecer circuitos de comunicación entre ambas partes.
6. Implantar un sistema para descubrir y corregir las desviaciones.
7. Establecer un sistema de supervisión del proveedor.
8. Intercambiar información de las inspecciones y facilitar el trámite de aceptación.
9. Llevar a cabo programas de mejora y de asistencia recíproca.
10. Crear y aplicar sistemas de clasificación de la calidad de los proveedores.

De estas diez actividades las indicadas en los números 3, 5, 6 y 10 son necesarias en la mayoría de los casos.

d) Calidad de los elementos que no forman parte del producto

Con respecto a esos elementos, nos encontramos en la práctica, con que los procedimientos establecidos para las relaciones con el proveedor suelen quedar fuera de la jurisdicción del departamento de control de la calidad del comprador. Por

consiguiente, no existe una inspección sistemática a la entrada, ni una supervisión de proveedor ni otras medidas positivas orientadas a la valoración y control.

e) Inspección

Proveedores:

Según Juran, J. (2005), Gryna, F. (2005) y Bingham, R. (2005) nos dice que el término inspección supone siempre la evaluación de la calidad de alguna.

1. Interpretación de la especificación
2. Medición de la calidad de la característica.
3. Comparación del (1) con (2)
4. Enjuiciamiento de la conformidad.
5. Destino de los casos conformes.
6. Destino de los casos no conformes.
7. Registro de los datos obtenidos.

D. FALTA DE ESTANDARIZACIÓN EN LOS PROCESOS

a) Estandarización de procesos

Según Rodríguez, M. (2005) nos dice que la estandarización es vital para el crecimiento de la empresa. Lo importante es llevarla a cabo de una manera adecuada a las necesidades de las pequeñas empresas. Si se desea obtener los resultados esperados consistentemente, es necesario estandarizar las condiciones, incliyendo materiales, maquinaria, equipos, métodos, procedimientos, el conocimiento y habilidad de la gente. Los aspectos claves de los estándares se muestran en el siguiente diagrama.

Diagrama N° 10: Aspectos claves de los Estándares



Fuente: (Rodríguez, M. 2005)

Pasos para estandarizar procesos

1. Diagnosticar el proceso. ¿Qué se hace? Describa con diagramas de flujo o dibujos cómo se realiza el proceso actualmente.
2. Identificar las mejoras y diseñar el proceso ideal. ¿Qué se debe hacer? Cree un proceso que elimine las duplicaciones y todo aquello que genere ineficiencias.
3. Planear una prueba del proceso. Realice un test del nuevo proceso con las personas que más lo conocen.
4. Ejecutar y monitorear la prueba. Vea cómo se desempeña el nuevo proceso y obtenga ideas de mejora.
5. Mejorar el nuevo proceso. Utilice la información obtenida para mejorar el proceso, use documentación simple y gráfica.
6. Difundir y capacitar. Promueva y capacite el uso del nuevo proceso a los demás.
7. Mantener y mejorar el proceso. Todos deben utilizar el proceso mejorado y anime a buscar nuevas mejoras.

b) Estudios de Métodos de Trabajo

Según Salazar, B. (2014) el estudio de métodos es una de las más importantes técnicas del Estudio de Trabajo, que se basa en el registro y examen crítico sistemático de la metodología existente y proyectada utilizada para llevar a cabo un trabajo u operación.

Procedimientos básicos sistemático para realizar un Estudio de Métodos.

Como ya se mencionó el Estudio de Métodos posee un algoritmo sistemático que contribuye a la consecución del procedimiento básico del Estudio de Trabajo, el cual consta (El estudio de métodos) de siete etapas fundamentales, las cuales veremos en el siguiente cuadro.

Cuadro N°06: Etapas fundamentales del Estudio de Métodos

ETAPAS	ANÁLISIS DEL PROCESO	ANÁLISIS DE LA OPERACIÓN
SELECCIONAR el trabajo al cual se hará el estudio.	Teniendo en cuenta consideraciones económicas, de tipo técnico y reacciones humanas	Teniendo en cuenta consideraciones económicas, de tipo técnica y reacciones humanas.
REGISTRAR toda la información referente al método actual.	Diagrama de proceso actual: sinóptico, analítico y de recorrido.	Diagrama de operación bimanual actual.
EXAMINAR críticamente lo registrado.	La técnica del interrogatorio: Preguntas preliminares.	La técnica del interrogatorio: Preguntas preliminares a la operación completa.
IDEAR el nuevo método (Propuesto)	La técnica del interrogatorio: Preguntas de fondo. La técnica del interrogatorio: Preguntas de fondo a la operación completa	"Principios de la economía de movimientos"
DEFINIR el nuevo método (Propuesto)	Diagrama de proceso propuesto: sinóptico, analítico y de recorrido.	Diagrama de operación bimanual del método propuesto.
IMPLANTAR el nuevo método	Participación de la mano de obra y relaciones humanas.	Participación de la mano de obra y relaciones humanas
MANTENER en uso el nuevo método	Inspeccionar regularmente	Inspeccionar regularmente

Fuente: (Salazar, B. 2014)

Es necesario recordar que en la práctica el encargado de realizar el estudio de métodos se encontrará eventualmente con situaciones que distan de ser ideales para la aplicación continua del algoritmo de mejora.

Beneficios de la aplicación del Estudio de Métodos de Trabajo.

Los beneficios de la aplicación de la Ingeniería de Métodos son:

- e) Minimizan el tiempo requerido para la ejecución de trabajos.
- f) Conservan los recursos y minimizan los costos especificando los materiales directos e indirectos más apropiados para la producción de bienes y servicios.
- g) Efectúan la producción sin perder de vista la disponibilidad de energéticos o de la energía.
- h) Proporcionan un producto que es cada vez más confiable y de alta calidad.

c) Estudio de Tiempos

Según Meyers, F. (2005) el estudio de tiempos se utiliza para medir el trabajo y está lleno de una serie de herramientas para minimizar costos en una organización.

¿Qué es un estándar de tiempo?

Para entender la importancia que tienen los usos del estudio de tiempos, debemos entender que el estándar de tiempo, es el tiempo requerido para elaborar un producto en una estación de trabajo con las tres condiciones siguientes: (1) un operador calificado y bien capacitado, (2) que trabaja a una velocidad o ritmo normal, y (3) hace una tarea específica.

El estándar de tiempo es bueno sólo para ese conjunto de condiciones. Si algo cambia, el estándar de tiempo deberá cambiar.

La Tabla N°02 de conversión de estándares de tiempo puede ser útil como referencia rápida cuando sea necesario. Puede utilizarse cuando se conocen los minutos por unidad, las horas por unidad, las unidades por hora o las unidades por cada ocho horas y se necesita determinar el valor de las otras tres cifras correspondientes al estándar. También sirve para establecer metas de líneas de ensamble o de celdas de trabajo. Otro uso interesante es cuando se unen trabajos y hace falta el nuevo estándar para todos los trabajos combinados. Examine la tabla para comprender la relación entre las cifras que expresan el tiempo estándar. Por ejemplo, si dos trabajadores se van a combinar tenían estándares de 0.72 minutos por pieza u 83 piezas por hora y de 0.28 minutos por pieza

o 214 piezas por hora, respectivamente ¿Cuál sería el nuevo estándar? La suma de 0.72 y 0.28 da 1.00 minutos, es decir, 60 piezas por hora combinadas.

Tabla N°02: Tabla de conversión de estándares de tiempo: minutos, horas, piezas por hora, piezas por ocho horas.

Fuente: (Meyers, F. 2005)

Minutos Estándar	Horas Estándar	Unidades por hora	Unidades por 8 horas	Minutos Estándar	Horas Estándar	Unidades por hora	Unidades por 8 horas
480	8.000	0.1	1.0	0.98	0.01633	61.22	489.80
240	4.000	0.2	2.0	0.96	0.01600	62.50	500.00
160	2.667	0.4	3.0	0.94	0.01567	63.83	510.64
120	2.000	0.5	4.0	0.92	0.01533	65.22	521.74
96	1.600	0.6	5.0	0.90	0.01500	66.67	533.33
80	1.333	0.8	6.0	0.88	0.01467	68.18	545.45
70	1.167	0.9	6.9	0.86	0.01433	69.77	558.14
60	1.000	1.0	8.0	0.84	0.01400	71.43	571.43
50	0.833	1.2	9.6	0.82	0.01367	73.17	585.37
48	0.800	1.2	10.0	0.80	0.01333	75.00	600.00
45	0.750	1.3	10.7	0.78	0.01300	76.92	615.38
40	0.667	1.5	12.0	0.76	0.01267	78.95	631.58
38	0.633	1.6	12.6	0.74	0.01233	81.08	648.65
35	0.583	1.7	13.7	0.72	0.01200	83.33	666.67
32	0.533	1.9	15.0	0.70	0.01167	85.71	685.71
30	0.500	2.0	16.0	0.68	0.01133	88.24	705.88
28	0.467	2.1	17.1	0.66	0.01100	90.91	727.27
26	0.433	2.3	18.5	0.64	0.01067	93.75	750.00
25	0.417	2.4	19.2	0.62	0.01033	93.77	774.19
24	0.400	2.5	20.0	0.60	0.01000	100.00	800.00
23	0.383	2.6	20.9	0.58	0.00967	103.45	827.59
22	0.367	2.7	21.8	0.56	0.00933	107.14	857.14
21	0.350	2.9	22.9	0.54	0.00900	111.11	888.89
20	0.333	3.0	24.0	0.52	0.00867	115.38	923.08
19	0.317	3.2	25.3	0.50	0.00833	120.00	960.00
18	0.300	3.3	16.7	0.48	0.00800	125.00	1000.00
17	0.283	3.5	28.2	0.46	0.00767	130.43	1043.48
16	0.267	3.7	30.0	0.44	0.00733	136.36	1090.91
15	0.250	4.0	32.0	0.42	0.00700	142.86	1142.86
14	0.233	4.3	34.3	0.40	0.00667	150.00	1200.00
13	0.217	4.6	36.9	0.38	0.00633	157.89	1263.16
12	0.200	5.0	40.0	0.36	0.00600	166.67	1333.33
11	0.183	5.5	43.6	0.34	0.00567	176.47	1411.76
10	0.167	6.0	48.0	0.32	0.00533	187.50	1500.00
9	0.150	6.7	53.3	0.30	0.00500	200.00	1600.00
8	0.133	7.5	60.0	0.28	0.00467	214.29	1714.29
7	0.117	8.6	68.6	0.26	0.00433	230.77	1846.15
6	0.100	10.0	80.0	0.24	0.00400	250.00	2000.00
5	0.083	12.0	96.0	0.22	0.00367	272.73	2181.82
4	0.067	15.0	120.0	0.20	0.00333	300.00	2400.00
3	0.050	20.0	160.0	0.18	0.00300	333.33	2666.67
2	0.033	30.0	240.0	0.16	0.00267	375.00	3000.00
1	0.017	60.0	480.0	0.14	0.00233	428.57	3428.57
				0.12	0.00200	500.00	4000.00
				0.10	0.00167	600.00	4800.00
				0.08	0.00133	750.00	6000.00
				0.06	0.00100	1000.00	8000.00
				0.04	0.00067	1500.00	12000.00
				0.02	0.00033	3000.00	24000.00

Importancia y usos de los Estudios de Tiempos

El estándar de tiempo es uno de los elementos de información de mayor importancia en el departamento de manufactura. Con él se dan respuestas a los problemas siguientes:

1. Determinar el número de máquinas herramienta que hay que adquirir.
2. Determinar el número de personas de producción que hay que contratar.
3. Determinar los costos de manufacturas y los precios de venta.
4. Programar máquinas, operaciones y personas para hacer el trabajo y entregarlo a tiempo, usando menos inventario.
5. Determinar el balanceo de las líneas de ensamble, la velocidad de la banda transportadora, cargar las celdas de trabajo con la cantidad adecuada de trabajo y equilibrarlas.
6. Determinar el rendimiento de los trabajadores e identificar las operaciones que tienen problemas, para ser corregidas.
7. Pagar incentivos por rendimiento extraordinario por equipo o individual.
8. Evaluar ideas de reducción de costos y escoger el método más económico con base en un análisis de costos y no en opiniones.
9. Evaluar las nuevas adquisiciones de equipos a fin de justificar su gasto.
10. Elaborar presupuestos del personal de operación para medir el rendimiento de la gerencia

E. INADECUADA PREPARACIÓN DE LA TIERRA

a) Tierra de moldeo

Según Ordinola, J. (2011) la tierra de moldeo es una mezcla de características y propiedades necesarias para obtener una pieza de fundición solidificada de alta calidad. Esta mezcla usualmente contiene arena silíceo (sílice o cuarzo) en un alto porcentaje y aglutinantes como arcilla (comúnmente bentonita) y un cierto porcentaje de humedad.

Las tierras de moldeo deben cumplir ciertos requisitos:

- Ser plásticas.
- Tener una cohesión y resistencia óptimas para reproducir el modelo y conservar la forma después de la extracción del mismo.
- Resistir temperaturas elevadas.
- Permitir la evacuación rápida del aire contenido en el molde y de los gases que se producen en la colada.
- Disgregarse fácilmente para permitir extracción y pulimentado de las piezas.

b) Aglutinantes en las tierras de moldeo

Los aglutinantes son sustancias empleadas para preparar tierra de moldeo sintética o para corregir la tierra de moldeo natural dándole características apropiadas para el molde. Un aglutinante debe conferir al molde:

- Permeabilidad óptima.
- Presentar mínima variación de volumen.
- Asegurar la suficiente resistencia en estado húmedo y seco.
- Dar plasticidad, a la tierra, para que esta llene todas las cavidades del molde.
- Favorecer el rápido secado del macho y el molde.
- No absorber humedad durante el montaje del molde y almacenamiento de los machos en el depósito.
- Favorecer la fácil extracción del macho de la pieza recién fundida.
- No ser nociva.
- Asegurar que la tierra no se pegue al modelo ni a la caja de machos.
- Mantener casi invariable el poder refractario en la tierra de moldeo para evitar así la formación de costras de fundición.

c) Materiales auxiliares para las tierras de moldeo

A este grupo pertenecen los aditivos introducidos en las tierras de moldeo para moldes y machos para mejorar sus propiedades (permeabilidad, poder refractario, compresibilidad, desmoldeo, etc.), como también las sustancias que entran en la composición de pinturas, colas y desmoldeantes para la elaboración y acabado de moldes y machos. Entre estos tenemos:

d) Aditivos Antiadherentes

Se introducen en la tierra de moldeo para disminuir la costra de fundición, en las piezas fundidas. La costra de fundición dificulta la limpieza de las preforma, y es el motivo del rápido desgaste de las herramientas cortantes en el proceso de mecanizado. Estos aditivos pueden ser:

i) Polvo de carbón mineral

Se añade a las tierras de revestimiento. Se ha comprobado que mejores resultados se obtienen con un pequeño contenido de cenizas y azufre. La cantidad de polvo de carbón mineral depende del espesor de la pared de la pieza fundida. Cuanto mayor es el espesor de las paredes de ésta se necesitará más polvo. Por ejemplo a las tierras de

revestimiento para piezas de paredes delgadas (5-15 mm) se introduce un 2-6 % de polvo de carbón mineral y a las tierras de revestimiento para piezas de paredes gruesas un 12%.

ii) Mazut

Es un residuo líquido de la destilación del petróleo, se adiciona a la tierra de revestimiento para evitar la costra de fundición en piezas de fundición gris y bronce, al colarse en tierra húmeda. En las tierras de moldeo donde es usado el mazut aumenta la longevidad y la permeabilidad debido al pequeño contenido de ceniza. Se debe usar un mazut que contenga no más del 2% de ceniza, 2 % de humedad y no más de un 0.5% de azufre.

iii) Polvo de carbón vegetal

Se utiliza como medio antiadherente para el revestimiento de las superficies de los moldes húmedos. Se consideran mejores los carbones de albedul y aliso (plantas de bosques). Se aplica a las paredes de los moldes por medio del espolvoramiento.

iv) Grafito plateado

Se espolvorea en las superficies de los moldes húmedos para disminuir la adherencia con la tierra de moldeo. El grafito posee un gran poder refractario; En lugar del grafito se puede usar el esquisto de Estonia en polvo.

v) Cuarzo en polvo

Se añade en calidad de material refractario para recuperar pinturas antiadherentes para moldes y machos de piezas de acero, en ocasiones se emplea en la composición de las tierras de revestimiento.

e) Aditivos de Protección

Se introducen en las tierras de moldeo al fundir aleaciones de magnesio. Son capaces de oxidarse rápidamente y quemarse en el proceso de vaciado. Los más usados son: el ácido bórico, flor de azufre y aditivo fluórico.

F. INADECUADO PESO DE LA PLOMADA

a) Supervisión

Ejercer la inspección o vigilancia sobre una tarea o labor. Ateniéndonos a la significación que se deriva de la estructura verbal de la palabra, supervisar significa

“mirar desde arriba”, “mirar desde lo alto” (del latín super, “sobre”). Es decir, supervisar hace referencia al acto de observar o estudiar algo con una visión global y a una cierta distancia.

Objetivos de la Supervisión

Según Cano, A. (2005) indica que es importante señalar que la supervisión tiene objetivos específicos que varían según el tipo de supervisión y también tiene objetivos generales y/o comunes que se atribuye al perfeccionamiento de la práctica profesional y a una mejor satisfacción en el ejercicio de la profesión.

Los cuatro objetivos básicos de la supervisión es:

- a. Enseñanza y formación permanentes.
- b. Ofrecimiento de servicios de calidad.
- c. Socialización del profesional.
- d. Elevar el nivel teórico y práctico de las actuaciones.

Tipos de Supervisión

Según Cano, A. (2005) señala a tres tipos de supervisión: la supervisión administrativa, la supervisión educativa y la supervisión de apoyo. Esta clasificación podría ser *strictu sensu*, en el sentido de que cuando se hace un tipo de supervisión no se realiza otra. Sin embargo, no es común el que se aplique una supervisión que responda puramente a una tipología o a otra. En realidad, son tres aspectos que en muchas ocasiones confluyen en las supervisiones que se aplican en el trabajo.

i) La Supervisión Administrativa:

La supervisión administrativa está directamente relacionada con una técnica de gestión. Esta supervisión se da siempre en el marco de una organización con el objetivo prioritario de que se cumplan los objetivos de dicha organización. En la supervisión administrativa, la demanda de supervisión procede de la organización. En la planificación de un servicio se considera necesario que se supervise a su personal. La supervisión forma parte del conjunto de la aplicación de un determinado programa teniendo en cuenta que al supervisor en este caso se le atribuye unas funciones específicas y se le piden unos resultados que siempre están relacionados con la mejora de los servicios que se ofrecen a sus usuarios.

Las funciones de la supervisión administrativa son:

- Selección y contratación del trabajador.
- Colocación del trabajador en un puesto de trabajo concreto.
- Planificación del trabajo.
- Distribución del trabajo.
- Delegación del trabajo.
- Dirigir, revisar y evaluar el trabajo.
- Coordinación.
- Distribución de la información.
- Introducir cambios y nuevas ideas.
- Rebajas tensiones.

Como puede verse, el supervisor tiene que cumplir unas funciones eminentemente jerárquicas que generalmente en nuestras organizaciones suelen atribuirse a los jefes, coordinadores de servicios o puestos similares.

ii) La Supervisión Educativa:

La supervisión educativa es la que tiene como objetivo primordial enseñar, formar y ayudar a mejorar el conocimiento a los trabajadores, o a aquellos que están en fase de formación para convertirse en profesional.

La supervisión que se lleva a cabo con los alumnos es básicamente educativa, ya que su objetivo prioritario es participar en la formación del estudiante.

En el ámbito profesional también se da la aplicación de la supervisión eminentemente educativa. En este caso la supervisión está insertada en la organización a nivel de *staff*, bien a nivel de contratación exterior para llevar a cabo la supervisión con el objetivo de colaborar en la formación de los trabajadores que trabajan en dicha organización.

La supervisión educativa ofrece los recursos que permiten a los trabajadores realizar su trabajo con eficacia, ayuda a mantener profesionalización y a consolidar la identidad profesional.

Como resultado de la supervisión educativa, el trabajador está en una mejor posición de hacer una autoevaluación de sus actuaciones. Aprende cuál es la diferencia entre la práctica adecuada y la no adecuada, y es capaz de hacer una autocrítica.

El supervisor tiene la responsabilidad de crear un ambiente que favorezca el aprendizaje, saber qué es lo que el trabajador ha de aprender, y cómo enseñarlo.

Las funciones que se identifican con este tipo de supervisión son:

- Enseñar.
- Facilitar el aprendizaje.
- Entrenamiento en técnicas concretas.
- Compartir experiencias y conocimientos.
- Informar.
- Clarificar.
- Guiar - conducir.
- Ayudar a los trabajadores a encontrar soluciones.
- Contribuir a la mejora profesional.
- Aconsejar.
- Sugerir.
- Ayudar a los trabajadores a resolver problemas.

Globalmente la supervisión permite un proceso de maduración del profesional o del estudiante. Por otro lado, las supervisiones son una forma de transmitir conocimientos determinados y una determinada ideología. Es importante partir de esta realidad, ya que es cierto que mediante la supervisión se pueden transmitir unos contenidos y una forma de actuar muy diferenciadas según sea el marco teórico e ideológico de referencia. Éste es un factor clave a tener en cuenta especialmente en la supervisión educativa.

iii) La Supervisión de Apoyo:

La supervisión de apoyo es aquella que tiene en cuenta en sus objetivos y aplicación el ofrecer apoyo a las personas que reciben dicha supervisión, de forma que puedan superar mejor las tensiones y dificultades que se presentan en el ejercicio de su trabajo. La supervisión de apoyo se puede denominar incluso de apoyo psicológico, ya que en muchas ocasiones va dirigida a analizar los aspectos personales del supervisado que influyen en su práctica cotidiana, de modo que pueda entender qué factores psicológicos personales afectan directamente a sus actuaciones profesionales y pueda conseguir superarlos.

Existen dos tipos de aplicación de esta supervisión en la práctica, en el Cuadro N° 04 se visualiza la diferencia entre estos tipos de supervisión de apoyo.

Cuadro N°07: Diferencia entre los tipos de Supervisión de Apoyo

TIPOS DE SUPERVISIÓN DE APOYO	
Supervisión del trabajo	Supervisión de apoyo psicológico
En esta supervisión se tiene en cuenta básicamente diversos aspectos: <ul style="list-style-type: none">- Animar- Estimular- Favorecer la autoestima- Reconocer las propias cualidades- Etc.	En esta supervisión se tiene en cuenta los factores generadores de tensión y los relacionados con la personalidad del trabajador. Generalmente es una supervisión llevada a cabo por un profesional de la psicología o de la psiquiatría

Fuente: Elaboración Propia

Modelos o técnicas de la supervisión:

a) La Supervisión Individual

Permite el desarrollo de una práctica profesional y personal, para que cada miembro del personal alcance su grado de experiencia y de confianza, y trata las necesidades que no se pueden alcanzar o que pueden ser de algún modo algo problemáticas, cuando se habla de ellas en grupo.

La sesión proporciona el reconocimiento del trabajo bien hecho y ofrece un foro para una discusión de la práctica, al tiempo que capacita a los individuos para que reflexionen sobre sus desarrollos técnicos; da tiempo a que el supervisor y el supervisado puedan evaluar la calidad de la práctica con alguna privacidad. Y puede haber un acuerdo personalizado para asistir a ambas partes tanto en la negociación de la dirección de personal como en el desarrollo personal.

b) La Supervisión Grupal

Se podría elegir como la única vía para que todo el mundo consiga el apoyo que necesita, pero una razón más positiva para escoger a los grupos de supervisión es que cada miembro pueda aprender de la experiencia de los demás.

La supervisión de grupo reduce el impacto de los choques de personalidad o las ideas de imposición del supervisor sobre el supervisado.

Se recomienda que el grupo debería ser lo más pequeño posible, que el personal debería estar al mismo nivel de desarrollo profesional y que se debería dedicar más atención a

asegurar que las sesiones no se conviertan en sesiones de dirección o en un espacio de quejas, más apropiado para reuniones de personal.

c) La Supervisión Formal

Es la supervisión por la que un trabajador ayuda a otro el mejorar su práctica a un nivel óptimo y en la que el supervisado es formalmente responsable ante el supervisor. Ésta se puede definir en tres dimensiones:

d) La Supervisión Informal

En general no se contempla como el modelo más fiable: las charlas ad hoc no dejan tiempo a los individuos para que reflejen de antemano la agenda en su trabajo o planificación, ni permiten que se registren estos tipos de discusión.

e) La Supervisión Indirecta

Es normalmente el principal enfoque disponible para la mayoría de supervisores que no pueden observar directamente los contactos que el miembro del personal está haciendo y las técnicas que emplea.

El supervisor se ha de imaginar la realidad, basándose en métodos de libre asociación o de discusión de temas, grabaciones y posiblemente algunos ejercicios sobre experiencias, como juego de roles o simulaciones para ayudar al supervisado.

El supervisor debe intentar prepararse bien, adoptando cuantos más enfoques le sea posible. Ello implicaría diseñar una agenda de trabajo con los individuos y los grupos a supervisar. Los supervisores también deben mantener los límites temporales y la privacidad (por ejemplo, asegurando que no haya interrupciones).

Herramienta de despliegue de la función de calidad (qfd)

Una de las herramientas que se enfoca en la calidad, flexibilidad y respuesta al consumidor y que a su vez contribuye a la gestión de calidad dentro de la dirección de proyectos, es la metodología de Despliegue de Función de Calidad (DFC) o QFD, (por sus siglas en inglés) que introduce la calidad en las etapas tempranas de diseño y planificación.

El QFD fue creado en Japón por el Dr. Yoji Akao en la década de los 60 como consecuencia de la formalización de una de sus ideas. En la misma explicaba que para asegurar la calidad de un producto, sus puntos críticos debían manejarse desde el proceso de diseño hasta el de fabricación. Las industrias comenzaron a utilizar la metodología en 1972, cuando se publicó la primera documentación al respecto.

La definición original del Dr. Akao citada por González y Tamayo (2004) en su artículo para la Asociación Latinoamericana de QFD, ¿Qué es el QFD? Descifrando el Despliegue de la Función de Calidad, expresa:

En su artículo titulado " The leading edge in QFD: past, present and future" el Dr. Yoji Akao (creador del QFD) y Glenn Mazur señalan que en 1972 el Dr. Akao definió por primera vez el término de Despliegue de la Función (todavía sin integrar la palabra Calidad) como: "un método para desplegar, antes del arranque de producción en masa, los puntos importantes de aseguramiento de calidad necesarios para asegurar la calidad de diseño a través del proceso de producción" (Akao y Mazur, 2003, p. 20).

González y Tamayo, (2004) en su definición propia, precisan: "QFD permite a una organización entender la prioridad de las necesidades de sus clientes y encontrar respuestas innovadoras a esas necesidades, a través de la mejora continua de los productos y servicios en búsqueda de maximizar la oferta de valor".

Para Gutiérrez (2007) el QFD es el "procedimiento mediante el cual las características de calidad que se han identificado como expectativas de los consumidores se convierten en definiciones operacionales, con el propósito de que dichas definiciones queden incorporadas en el diseño de los productos".

Gutiérrez (op. cit.) señala que el QFD se trata de un trabajo que consiste en:

1. Identificar qué es lo que los clientes desean del producto, esto es, qué características quieren los clientes que tenga el producto.
2. Traducir dichas características en requerimientos de diseño y de fabricación. Se designan características primarias de calidad a las características que los clientes piden en los productos.

Se designan características secundarias, terciarias, etc., de calidad, a los requerimientos de diseño y de fabricación que van traduciendo en forma sucesiva la característica primaria.

Yacuzzi y Martín (2003) aseguran que el Despliegue de la Función de Calidad es "un método de diseño de productos y servicios que recoge las demandas y expectativas de los clientes y las traduce, en pasos sucesivos, a características técnicas y operativas satisfactorias".

En los Estados Unidos de America la definición del Despliegue de la Función de Calidad no difiere de las señaladas anteriormente. De acuerdo con Cohén (1995).

QFD (Quality Function Deployment) es un método estructurado para la planificación y desarrollo de un producto que permite a un equipo de desarrollo especificar claramente las necesidades y deseos del cliente y a continuación evaluar cada capacidad propuesta del producto o servicio sistemáticamente en términos de su impacto en la satisfacción de las necesidades.

En el origen del QFD está la denominada Casa de la Calidad (o también HOQ, House of Quality, por sus siglas en inglés), que es en esencia una tabla que relaciona la voz del cliente con los requerimientos que la satisfacen. La matriz de la calidad suele desplegarse para dar lugar a otras matrices que permiten hacer operativa a la voz del cliente.

El QFD se caracteriza por su carácter cualitativo, lo cual permite conocer mejor al cliente y contribuir en un tiempo al control de costos. El valor integral de matriz de la calidad, núcleo del QFD, que en un único gráfico, indica los requerimientos del cliente, establece las características técnicas capaces de satisfacerlos y brinda la posibilidad de comparar el producto de empresa con otros de la competencia. Gracias a la matriz de la calidad, los integrantes de áreas heterogéneas de una empresa, se forman una idea más completa y sustentada de las complejas relaciones que hacen que el diseño de productos sea satisfactorio.

Beneficios del QFD

Gutiérrez (2007) señala que la técnica del QFD trae los siguientes beneficios:

- Facilita la identificación de las causas de las reclamaciones de los consumidores; lo cual hace posible encontrar la solución adecuada.
- Es una herramienta útil para mejorar la calidad del producto y para un análisis de la calidad del producto del competidor.
- Estabiliza la calidad.
- Reduce el tiempo requerido para el desarrollo de un nuevo producto.
- Fomenta la comunicación entre los diversos departamentos: de diseño, de ingeniería, de producción, de marketing y de ventas.

QFD en la organización

Cohén (1995) afirma que el QFD puede jugar un papel importante en ayudar a una organización a fortalecerse. "Una manera útil de pensar en esto, es dividir las estrategias

de supervivencia de la organización en dos categorías principales: reducir los costos, e incrementar sus ingresos".

Reducir los costos

La reducción de costos puede ser alcanzada con acciones tales como bajar los costos de compra de materiales o servicios, minimizar costos generales para la oficina, o con la reducción de la nómina.

La disminución de los costos también se puede lograr al optimizar los procesos y la reducción de re-trabajos y despilfarros. El QFD contribuye a la disminución de los costos en este último enfoque y lo hace de la siguiente manera:

- Incrementa la probabilidad de que el diseño del producto o proceso no tenga que ser cambiado o rehecho. Este efecto "amortiguador" se produce porque QFD permite a los desarrolladores evaluar las propuestas de cambios durante el proyecto, con los mismos criterios que se utilizaron para evaluar todas las decisiones que se tomaron al inicio del mismo. El equipo simplemente tiene que agregar el nuevo cambio a sus matrices QFD y realizar el mismo análisis que fue aplicado a todas las decisiones iniciales. Este análisis ayuda a los desarrolladores a evitar el pánico y a tomar decisiones apresuradas por no tener en cuenta las necesidades del cliente.
- Centrar el trabajo en el desarrollo de productos y procesos que más valor le aporte a los clientes, en vez de trabajar en características de poco interés para los mismos. Esta es otra manera de decir que el trabajo que se realiza es lo que resulta el análisis del QFD, el cual ha demostrado estar estrechamente relacionado en satisfacer las necesidades de los clientes.

Incrementar los ingresos

El incremento los ingresos es normalmente alcanzado vendiendo más de un producto o servicio, o aumentando el precio de los mismos. Ambos son resultados deseables, que pueden ser alcanzados por la producción de productos o servicios que sean más atractivos y beneficiosos para los clientes, lo cual se logra mediante el cumplimiento de sus necesidades.

El QFD contribuye a incrementar los ingresos de las empresas, a través de la ayuda que brinda a las organizaciones para concentrar sus esfuerzos en las necesidades de los clientes, y a traducir con precisión y eficacia los requerimientos de los interesados en el diseño correcto de un producto o en la característica correcta de un servicio.

Metodología: control estadístico de procesos

Los procesos emplean diferentes recursos para producir un producto o un servicio. El hecho de tener que integrarlos provoca variaciones causadas por las numerosas interacciones entre estos recursos, a nivel de sistema, así como las variaciones locales.

En consecuencia, todos los procesos, por más preciso que se crea ser, presenta una variabilidad. Esta tiene consecuencias sobre ciertas magnitudes que pueden ser determinantes para el cumplimiento de las especificaciones de calidad exigidas. Al conjunto de magnitudes que pueden ser afectadas por la variabilidad nombraremos como “características de calidad”.

La variabilidad tiene dos procedencias: 1) Causas comunes o aleatorias, y 2) Causas especiales. Las primeras provocan una variabilidad homogénea y previsible, inherentes al proceso y aleatorias, reducibles pero no eliminables. Las segundas tienen causas asignables, generan discontinuidad, y tienen una aportación individual significativa, produciendo grandes variaciones y descentrados en la distribución.

En las definiciones previas, las variables son las siguientes:

Tabla N°03: Descripción de las variables de Métricas de Calidad.

VARIABLE	SIGNIFICADO
T	Índice de un período en una serie de ocurrencias.
N	Longitud de la serie de ocurrencias.
M	Número de períodos en una temporada/ciclo.
A(t)	Valor real de la serie de veces en el período t.
F(t)	Valor ajustado o de pronóstico en el período t.

Los residuales son: $e(t) = F(t) - A(t)$

Fuente: (Elaboración Propia)

Los procesos se encuentran naturalmente en un estado sin control e inestables, a través del control estadístico es que, en primera instancia, se logran eliminar las causas de variación, alcanzado el estado llamado “proceso bajo control estadístico”. En este estado, los procesos no presentan variabilidad por causas especiales, y tienen una distribución que se aproxima a la normal.

El control estadístico de los procesos es esencial para el seguimiento a la calidad, y es a través de las gráficas de control. Las gráficas de control expresan de manera visual el comportamiento del proceso y resalta la ocurrencia de anomalías.

Como herramienta, se hizo uso de “Capability Sixpack – Normal”, que está, a su vez, compuesta por las siguientes herramientas: 1) Gráfica I-MR, 2) Gráfica de los últimos 25 subgrupos, 3) Histograma de capacidad, 4) Gráfica de probabilidad normal, 5) Gráfica de capacidad, y 6) Índices de capacidad interna e Índices de capacidad general.

A continuación, se describe cada una de estas herramientas:

1) Gráfica I-MR

Cuando el tamaño de su subgrupo es uno, se muestra una gráfica I-MR.

La gráfica de observaciones individuales (I) representa las observaciones individuales. Utilice la gráfica I para determinar si las mediciones individuales están bajo control.

La gráfica de rango móvil (MR) representa los rangos móviles para observaciones consecutivas. Utilice la gráfica MR para determinar si la variación de observación a observación está bajo control.

En la gráfica I-MR se pueden detectar los puntos localizados más allá de los límites de control rojos. Los puntos ubicados más allá de los límites de control indican que el proceso está fuera de control. Los análisis de capacidad deberían realizarse sólo cuando el proceso esté bajo control.

También, en esta gráfica, es posible detectar comportamientos anómalos en el proceso mediante la Prueba para Causas Especiales, que consta de 8 patrones:

- Un punto más de 3 desviaciones estándar desde la línea central.
- Nueve puntos consecutivos en el mismo lado de la línea central.
- Seis puntos consecutivos, en orden creciente o decreciente.
- Catorce puntos consecutivos, alternándolos arriba y abajo.
- Dos de tres puntos más de 2 desviaciones estándar desde línea central (mismo lado).
- Cuatro de cinco puntos se encuentran a más de 1 desviación estándar desde la línea central (mismo lado).
- Quince puntos consecutivos dentro de 1 desviación estándar desde la línea central (cualquier lado).

- Ocho puntos consecutivos más que 1 desviación estándar desde la línea central (cualquier lado).

2) Gráfica de los últimos 25 subgrupos

La gráfica de los últimos 25 subgrupos muestra la distribución de las mediciones en los últimos 25 subgrupos. Tenga en cuenta que los puntos graficados corresponden a las mediciones reales.

Esta gráfica puede indicar si:

- un subgrupo contiene valores atípicos,
- los datos están simétricamente distribuidos alrededor de la media de proceso,
- la distribución cambia entre los diferentes subgrupos.

3) Histograma de capacidad

El histograma de capacidad sirve para evaluar la normalidad de los datos y para comparar las distribuciones presuponiendo la variación dentro de subgrupos y la variación general. El histograma de mediciones consta de lo siguiente: Las curvas interna o “dentro de” (roja) y general (negra) que se superponen en el histograma. Las curvas dentro de y general son funciones normales de densidad que utilizan la media del proceso y varianzas diferentes. La curva dentro de utiliza la varianza dentro de subgrupos, mientras que la curva general utiliza la varianza general de la muestra.

La normalidad de los datos se evidencia al comparar la curva con las barras. Una distribución normal es simétrica y tiene forma de campana. En el caso de tamaños de muestra pequeños, puede ser difícil evaluar la normalidad utilizando un histograma.

Lo que se busca es analizar las curvas para ver cuán cerca están entre sí. Una diferencia sustancial entre las curvas “dentro de” y general puede indicar que el proceso está fuera de control o que hay fuentes de variación que el componente “dentro de” no estimó. La gráfica de los últimos 25 subgrupos muestra la distribución de las mediciones en los últimos 25 subgrupos.

4) Gráfica de probabilidad normal

Se utiliza esta gráfica de probabilidad normal para determinar si los datos están distribuidos normalmente. Si los datos están distribuidos normalmente, los puntos

graficados deberían aparecer cercanos a una línea recta y dentro del intervalo de confianza de 95%. Además, se usan los estadísticos de prueba de Anderson-Darling con los valores p correspondientes para determinar si sus datos siguen una distribución.

5) Gráfica de capacidad

La gráfica de capacidad consta de tres intervalos:

- El intervalo dentro de representa la tolerancia potencial del proceso y se calcula multiplicando por seis la desviación estándar dentro de subgrupos.
- El intervalo general representa la tolerancia real del proceso y se calcula multiplicando por seis la desviación estándar general.
- El intervalo de especificación representa el intervalo entre los límites de especificación inferior y superior (LEI y LES) que usted especificó.

Se precisa comparar los intervalos “dentro de” y general con el intervalo de las especificaciones. Si los intervalos dentro de y general se encuentran dentro de los intervalos de especificación, puede concluir que el proceso está produciendo unidades conforme a las especificaciones.

6) Índices de capacidad interna

Los índices de capacidad potencial (dentro de) están relacionados con la desviación estándar dentro de subgrupos.

Las directrices de la industria determinan si el proceso es capaz. Un valor mínimo generalmente aceptado para los índices es 1.33.

Estos índices reflejan cómo podría funcionar el proceso en relación con los límites de especificación, si se pudieran eliminar los cambios rápidos y graduales entre los subgrupos. Los índices de capacidad constan de lo siguiente:

- C_p - relaciona la dispersión del proceso (la variación de 6-s) con la dispersión de especificación. En otras palabras, C_p relaciona la forma como funciona el proceso con la forma como debería estar funcionando. C_p no considera la ubicación de la media del proceso, y de esta manera, indica qué capacidad podría alcanzar su proceso si estuviese centrado.
- CPU y CPL - relacionan la dispersión del proceso (la variación de 3-s) con una dispersión de especificación unilateral (m-LES o LEI-m). CPL y CPU consideran

tanto el centro del proceso como la dispersión del proceso. Utilice CPL y CPU cuando tenga un límite de especificación unilateral. Por ejemplo, si desea que un cable alcance una resistencia mínima, usted podría comparar el proceso con límite de especificación inferior.

- C_{pk} - Mínimo de CPU y CPL. C_{pk} incorpora información relacionada con la dispersión del proceso y la media del proceso y, de esta manera, mide cómo el proceso está funcionando realmente. C_{pk} considera la ubicación de la media del proceso, lo que no hace C_p . Si C_p y C_{pk} son aproximadamente iguales, entonces el proceso está centrado dentro de los límites de especificación. Si C_p es mayor que C_{pk} , entonces el proceso no está centrado.
- La salida también incluye PPM, que es el número de partes no conformes de un millón de partes.

Una diferencia sustancial entre los índices de capacidad general y dentro de podría indicar que el proceso está fuera de control, o que las fuentes de variación no fueron estimadas por el componente de variación dentro del subgrupo.

7) Índices de capacidad general

Los índices de capacidad general están relacionados con la desviación estándar general de la muestra.

De la misma manera, las directrices de la industria determinan si el proceso es capaz. Un valor mínimo generalmente aceptado para los índices es 1.33.

Estos índices indican cómo está funcionando realmente el proceso en relación con los límites de especificación. Los índices de capacidad constan de lo siguiente:

- P_p - relaciona la dispersión del proceso (la variación de 6-s) con la dispersión de especificación. En otras palabras, P_p relaciona la forma como está funcionando el proceso con la forma como debería estar funcionando. P_p no considera la ubicación de la media del proceso y, de esta manera, indica la capacidad que podría alcanzar su proceso si estuviese centrado.
- PPU y PPL - relacionan la dispersión del proceso (la variación de 3-s) con una dispersión de especificación unilateral (m-LES o LEI-m). PPL y PPU consideran tanto el centro del proceso como la dispersión del proceso.

Utilice PPL y PPU cuando tenga un límite de especificación unilateral. Por ejemplo, si desea que un cable alcance una resistencia mínima, usted podría comparar el proceso con límite de especificación inferior.

- P_{pk} - mínimo de PPU y PPL. P_{pk} incorpora información sobre la dispersión del proceso y la media del proceso, por lo que representa una medición de cómo el proceso está funcionando realmente.
- P_{pk} considera la ubicación de la media del proceso, lo que no hace P_p . Si P_p y P_{pk} son aproximadamente iguales, entonces el proceso está centrado entre los límites de especificación. Si P_p es mayor que P_{pk} , el proceso no está centrado.
- C_{pm} - se provee sólo cuando usted especifica un objetivo. C_{pm} examina la dispersión del proceso y el desplazamiento de la media del proceso con respecto al objetivo y los compara con la dispersión de especificación.
- La salida también incluye PPM, que es el número de partes no conformes de un millón de partes.

Una diferencia sustancial entre los índices de capacidad general y dentro de puede indicar que el proceso está fuera de control, o que las fuentes de variación no fueron estimadas por el componente de variación dentro de subgrupos. En este ejemplo, los índices de capacidad dentro de y general están muy cercanos entre sí.

G. INADECUADA ILUMINACIÓN

a) Más alumbrado en las áreas de trabajo

La iluminación en los centros de trabajo juega un papel importante para que los trabajadores puedan realizar sus labores. Factores como seguridad, productividad y la calidad se ven favorecidas cuando existen buenas condiciones de iluminación, ya que esta brinda no sólo facilidad para hacer el trabajo, sino también, reduce las distracciones, molestias o agotamiento que pueden provocar un accidente laboral. Betancourt, O. (1999).

b) Conceptos de luz visible e iluminación:

La luz visible es una radiación electromagnética que puede ser percibida por el ojo humano; el sentido de la vista es el que nos permite observar la forma y el color de un objeto. Su funcionamiento se parece al de una cámara fotográfica, donde la pupila, uno de sus componentes, se contrae o se agranda de acuerdo con la cantidad de luz que

recibe definir iluminación como la cantidad de luz emitida por una fuente luminosa que cae en determinado tiempo sobre una superficie. Para medirse se dispone de una unidad conocida como lux y su símbolo es lx, aunque también se pueden emplear los pies candela (FC).

Características de la iluminación:

La iluminación en todo lugar de trabajo va a depender de tres características: la naturaleza de la tarea, la agudeza visual del trabajador y las condiciones ambientales en las que se realiza el trabajo.

c) La naturaleza de la tarea:

Existen labores donde la exigencia visual es mayor que en otros; por ejemplo, un artesano necesitará mayor cantidad de luz que un operario de máquina

d) La agudeza visual del trabajador:

La iluminación debe adaptarse a los requerimientos individuales, ya que las capacidades visuales de cada persona son diferentes. La edad es otro elemento por tomar en cuenta, ya que un trabajador de edad madura requerirá más luz que un joven.

Las condiciones ambientales en las que se realiza el trabajo. En este aspecto se debe considerar el estado en que se encuentran las fuentes de iluminación natural y artificial, el tipo de luminaria, la ubicación, el mantenimiento y la limpieza de las lámparas, la existencia o no de brillo o resplandor en las áreas de trabajo y el fondo visual para ejecutar la tarea. Betancourt, O. (1999).

H. FALTA DE LIMPIEZA, ORDEN Y ORGANIZACIÓN

a) Filosofía de las 5S KAIZEN.

Las 5s tienen por objetivo realizar cambios ágiles y rápidos con una visión a largo plazo, en la que participan previamente todas las personas de la organización para idear e implementar sus mejoras. Con ellas, logramos minimizar nuestros despilfarros y elementos innecesarios, mejorando así, la generación de valor en nuestros productos y servicios. Las 5s nos ayudan a la obtención de certificaciones (ISO, OSHAS, SQAS...). Siendo valoradas positivamente en sus auditorías.

Las 5S son por excelencia la herramienta idónea para introducir, fomentar y consolidar la participación, la toma de responsabilidades, la proactividad, la comunicación, la

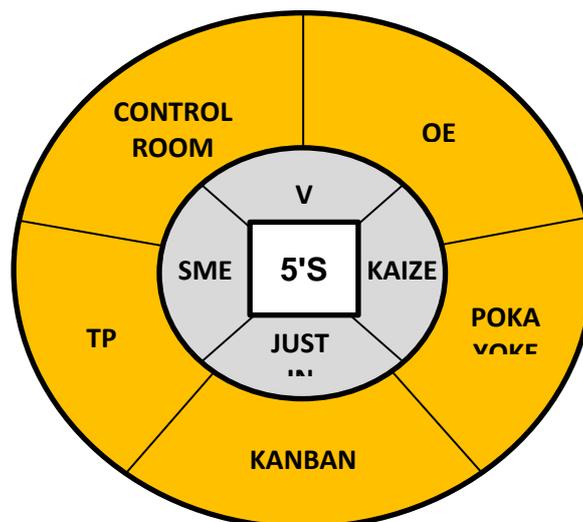
creatividad, la sinergia, el compromiso, el deseo de mejora, la visión del valor y el compañerismo entre empleados. Sus estandarte es su robustez y agilidad que les permiten adaptarse y sostenerse a la totalidad de las empresas y actividades, siendo fácilmente integradas por las personas. Las 5S son la base metodológica del Lean, siendo la herramienta de inicio para el conjunto de herramientas Lean (ver Figura N° 01) Aldavert J., Vidal E., Lorente J., Aldavert X.; (2016)

Cuadro N°08 : Metodología de 5S

Fases de implementación	Las 5S	5S en japonés	5S en castellano	Representación Gráfica
Eses Operativas	1ºS	<i>Seiri</i>	Seleccionar, Eliminar, Reducir.	
	2ºS	<i>Seiton</i>	Ordenar, Clasificar, Identificar.	
	3ºS	<i>Seiso</i>	Limpiar, Sanear, Anticipar	
Eses Funcionales	4ºS	<i>Seiketsu</i>	Estandarizar, Normalizar	
	5ºS	<i>Shitsuke</i>	Auditar, Autodisciplina, Hábito	

Fuente: (González, J.; 1998)

Figura N° 01: Conjunto de herramientas en base a las 5S



Fuente: (Aldavert J., Vidal E., Lorente J., Aldavert X.; 2016)

b) Metodología de implementación 5”S.

Implementación de la 1ªs que es seiri (clasificación) e implica seleccionar, separando los elementos necesarios e innecesarios.

Significa eliminar del área de trabajo todos los elementos innecesarios y que no se requieren para realizar nuestra labor, clasificar es separar u ordenar por clases, tipos, tamaños, categorías o frecuencias de uso.

- Los siguientes puntos te ayudarán a implementar de manera efectiva esta “S”:
- Separar en el sitio de trabajo las cosas que realmente sirven de las que no sirven.
- Clasificar lo necesario de lo innecesario para el trabajo rutinario.
- Mantener lo que necesitamos y eliminar lo excesivo.
- Separar los elementos empleados de acuerdo a su naturaleza, uso, seguridad y frecuencia de utilización con el objeto de facilitar la agilidad en el trabajo.
- Organizar las herramientas en sitios donde los cambios se puedan realizar en el menor tiempo posible.
- Eliminar elementos que afectan el funcionamiento de los equipos de cómputo y maquinaria que pueden conducir a posibles averías.
- Eliminar información innecesaria que nos puede conducir a errores de interpretación o de actuación.

¿Cómo aplicar la clasificación?

El primer paso en la implantación de la Clasificación consiste en la identificación de los elementos innecesarios en el lugar de trabajo seleccionado para implantar las 9’s. Para comenzar el proceso, lo primero que debe hacerse es clasificar. Utilizando el formato Inventario y clasificar cada uno de los elementos de acuerdo al formato Matriz de Clasificación de Objetos Se recomienda que se propongan tiempos de aplicación para esta “s”, que no vayan más allá de una semana. Para realizar de manera efectiva esta primera “s” pueden apoyarse con el formato Priorización de Metas. Después de orientar al grupo a clasificar y explicando que, sin darnos cuenta, guardamos “cosas” que no funcionan, en mal estado o excedentes. La clasificación de objetos servirá para que nadie deseche algo que puede resultarle útil a alguien de otra área.

Implementación de la 2ªS que es Seiton (ORGANIZACIÓN), permite ordenar los elementos necesarios en el lugar de trabajo y mantenerlos en orden.

Ordenar consiste en organizar los elementos que hemos clasificado como necesarios de modo que se puedan encontrar con facilidad, ya sea por características de tamaño, color, funcionamiento, etc.

- Se pueden usar métodos de gestión visual para facilitar el orden, pero a menudo, el más simple lema es:
- Un lugar para cada cosa, y cada cosa en su lugar.
- Los siguientes puntos te ayudarán a implementar de manera efectiva esta “S”:
- Organizar racionalmente el puesto de trabajo (proximidad, objetos pesados fáciles de coger o sobre un soporte)
- Definir las reglas de ordenamiento
- Los objetos de uso frecuente deben estar cerca del operario
- Clasificar los objetos por orden de utilización
- Estandarizar los puestos de trabajo
- Guiarse con el Mapa Detallado
- Beneficios de la Organización
- El aseo y limpieza se pueden realizar con mayor facilidad y seguridad.
- Se mejora la información en el sitio de trabajo para evitar errores y acciones de riesgo potencial.
- Facilita el acceso rápido a elementos que se requieren para las actividades: La presentación y estética del puesto de trabajo se mejora, comunica orden, responsabilidad y compromiso con el trabajo.
- Se libera espacio.
- El ambiente de trabajo es más agradable.
- Se incrementa la eficiencia.
- Mejora la productividad, reflejada en el cumplimiento de los objetivos y metas.

¿Cómo aplicar la organización?

Después de clasificar los objetos en cada área de trabajo hay que tomar la decisión de qué hacer con lo que consideramos necesario, y es aquí donde empieza la segunda “s” y para comenzar necesitas tener en cuenta las siguientes recomendaciones: El color que

debes utilizar para organizar los documentos. Revisar las políticas del Programa 9's La ubicación de cada una de las carpetas. La relación de carpetas que contiene cada librero. La ubicación de la maquinaria y equipo en el puesto de trabajo. El área temporal para los objetos que están en proceso de baja. Revisar los protocolos de acción para cada uno de los objetos innecesarios. Aportarte con el Mapa Detallado para la ubicación de cada maquinaria y equipo.

Implementación de la 3ªS que es Seiso y significa LIMPIAR y sanear el entorno para anticiparse a los problemas.

Limpiar es el acto de quitar lo sucio de algo. En la filosofía de 5S, este concepto se refiere a eliminar manchas, mugre, grasa, polvo, desperdicios, etc. de pasillos, oficinas, almacenes, escritorios, sillas, estantes, ventanas, puertas, equipo, herramientas y demás elementos del sitio de trabajo; y mantener permanentemente condiciones adecuadas de aseo e higiene.

Una vez que el espacio de trabajo está despejado (Clasificación) y ordenado (Organización), es más fácil limpiarlo.

La falta de una efectiva implementación de la "Limpieza" puede tener consecuencias, provocando incluso anomalías o el malfuncionamiento de la maquinaria y/o equipo.

Los siguientes puntos te ayudarán a implementar de manera efectiva esta "S":

- Limpiar, inspeccionar, detectar las anomalías
- Volver a dejar sistemáticamente en condiciones funcionales.
- Facilitar la limpieza y la inspección
- Eliminar la anomalía en origen
- Beneficios de la implementación de la Limpieza.
- Reduce el riesgo potencial de que se produzcan accidentes.
- Mejora el bienestar físico y mental del trabajador.
- Se incrementa la vida útil de la maquinaria y equipo al evitar su deterioro por contaminación y suciedad.
- Las averías se pueden identificar más fácilmente cuando el equipo se encuentra en estado óptimo de limpieza

- La limpieza conduce a un aumento significativo de la Efectividad Global del Equipo.
- Se reducen los despilfarros de materiales y energía debido a la eliminación de fugas y escapes.

¿Cómo implementar limpieza?

La Limpieza debe implementarse siguiendo una serie de pasos que ayuden a crear el hábito de mantener el sitio de trabajo en correctas condiciones. Paso 1. Campaña o jornada de limpieza El responsable de la implementación de 9's debe convocar a una reunión a todos los colaboradores del área donde se detallen las actividades de esta jornada, el propósito de esta jornada es eliminar los elementos innecesarios y limpiar el equipo, pasillos, libreros, archiveros, almacenes, maquinaria, etc. Esta clase de limpieza no se puede considerar una efectiva implementación, ya que se trata de un buen inicio y preparación para la práctica de la limpieza permanente. Esta jornada de limpieza ayuda a obtener un estándar de la forma como deben estar los equipos permanentemente. Las acciones de la Limpieza deben ayudarnos a mantener el estándar alcanzado el día de la jornada inicial.

Implementación de la 4ªS que es Seiketsu (ESTANDARIZAR) y permite estandarizar las normas generadas por equipos.

Estandarizar es regularizar, normalizar o fijar especificaciones sobre algo, a través de políticas, procedimientos o reglamentos.

Sensibilización:

Compromiso Directivo Para lograr que los directivos se involucren, necesitan estar convencidos de que el Programa 9's es un proceso que realmente causa impacto positivo, para ello es necesario que el responsable de la 9's convoque a una reunión a todo el personal de su área, para explicarles a grandes rasgos qué es el Programa 9's y cuáles son los beneficios de su aplicación. Para esta actividad es conveniente que elabore una presentación de 5 a 10 diapositivas, que apoyen a expresar en cuando mucho 15 minutos los puntos más importantes del Programa y finalmente plasma la reunión en una Minuta de Reunión donde firmen de asistencia, puntos o temas a tratar, los acuerdos (actividad, fecha, responsable), notas u observaciones y fecha de la próxima reunión. En la última fase de la presentación es conveniente ir introduciendo los compromisos en el cual los directores elijan: Quién será responsable de dar seguimiento a la aplicación del Programa en el área. En qué áreas se aplicarán las 9's.

Una vez que el cuerpo directivo haya seleccionado al responsable, es necesario dejar por escrito los compromisos en la Minuta de Reunión.

¿Cómo implementar estandarización?

Si has seguido las instrucciones hasta ahora, en este momento has cumplido con el primer lineamiento de la estandarización: Documentar el proceso. En coordinación con los colaboradores del área de trabajo verifica con el siguiente listado, el contenido de tu carpeta de evidencia de la implementación.

Cuadro N°09: Listado de evidencia de la implementación

CONTENIDO	SI	NO
Copia de este manual: implantación "Programa 9's".		
Políticas del Programa 9's.		
Mara de Zona.		
Mapa Detallado.		
Inventarios.		
Matriz de clasificación de objetos.		
Evidencia fotográfica inicial y subsecuente.		
Encuestas de evaluación inicial y subsecuente.		
Gráfica de radar.		
Priorización de metas.		

Fuente: (Fuente: Aldavert J., Vidal E., Lorente J., Aldavert X.; 2016)

5ªS es Shitsuke (DISCIPLINA) , dinamiza las auditorías de seguimiento y consolida el hábito de la Mejora Continua.

La disciplina es el apego a un conjunto de leyes o reglamentos que rigen ya sea a una comunidad, a la empresa o a nuestra vida; la disciplina es el orden y control personal que se logra a través de un entrenamiento de las facultades mentales, físicas o morales.

Su práctica sostenida desarrolla en la persona disciplinada un comportamiento confiable. Si la dirección de la unidad estimula a cada uno de los integrantes para que aplique el ciclo de mejora en cada una de las actividades diarias, es muy seguro que la disciplina no tenga ninguna dificultad. Los siguientes puntos te ayudarán a implementar de manera efectiva esta "s":

I. PLANIFICACIÓN DE LA PRODUCCIÓN INEFICIENTE

a) Planeación de Requerimientos de Materiales (MRP)

La planeación de los requerimientos de materiales es una metodología conocida por sus siglas en inglés MRP (Material Requirements Planning). Esta consiste en el desfase de necesidades de materias primas en función del programa maestro de producción terminado y del tiempo de entrega de las materias primas. Uno de sus objetivos es reducir los problemas de planeación como son: Falta de documentación, equipo, herramientas, materiales y recursos humanos (Hicks 1999).

El sistema MRP como todos los sistemas tiene datos de entrada y de salida, a continuación se presentan los datos de entrada (Gaither, 2002):

- Master Production Schedule.- Proporciona información acerca de la demanda, contiene cantidades y fechas de entrega para todos los productos finales.
- Item Master File.- Se organiza por medio de números de parte. Contiene una descripción de la parte, BOM, regla para determinar tamaños de lote y el tiempo planeado de producción.
- Inventarios - El estado del inventario, que recoge las cantidades de cada uno de los productos, es decir cuanto hay de cada producto en existencia.

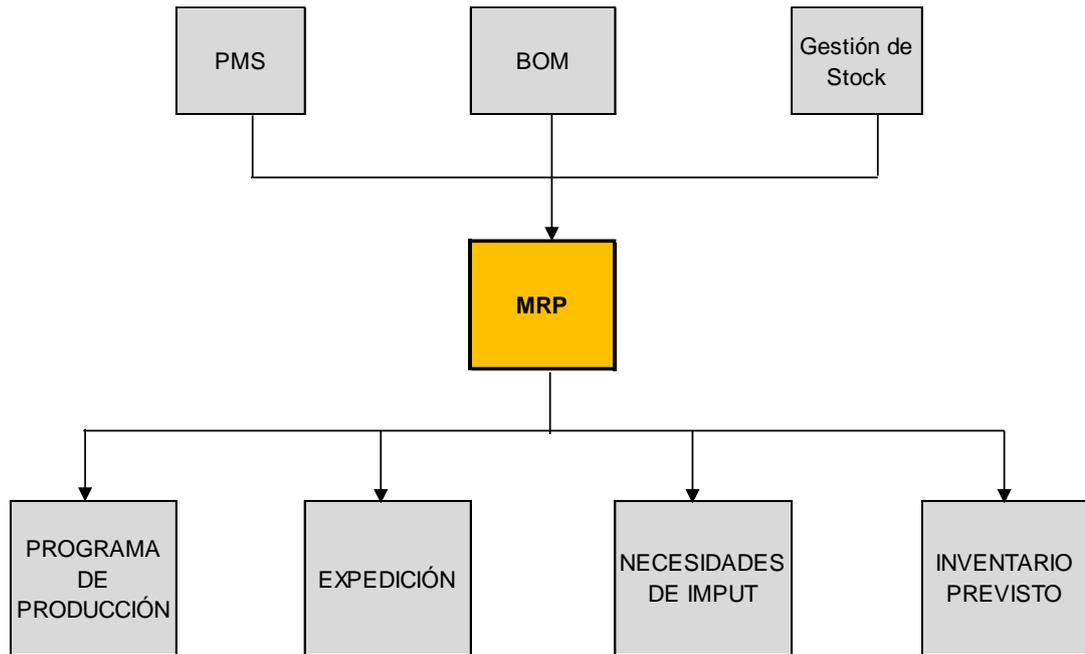
A partir de los datos de entrada se realiza explosión de las necesidades, lo cual nos proporciona como resultado (Gaither, 2002):

- El plan de producción de cada uno de las partes que han de ser fabricadas, especificando cantidades y fechas en que han de ser lanzadas las órdenes de fabricación.
- El plan de aprovisionamiento, detallando las fechas y tamaños de los pedidos a proveedores para todas aquellas referencias que son adquiridas en el exterior.

- El informe de excepciones, que permite conocer que, órdenes de fabricación van retrasadas y cuales son sus posibles repercusiones sobre el plan de producción y en última instancia sobre las fechas de entrega de los pedidos a los clientes.

Como conclusión de este apartado se muestra la el Diagrama N°11, donde se muestran los datos de entrada del MRP y los datos de salida de manera más objetiva. Como se puede notar el MRP es una herramienta muy poderosa y en ocasiones pocas veces usada; para fines prácticos de esta tesis se utilizará dentro de los mapas de proceso (Gómez, 2004).

Diagrama N°11: MRP



Fuente: (Gómez, 2004)

Europa desarrolló una nueva metodología llamada "contabilidad industrial", que se refería a llevar un registro contable de lo que sucedía a partir de los actos de la producción.

La automatización de las funciones productivas fue evolucionando a algo que se le llamó MRPII, lo mismo que el MRP, pero ahora considerando también las capacidades de las líneas de producción.

A partir de las necesidades de reducir costos de inventarios apareció el concepto JIT, que significa justo a tiempo (Just In Time), que agregaba al MRPII la variante de planear la producción en demandas directas de los clientes, en vez de (o además de) en pronósticos, a fin de reducir los niveles de almacén y los costos involucrados en tales inventarios, además de brindar un mejor servicio a los clientes (Hicks 1999).

Para planear la producción, es indispensable definir detalladamente el producto final. El BOM o Bill of Material es la lista de ítems que se ensamblan, estructurada por niveles, en la que se evidencia la relación parental entre los componentes. Se considera que un BOM debe permitir: 1) Facilitar el pronóstico de la demanda, 2) Facilitar la elaboración del Plan Maestro de Producción, 3) Ser consistente con el proceso de manufactura, 4) Ser la base para el costeo del producto, y 5) Facilitar la emisión de órdenes para el ensamblaje final. (Toomey,1996).

El Plan Maestro de Producción está influenciada por la calidad del pronóstico. El enfoque del pronóstico a menudo se ve envuelto en objetivos conflictivos que no son correctamente comprendidos. El pronóstico no debe ser confundido con la cuota de ventas ni con la meta, sino mas bien representar el comportamiento esperado de las actividades. Los pronósticos dependen de los patrones en la data histórica, así como de su calidad y disponibilidad. Podemos identificar principalmente cinco patrones: 1) Lineal, 2) Patrón de tendencia, 3) Patrón cíclico, 4) Patrón estacional, y 5) Ocurrencias aleatorias. (Toomey,1996).

Por otra parte, la ejecución del MRP se ve notablemente mejorada con la integración de métodos heurísticos o de optimización. Entre los métodos de optimización tenemos al Método de Wagner-Whitin y a los modelos MILP. Para la optimización de un MRP, se plantea el siguiente modelo MILP, para un horizonte anual:

$$\min z = \sum_j \sum_{i=1}^{12} c_{ij} X_{ij}$$

Con las variables de decisión:

X_{ij} , que representa a la cantidad a comprar en el mes i , del componente j .

y_{ij} , que representa a la decisión de comprar en el mes i , del componente j .

$$x_{ij} = F_i n_j$$

$$BI_{ij} = EI_{i-1,j}$$

$$EI_{ij} = BI_{ij} + x_{ij} + X_{ij}$$

$$S_{ij} = s_j y_{ij}$$

$$c_{ij} = O_{ij} + A_{ij}$$

$$O_{ij} = o_j y_{ij}$$

$$A_{ij} = EI_{ij} a_j$$

$$POR_{ij} = X_{i-l_j,j}$$

$$EI_{i-1,j} \geq 0$$

$$M y_{ij} - X_{ij} \geq 0$$

$$S_{ij} - X_{ij} \geq 0$$

$$X_{ij} \geq 0$$

$$M = \sum_{i=1}^{12} F_i$$

$$0 \leq i \leq 12$$

$$0 \leq j \leq 10$$

Donde:

- F_i , es el pronóstico de demanda, en el mes i , del componente j .
- n_j , es el número de componentes j por unidad de producto final.
- x_{ij} , es el requerimiento de componentes, en el mes i , del componente j .
- BI_{ij} , es el inventario inicial, en el mes i , del componente j .
- EL_{ij} , es el inventario final, en el mes i , del componente j .
- S_{ij} , es la capacidad límite de almacenamiento, en el mes i , del componente j .
- s_j , es la capacidad límite predefinida para el componente j .
- c_{ij} , es el costo total, en el mes i , del componente j .
- O_{ij} , es el costo de la transacción de compra, en el mes i , del componente j .
- o_j , es el costo predefinido de la transacción de compra para el componente j .
- A_{ij} , es el costo del almacenamiento, en el mes i , del componente j .
- a_j , es el costo unitario de almacenamiento para el componente j .
- POR_{ij} , es la liberación de orden planeada, en el mes i , del componente j .
- M , es un número grande, se recomienda la suma de los pronósticos.

Métodos de pronóstico:

Para acomodar la tendencia y la estacionalidad, el modelo Winters agrega un parámetro estacional al modelo de Holt. Esta es una adición útil, en cuanto la estacionalidad es común con distintas clases de series de datos. Varios bienes y servicios son frecuentemente producidos, vendidos, distribuidos, o consumidos durante épocas específicas en el año. Claramente, la administración, planeamiento o el área de presupuestos que se encargan de estos productos requerirán pronósticos que consideren y se adecúen a la variación estacional de la serie. Este acomodo puede ser aditivo o multiplicativo. En el modelo aditivo, el parámetro estacionario S_t , es simplemente agregado a la ecuación de Holt para obtener el modelo de Winters (Yaffee, 1999):

$$Y_{t+h} = \mu_t + b_t t + S_{t-p+h} + e_t$$

El suscrito p es la periodicidad de la estacionalidad, y $t = h$, es el número de períodos dentro del horizonte de pronóstico que está siendo tomado. Cada uno de estos tres parámetros en el modelo requiere una ecuación suavizada de actualización. La ecuación suavizada de actualización para el promedio es:

$$\mu_t = \alpha(Y_t - S_{t-p}) + (1 + \alpha)(\mu_{t-1} + b_{t-1})$$

Por otra parte, la ecuación suavizada de actualización de la tendencia es:

$$b_t = \gamma(\mu_t - \mu_{t-1}) + (1 - \gamma)b_{t-1}$$

Y, finalmente, la ecuación suavizada de actualización de la estacionalidad es:

$$S_t = \delta(Y_t - \mu_t) + (1 - \delta)S_{t-p}$$

El peso de la suavización estacional es llamada delta, δ . Los factores estacionales, representados por S_{t-p} , son normalizados de manera que sumen cero en el modelo Winters aditivo. Todas juntas, estas ecuaciones suavizadas ajustan y combinan las partes componentes de la ecuación de predicción de los valores de los componentes previos. (SAS Institute, 1995). Al agregar un parámetro más al modelo de Holt, el modelo Winters acomoda aditivamente los mayores componentes de una serie de datos.

El modelo Winters multiplicativo consiste una tendencia lineal y un parámetro estacional multiplicativo, δ . La fórmula general para este modelo de Winters es:

$$\hat{Y}_t = (\mu_t + b_t t)S_{t-p+h} + e_t$$

Así como en la versión aditiva, cada uno de los tres parámetros es actualizado con su propia ecuación de suavización exponencial. Debido a que este es un modelo multiplicativo, la suavización es provocada por la división del componente estacionario en la serie. La media es actualizada por el ratio suavizado de las series dividido por su componente estacionario en su retraso periódico más la suavización lineal retrasada y sus componentes de tendencia.

$$\mu_t = \alpha\left(\frac{Y_t}{S_{t-p}}\right) + (1 - \alpha)(\mu_{t-1} + b_{t-1})$$

La tendencia es suavizada en la misma manera que en el modelo de Holt y que en la versión aditiva de Winters:

$$b_t = \gamma(\mu_t - \mu_{t-1}) + (1 - \gamma)b_{t-1}$$

El suavizado estacionario sigue de una porción del ratio del valor de la serie sobre el promedio más una porción suavizada de la estacionalidad en su retraso periódico. El componente estacionario es normalizado con el modelo de Winters, de manera que los factores estacionales, representados por S_t , promedian 1.

$$S_t = \delta \left(\frac{Y_t}{\mu_t} \right) + (1 - \delta) S_{t-p}$$

Métricas de calidad

Este conjunto de valores proporciona información estadística sobre la calidad del modelo. En la Tabla N°03 se muestra la definición de las Métricas de Calidad

Tabla N°04: Definición de las Métricas de Calidad.

VALOR	DEFINICIÓN
RMSE: Error de cuadrado de media raíz	$RMSE = \sqrt{\left(\frac{1}{n}\right) \sum e(t)^2}$
MAE: Error absoluto de media	$MAE = \frac{1}{n} \sum e(t) $
<p>MASE: Error escalado absoluto de media</p> <p>MASE mide la magnitud del error en comparación con la magnitud del error de un pronóstico ingenuo de corto plazo como relación. Un pronóstico ingenuo supone que cualquier valor actual será el mismo valor mañana. De modo que un MASE de 0,5 significa que su pronóstico posiblemente tenga la mitad de errores que un pronóstico ingenuo, lo que es mejor que un MASE de 1,0, que no tiene ninguna ventaja sobre un pronóstico ingenuo. Ya que esta es una estadística normalizada que se define para todos los valores y ponderaciones de error de forma igualitaria, es una métrica excelente para comparar la calidad de otros métodos de pronóstico.</p> <p>La ventaja de la métrica MASE por sobre la métrica MAPE más común es que MASE se define para la serie de tiempo que contiene cero,</p>	$MASE = \frac{\frac{1}{n} \sum e(t) }{\frac{1}{n-1} \sum_2^n Y(t) - Y(t-1) }$

<p>mientras que MAPE no. Además, MASE evalúa los errores de igual manera, mientras que MAPE evalúa los errores positivos y extremos de forma más severa.</p>	
<p>MAPE: Error de porcentaje absoluto de media</p> <p>MAPE mide la magnitud del error en comparación con la magnitud de sus datos, como porcentaje. De modo que un MAPE de un 20% es mejor que un MAPE de un 60%. Los errores son las diferencias entre los valores de respuesta, estimados por el modelo, y los valores de respuesta reales para cada valor explicativo en sus datos. Ya que esta es una estadística normalizada, se puede usar para comparar la calidad de diferentes modelos computados en Tableau. Sin embargo, no es confiable para algunas comparaciones ya que pondera algunas clases de error más fuertemente que otras. También, no está definido para datos con valores de cero.</p>	$MAPE = \frac{100}{n} \sum \frac{ e(t) }{A(t)}$
<p>AIC: Criterio de información Akaike</p> <p>AIC es una medición de calidad de modelo, desarrollada por Hirotugu Aikake, que penaliza los modelos complejos para prevenir un sobreajuste. En esta definición, k es el número de parámetros estimados, incluidos los estados iniciales, y SSE es la suma de los errores cuadráticos.</p>	$AIC = n \log \frac{SSE}{n} + 2(k + 1)$

Fuente: (Elaboración Propia)

J. USO DE HORNO ARTESANAL

a) Hornos para fundición de hierro

Los tipos de hornos que se emplean con mayor frecuencia en los talleres de fundición son: 1) cubilotes, 2) hornos calentados a fuego directo, 3) hornos de crisol, 4) hornos de arco eléctrico y 5) hornos de inducción. La selección del tipo más apropiado del horno depende de factores tales como la aleación de fundición, su temperatura de fusión y de vaciado, la capacidad necesaria del horno; los costos de inversión, operación y mantenimiento, así como los aspectos relativos a la contaminación ambiental. Groover, M. P. (1997)

¿Qué horno utilizar?

La elección del horno de fusión es una fase importante del proceso de fundición. Cada tipo de horno tiene sus propios requisitos en cuanto a la alimentación y las posibilidades de aleación, lo que a su vez repercute en todo el proceso. Por otro lado, el tipo de metal que va a fundirse determina qué hornos pueden utilizarse y cuáles no. La aplicabilidad de los distintos hornos se muestra en la Tabla N° 01.

Las fundiciones de hierro requieren que el metal tenga una composición y una temperatura controladas y se suministre a una velocidad que coincida con la demanda variable de la línea de moldeo. La carga metálica fundida normalmente se compone de retornos, chatarra de hierro y acero y lingote, a los que se añaden elementos de aleación como ferrosilicio, ferrofósforo o ferromanganeso. La carga se suele fundir en cubilotes u hornos de inducción eléctricos y estos últimos van ganando terreno en el mercado respecto a los primeros. Los hornos de inducción sin núcleo también se utilizan para la fusión mientras que los de inducción de canal sólo se emplean para el mantenimiento, ya que se utilizan principalmente en combinación con cubilotes, en lo que se ha venido a llamar «configuración dúplex». También se emplean hornos rotativos con combustible gas o líquido (fueloil) pero no son tan habituales. El mantenimiento momentáneo, el transporte y el tratamiento del metal se realizan en las propias cucharas. Brown, J. R. (2000)

Tabla N°05: Aplicabilidad según tipo de horno

((f)= fusión; (m)= mantenimiento)

	Cubilotes	De arco eléctrico	Inducción de canal	Inducción sin núcleo	Rotativos	De solera	De cuba	Crisol/ cucharón
Hierro	F	f*	M	f, m	f*	F		m
Acero		F		f, m				m
Aluminio			f, m	f, m	F	F	f	f, m
Magnesio								f, m
Cobre			M	f, m		F		f, m
Plomo				f, m				f, m

Fuente: (Brown, J.; 2000)

2.3. Marco Conceptual (Definición de Términos).

PRODUCCIÓN:

Según Cartier, E. (2010) la producción esta denominada a todo aquello que realiza una actividad con destino a la fabricación, elaboración u obtención de bienes o servicios. La producción se lleva a cabo mediante un proceso que necesita la intervención de distintos factores, desde la materia prima hasta la mano de obra, además de otros factores que interceden en la realización de un bien o servicio.

CALIDAD:

Según Álvarez, C. (2009) la calidad de un producto es el grado de satisfacción obtenido por el cliente después de utilizar el producto. La calidad se mide a posteriori, después del uso del cliente, esto obliga a buscar y a entrevistar a nuestros clientes para ver el grado de satisfacción obtenido, pero es muy complicado.

PRODUCTIVIDAD:

Según Álvarez, C. (2009) nos detalla que la productividad podemos definirla como el cociente entre la producción obtenida y los recursos utilizados. La productividad sirve para evaluar el rendimiento de diversos factores que intervienen en una organización, como por ejemplo: las máquinas, los trabajadores, la materia prima, entre otras. En la productividad afectan factores internos (terreno, materia, energía, maquinaria, recursos humanos) y externos (disponibilidad de materiales, mano de obra calificada, políticas, disponibilidad de capital, entre otras).

RENTABILIDAD

Según Álvarez, C. (2009) la rentabilidad se define como el cociente entre los beneficios obtenidos y los recursos utilizados para alcanzar dichos bienes. La rentabilidad es la capacidad de generar beneficio económico para la organización. La rentabilidad se refiere también a la remuneración recibida por un dinero invertido en un negocio.

CONTROL DE CALIDAD

Según Álvarez, C. (2009) nos dice que el Control de Calidad es la certeza de que el producto reúne las características que nosotros establecimos y el control de la calidad se utiliza para contrastar si eso se cumple. Se habla de tres grandes sistemas de control:

- A posteriori: una vez que el producto ha sido fabricado, cuando sale del proceso propiamente dicho. Exige coger cada unidad de producto y comprobar si se cumplen los requisitos buscados; esto no es posible con la producción a gran escala, en masa, ya que sería más caro el control de la calidad que el coste del montaje (fábrica de coches) ahí se aplicaría la técnica del muestreo.
- A priori: antes del proceso, antes de que los factores entren en el proceso propiamente dicho, se controla que los factores cumplen los requisitos (con muestreo).
- A lo largo del proceso: implica que la calidad se va controlando poco a poco a medida que el producto va avanzando, en cada puesto, lo que implica que el ocupante del puesto además de la técnica de juicio ejerce técnica de control y se tendrá que responsabilizar del resultado de su trabajo firmando con su nombre las piezas que traslada al siguiente compañero.

LEAN MANUFACTURING

Segun Gisbert, V. (2015) nos detalla que Lean Manufacturing es un conjunto de herramientas muchas veces empleables en una organización orientado a retirar de los procesos productivos todo aquello que no añade valor a los bienes y servicios. Este es un modelo de gestión de mejoramiento continuo que elimina los desperdicios para alcanzar resultados inmediatos de productividad, competitividad y rentabilidad del negocio.

GESTIÓN DE LA CALIDAD

Según Camisón, C.; Cruz, S. & Gonzáles, T. (2006), nos dicen que la gestión de la calidad se centra en los medios para obtener la calidad de un producto y a la vez la satisfacción del cliente sobre el consumo de dicho producto. También podemos decir que la gestión de la calidad es aquella que administra de manera organizada a la mejora continua de algún bien o servicio. Además, al tener un buen sistema de gestión de la calidad, siempre le garantizará a la empresa la satisfacción de los requerimientos de sus clientes, tanto en lo que respecta a la prestación de sus servicios o a lo que ofrece el producto en realidad.

GESTIÓN DEL TALENTO HUMANO

Según Alles, M. (2006) detalla que la gestión del talento se refiere al proceso que desarrolla e incorpora nuevos integrantes a la fuerza laboral, y que además desarrolla y retiene a un recurso humano existente.

MRP

Según Fonollosa, J. (2008) nos dice que el MRP es una técnica sencilla, que procede de la práctica y que, gracias al ordenador, funciona y deja obsoletas las técnicas clásicas en lo que se refiere al tratamiento de artículos de demanda dependiente.

CAPÍTULO 3:

DIAGNÓSTICO DE LA REALIDAD ACTUAL DE LA EMPRESA

III. DIAGNÓSTICO DE LA REALIDAD ACTUAL DE LA EMPRESA

3.1. Descripción General de la empresa:

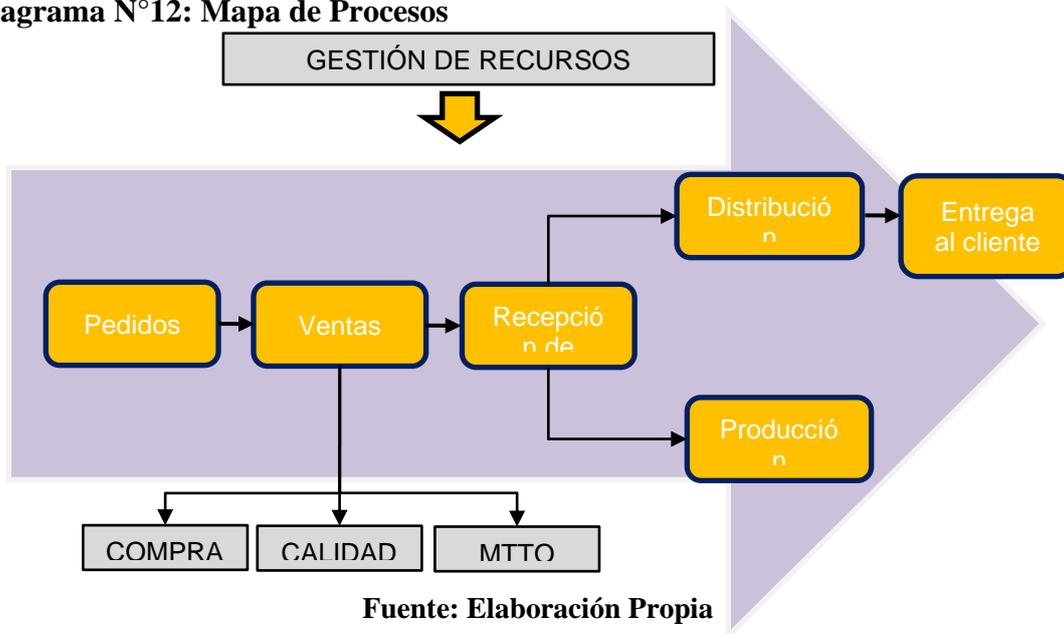
Estructuras metálicas “Virgen de la Puerta” es una mediana empresa dedicada a la fabricación de plomadas, que ha surgido con el paso de los años a base de esfuerzo y dedicación del Gerente y dueño de la misma.

Esta empresa nació con el nombre de Estructuras Metálicas ya que se encargaba de la producción de puertas, ventas, rejas, escaleras y algunos pedidos, como balanzas y hornos para pollerías. Decimos se encargaba ya que, desde hace 8 años, debido a las necesidades del mercado, la empresa se vio obligada a cambiar su giro de negocio y pasó a fabricar plomadas.

Actualmente la empresa se ha especializado en la fabricación y comercialización de este producto, por ende, cuenta con una cartera de clientes seleccionada. Pese a ser una empresa que utiliza métodos rudimentarios, no contar con ningún proceso automatizado, y realizar la fundición con los conocimientos básicos del propio dueño; tiene ventas de 5000 productos mensuales aproximadamente. La empresa solo terceriza un producto y este es una parte de la plomada. El único detalle es que le da un acabado final.

Esta empresa manufacturera no cuenta con ningún área física más que con la de Producción; es decir, el proceso administrativo, logístico, de contabilidad y demás procesos son gestionadas por el propio dueño de la empresa.

Diagrama N°12: Mapa de Procesos



3.2. Misión y Visión:

a. Misión

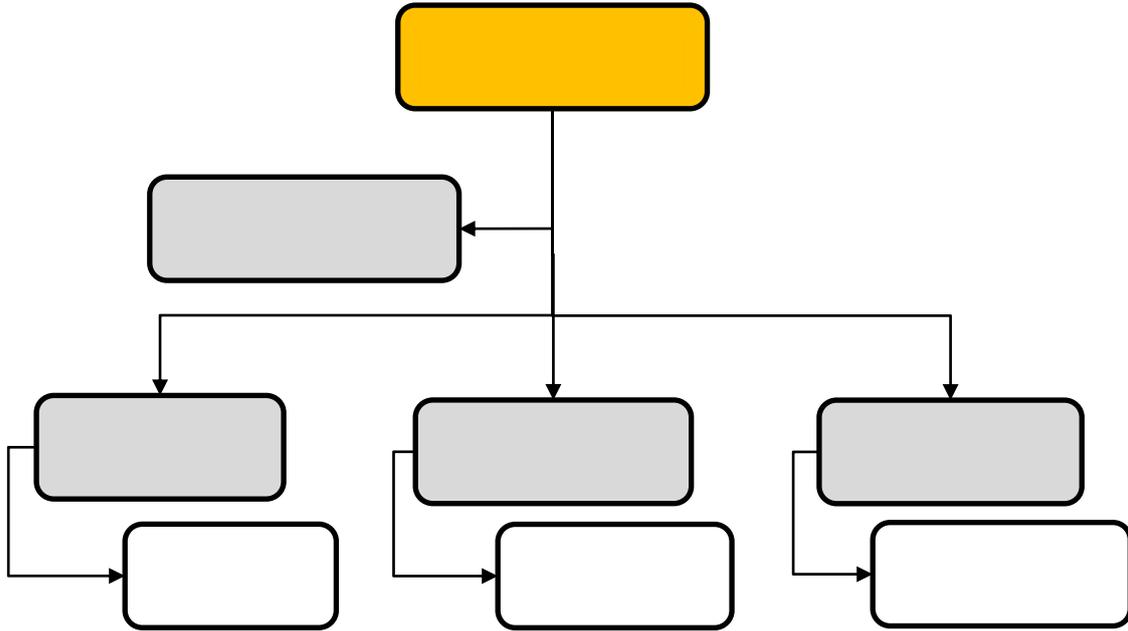
Somos una empresa Trujillana dedicada a la producción y distribución de las mejores plumadas así mismo nos dedicamos a solventar las necesidades que de nuestros clientes en cuanto a la producción de piezas industriales en fierro, hierro y aleaciones. Siempre cumpliendo con los requisitos de calidad, buen servicio y precio.

b. Visión

Crecer como empresa dirigente llegando a tener el liderazgo en la rama y contar con la confianza de nuestro público objetivo que requieran de nuestro producto, asimismo adelantarse en la tecnología y acercarla a los mismos.

3.3. Estructura Organizacional.

Diagrama N°13: Organigrama de la empresa



Fuente: Elaboración Propia

3.4. Proveedores:

La empresa Estructuras metálicas “Virgen de la Puerta” tiene como proveedores principales a los vendedores de chatarra, personas encargadas de almacenar, clasificar y seleccionar el fierro que se utilizará como materia prima.

Si bien es cierto la empresa tiene proveedores fijos pero estos, no pueden ser identificados puesto que son “personas conocidas” por la empresa que venden intermitentemente. Es decir, los pedidos se realizan cuando los proveedores pasan por el Taller ofreciendo o preguntando si necesitan materia prima. De ser así se realiza el pedido y al día siguiente es entregado. De no ser así, el proveedor regresa pasado una semana.

3.5. Competidores:

Como principales competidores de la empresa “Estructuras Metálicas Virgen de la Puerta S.A.C.” encontramos a tres empresas dedicadas al rubro de la Fundición Férrea.

- Fundición Atenas S.A.C.

Dedicada a la fabricación de piezas industriales, ornamentales según muestra o diseño en fierro fundido (gris, bronce y aluminio).

- Aleaciones y Metales Escorpio S.A.C.

Fundición de hierro, acero y aleaciones. Fabricación por pedido.

- Fundición Servicios Balanzas S.R.L.

Producción y Venta al por mayor y menor de Balanzas. Fabricación por pedido.

- Fundiciones del Norte S.R.L.

3.6. Clientes:

La empresa cuenta con una cartera de clientes seleccionada. Los principales clientes (con una participación del 70% de las ventas) están ubicados en la ciudad de Lima y en la Ciudad de Chiclayo como se puede ver en la siguiente lista:

- Inversiones corporativas Wanca S.A.C

INVERSIONES CORPORATIVAS WANCA S.A.C. es una empresa peruana del sector económico de venta minorista de artículos de ferretería, que inició sus actividades en Octubre del 2004.

Registro Único del Contribuyente RUC: 20509655970

- Lili Import E.I.R.L.

LILI IMPORT E.I.R.L. es una empresa peruana del sector económico venta mayorista de materiales de construcción, que inició sus actividades en Noviembre del 2007.

Registro Único del Contribuyente RUC: 20515697501

3.7. Proceso Productivo de la fabricación de Plomadas.

Los procesos desarrollados en la empresa podemos resumirlos en dos grandes bloques según las dos plantas con las que cuenta la empresa: Planta de Fundición y la Planta de acabado. En la primera se realiza el proceso de fundición, en el cual se procesan 10 toneladas de fierro como materia prima y 5 toneladas de carbón como material de combustión, que dan como resultado (incluyendo un rango de 5% y 10% de piezas no conformes) 9800 plomadas. El proceso de fundición es bajo tierra y se hace uso de un horno Cubilote que fue fabricado y diseñado por el Gerente de la empresa haciendo uso de sus conocimientos y su experiencia. El proceso comienza cuando el horno es calentado haciendo uso de 400 kg de carbón de piedra que son vaciados por la parte superior del horno, luego 2 operarios vacían 400kg de metal y nuevamente 400 kg de carbón para que se lleve a cabo la combustión y por ende la fundición del metal, van alternando esta operación durante todo el proceso. Por la parte inferior del horno, se encuentra una boquilla de salida, donde 8 operarios esperan recibir el metal líquido para llevarlos en baldes especiales cubiertos por material refractario (2 operarios son encargados de la preparación de los baldes) y poder vaciar el fluido en los moldes bajo tierra. hacia el horno. Esta operación es supervisada por 1 maestro de fundición. En total, el día en que la planta realiza la actividad de fundición, laboran 13 operarios y cuentan con la presencia del Gerente.

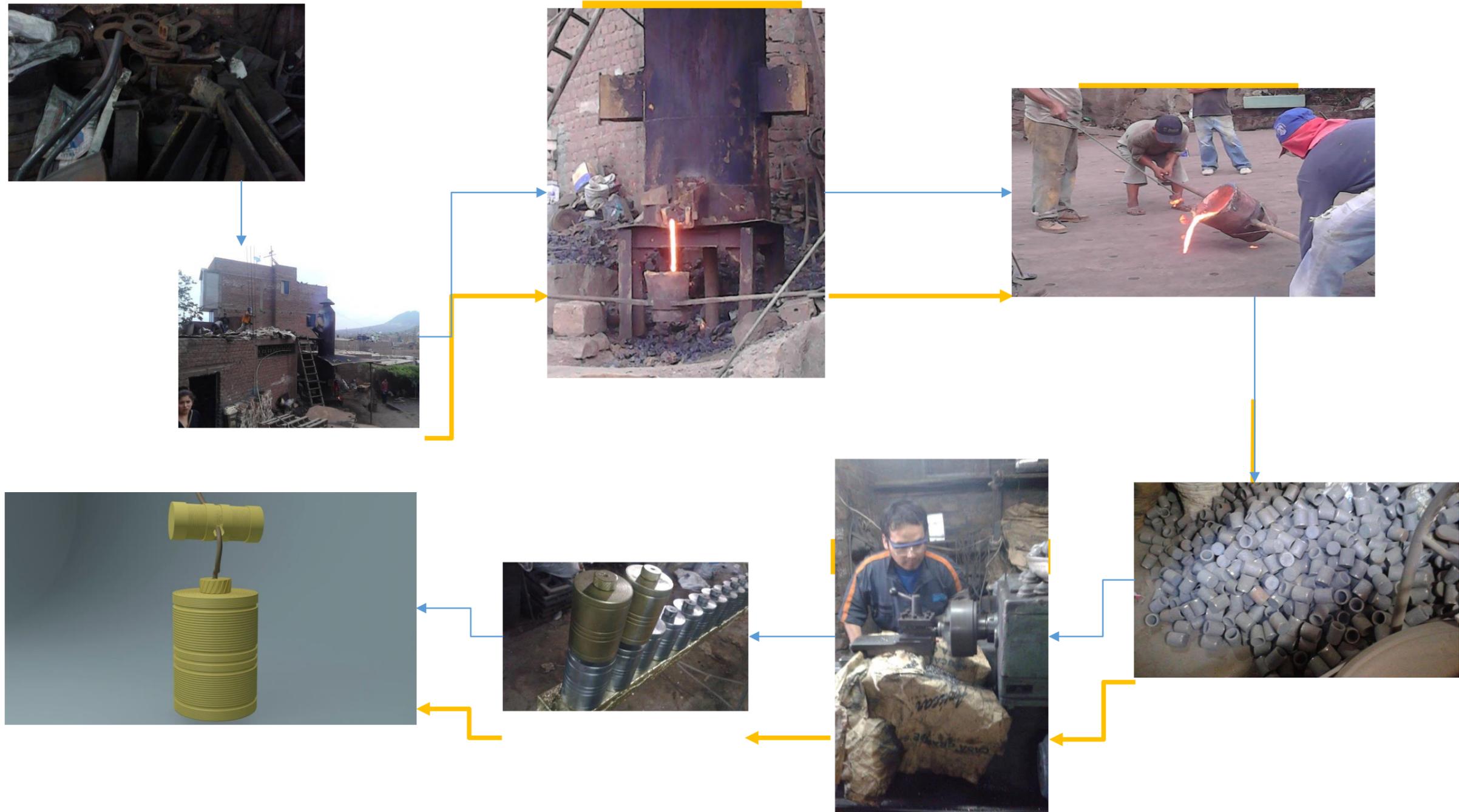
Es necesario mencionar que el proceso de fundición es realizado una vez cada dos meses y el resto del tiempo laboran 2 operarios (un maestro y un ayudante) preparando la tierra para la fundición y realizando los moldes en donde será vaciado el fluido. Cuando termina la actividad de la fundición, se espera un día para que las piezas bajo la tierra queden listas para ser retiradas, actividad que en la empresa la llaman “cosecha”. Esta cosecha dura 10 horas y 6 operarios la realizan en un día. Las piezas cosechadas, muchas veces tienen fallas como ya se mencionó ente el 5% y el 10% son

rechazadas, en cantidad serían aproximadamente entre 500 y 980 plomadas defectuosas.

Las piezas que pasaron el control son trasladadas hacia la Planta de Acabado donde laboran 8 operarios, encargados de darles el acabado final a las piezas como: refrentado, torneado, taladrado, pintado y empaquetado. Estas operaciones se realizan con la ayuda de 1 taladro, 5 tornos industriales y otras herramientas de maquinado. En la última planta también se almacenan las piezas terminadas y listas para su distribución. Habiendo introducido los dos principales procesos que realiza la empresa, en ambas plantas se pudieron observar algunos inconvenientes:

3.7.1. Diagrama Pictórico de la Empresa

Diagrama N°14: Pictograma de la empresa “Estructuras Metálicas Virgen de la Puerta S.A.C.”



Fuente: Elaboración Propia

3.8. Diagnóstico de la Realidad Actual de la Empresa.

Identificación del problema

A. Falta de Capacitación.

En el Taller de Acabado laboran cinco operarios, tres en los procesos de maquinado de las piezas y dos en los procesos de alistado. Estos fueron encuestados (Anexo N° 01) y los resultados de la encuesta se muestran a continuación:

Tabla N°06: Resultado de la encuesta de capacitación

Criterio: Capacitación	Sí	No
¿Se realizan capacitaciones en la empresa?	0%	100%
¿La empresa cuenta con cursos de capacitación?	0%	100%
¿Recibiste capacitación al momento de ingresar a la empresa?	0%	100%
¿Te han impartido algún curso de capacitación fuera de la empresa?	80%	20%
¿Usted cree que la capacitación es un gasto?	20%	80%
¿Cree que las capacitaciones son importantes para su desarrollo laboral?	100%	0%

Fuente: Elaboración Propia

Cabe resaltar que los tres operarios de maquinado llevan entre 2 y 9 años laborando en la empresa, con una experiencia no menor a 2 años en su puesto de trabajo. Además, según el jefe de operaciones, los operarios han asistido a una capacitación sobre Tornos Industriales que fue impartida por el Servicio Nacional de Adiestramiento en Trabajo Industrial (SENATI) un año atrás.

Se calculó el costo de la falta de capacitación al personal en la empresa “Estructuras Metálicas Virgen de la Puerta S.A.C.” tomando en cuenta que la productividad de la empresa se reduce en un 28% por falta de capacitación al personal (Padilla Ramón, Juárez Miriam; 2006).

Tabla N°07: Cálculo del costo por falta de capacitaciones

Productividad actual en el área de acabado	
Índice	28%
N° de Operarios	5
N° de piezas (und/mes)	4000
Horas trabajadas (hr/mes)	192
Productividad perdida	
Margen de Utilidad (\$/und)	0.673
Productividad actua (und/mes)l	4000
Productividad con capacitación (und/mes)	5120
Productividad perdida (und/mes)	1120
Costo perdido por ventas (\$/año)	9040.40

Fuente: Elaboración Propia

B. Personal Desmotivado.

Esta causa fue tomada en cuenta ya que al realizar las primeras visitas al Taller de Acabado, se pudo intuir que los operarios no estaban laborando a un ritmo aceptable. Para analizar este aspecto; es decir, la motivación de los operarios; se realizó una encuesta en la empresa (Anexo N°: 02), los resultados de dicha encuesta se muestran a continuación:

Tabla N°08: Resultado de la encuesta de motivación

Motivación	Muy satisfecho	Satisfecho	Poco Satisfecho	Insatisfecho	Muy insatisfecho
Los beneficios económicos satisfacen mis necesidades			20%	60%	20%
Creo que he elegido bien mi profesión				100%	
Mi trabajo actual me permite tener vacaciones anuales		20%	40%	40%	
Mi trabajo me da prestaciones anuales adecuadas		20%	20%		80%

Condiciones físicas adecuadas	20%	40%	40%		
Plan de salud eficiente para mí y mi familia					100%
Me siento seguro en mi empleo			20%		80%
Subtotal	3%	11%	20%	29%	40%

Fuente: Elaboración Propia

Además, se adjuntó en la misma encuesta anteriormente mencionada, una segunda parte que incluye aspectos de satisfacción del personal tomando en cuenta criterios que influyen a la desmotivación del mismo. Estos aspectos son: el Clima Laboral, Área de trabajo y Carga Laboral; en esta segunda parte se pudo obtener los siguientes resultados:

Tabla N°09: Resultado de la encuesta

Criterios	Muy satisfecho	Satisfecho	Poco Satisfecho	Insatisfecho	Muy insatisfecho
Carga Laboral	17%	43%	23%	10%	7%
Clima Laboral	0%	8%	20%	56%	16%
Área de Trabajo	0%	0%	8%	56%	36%

Fuente: Elaboración Propia

Estos resultados nos ayudan a percibir la insatisfacción que sienten los operarios de la empresa, y que influyen sobre la falta de motivación del personal. Adicionalmente en el criterio de Área de trabajo, los operarios, mencionaron que el cansancio y agotamiento que presentan se debe a la poca iluminación que existe en la empresa, es por eso que esta causa se añadió al estudio para ser investigado.

En este punto es necesario clasificar los costos de la empresa para poder costear las causas que originan el problema a tratar. Esta clasificación se encuentra en el anexo N°3.

Posteriormente, se calculó el costo perdido tomando en cuenta que el personal motivado puede reducir hasta un 30% su tiempo de producción (Pacheco T. Gina, 2012)

Tabla N°10: Costo perdido por Personal Desmotivado

Tiempo de Producción Actual	
Tiempo reducido	30%
N° de Operarios	5
N° de piezas (und/mes)	4000
Horas Trabajadas (hr/mes)	192
Tiempo de producción perdido	
Margen de Utilidad	0.673
Tiempo de producción actual	192
Tiempo reducido por motivación	134.4
Tiempo Perdido (hr/mes)	57.6
Producción Perdido (und/mes)	1200
Costo perdido por ventas (\$/año)	9686.14

Fuente: Elaboración Propia

C. Presencia de impurezas en la materia prima y material de combustión.

Se tomó en cuenta esta causa ya que los Almacenes de Materia Prima ubicados en ambos talleres tienen la superficie de tierra (Foto N° 01). Esta tierra se adhiere a las diferentes formas que presenta la materia prima al ser comprada (Foto N° 02); además no se analiza las condiciones con las cuales los proveedores almacenan el fierro y este es recibido en algunos casos con grasa y tierra. El proceso en el que interviene la materia prima es el proceso de fundición, para el cual no se realiza una limpieza para quitar las impurezas antes mencionadas.

Foto N°01: Piezas de fierro almacenadas



Fuente: Foto Propia

Foto N°02: Materia Prima almacenada en condiciones inadecuadas

Presencia de Polvo en algunas piezas almacenadas

Presencia de pintura en la materia prima almacenada.

Presencia de grasas.

Almacén con la superficie de tierra.



Fuente: Foto propia

Por otra parte el material de combustión para la Fundición es el Carbón de Piedra que; si bien es cierto, es transportado y entregado en óptimas condiciones por sus proveedores pero al llegar a la empresa es almacenado en inadecuadas condiciones (Foto N° 03) . Llamamos inadecuada al hecho de contar con un almacén de tierra y pese a esto, la empresa no toma alguna medida preventiva- correctiva.

Foto N°03: Almacenaje del Material de Combustión



Fuente: Foto propia

La presencia de impurezas en la materia prima y el material de combustión, afecta a la empresa ya que repercute directamente a la calidad del producto y a la cantidad de merma producida que es la escoria. A continuación se muestran las cantidades de fierro y carbón utilizadas para producir 9000 plomadas así como la cantidad de merma procedente de la fundición; estos datos fueron brindados por el Maestro de Fundición de la empresa:

Tabla N°11: Materiales presentes en la Fundición

Entradas del Horno		
Fierro	11000	Kg
Carbón	2000	Kg

Salidas del Horno		
Fierro	10500	Kg
Carbón	0	Kg
Escoria	2000	Kg

Escoria	0.18	%
---------	------	---

Fuente: Foto Propia

Según la Ficha Técnica realizada en el Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas llamado “Escorias de Acería en Hornos Cubilotes” presentada en el 2011, el porcentaje de escoria debe ser como máximo 5%, (Tabla N°12) que es 13% menos a lo que produce actualmente la empresa.

Tabla N°12: Composición Química de la escoria de acería

	Porcentaje %
Ca O	22.00 - 60.00
Si O ₂	11.00 - 37.00
Fe O	0- 0.50-4.00
Fe ₂ O ₃	38
Mg O	4.00 - 12.00
Cr ₂ O ₃	1.00 - 8.00
Ti O ₂	0.60 - 2.00
MnO	1.00 - 4.00
Al ₂ O ₃	2.00 - 8.00
P ₂ O ₆	0.00 - 0.02

Fuente: Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas 2011

Además de producirse un 13% de escoria en exceso, durante el periodo de fundición se hacen varias paradas de producción debido a que la escoria obstruye el reverbero del Horno Cubilote y esto imposibilita realizar de manera continua las actividades. En la Tabla N° 13 se muestran las paradas realizadas durante el periodo de fundición.

Tabla N°13: Tiempo de paradas durante la Fundición

Hora	Veces	Tiempo min	Subtotal
06:32	1	3	3
08:59	2	4	8
09:22	2	7	14

10:22	2	8	16
11:22	3	7	21
12:16	3	9	27
13:20	3	11	33
15:30	4	12	48
16:49	2	12	24
Tiempo Total (minutos)			194
Tiempo Total (horas)			3.23

Fuente: Elaboración Propia

Para calcular el costo perdido por la presencia de impurezas en la materia prima y el material de combustión, primero hallamos el costo de oportunidad tomando en cuenta los 500 kilogramos que se pierden en el Horno (Ver Tabla N° 14)

Tabla N°14: Costo de Oportunidad

Costo de pérdida de Producción	
Pérdida de material (kg)	500
% de material perdido	4.545%
Producción (und/ 9sem)	9000
Producción Perdida (und/9sem)	410
Margen de Utilidad \$/und	0.67
Costo (soles/9sem)	275.79

Fuente: Elaboración Propia

Además, la empresa incurre a un costo de mano de obra directa e indirecta, ya que durante todo el tiempo de parada de la producción, 3 operarios son los que se encargan de hacer la limpieza del reverbero, mientras que todos los demás (los operarios netamente

encargados de fundición) no realizan ninguna actividad. El cálculo de los costos perdidos de mano de obra se muestra a continuación

Tabla N° 15: Costos de Mano de Obra por presencia de impurezas en la Materia Prima y Material de combustión

Costo por parada de Producción			
Puesto	# de operarios	Costo por hora	Costo
*Maestro de moldes	1	8.33	26.94
*Maestro de fundición	1	10.00	32.33
*Fundición	8	9.00	232.80
Costo (soles/9semanas)			292.08

Costo de limpieza	
<i>Por remover la escoria</i>	
Tiempo de demora (hr)	3.23
Tiempo de demora exceso (hr)	2.775
Costo de mano de obra (\$/hr)	9
Costo (soles/9semanas)	24.97
<i>Por limpiar la escoria</i>	
Tiempo (min)	48
Tiempo (min)	0.80
Tiempo de exceso (hr)	0.69
Costo de mano de obra (\$/hr)	9
N° de Operarios (hh)	2
Costo (soles/9semanas)	12.36
Costo de limpieza (soles/9semanas)	37.33

Costo de manipulación de escoria	
<i>Operarios que intervienen</i>	
Costo de mano de obra (\$/hr)	9

N° de Operarios (hh)	3
<i>Costo de Manipulación de entrada</i>	
Tiempo Transporte Almacén (min)	32
Tiempo Transporte Almacén (hr)	0.53
Tiempo Transporte Almacén de más (hr)	0.46
Costo Transporte Almacén (soles/9sem)	12.36
<i>Costo de Manipulación de salida</i>	
Tiempo de Carga (min)	23
Tiempo de Carga (hr)	0.38
Tiempo de Carga de más (hr)	0.33
Costo Carga (soles/9sem)	8.88
Costo Transporte Final (soles/9sem)	0.00
Costo de manipulación Total (soles/9sem)	21.24

Fuente: Elaboración Propia

Para finalizar el cálculo del costo perdido por esta causa, se desarrolló el costo de Almacenamiento de Escoria en exceso que se muestra en la Tabla N° 16:

Tabla N°16: Costo de almacenamiento de las Escorias en exceso

Costo de almacenamiento	
Densidad de la escoria (kg/m ³)	2650
Escoria (kg)	1560
Volumen de la escoria (m ³)	0.589
Longitud del almacén (m)	6.53
Ancho del almacén (m)	5.41
Área del almacén (m ²)	35.3273
Costo del área (\$/año)	150
Periodo (años)	0.167
Costo de almacenamiento (\$/9meses)	21.66

Fuente: Elaboración Propia

A continuación, la Tabla Resumen de los Costos Incurridos a causa de la Presencia de tierra en el material de combustión y en la materia prima. (Ver anexo N°04)

Tabla N°17: Resumen de costos por Presencia de impurezas en la Materia Prima y material de Combustión

Cuadro Resumen de Costos	
Costo de Oportunidad	275.79
Costo de Mano de Obra	350.65
Costo por parada de Producción	292.08
Costo de limpieza	37.33
Costo de manipulación de escoria	21.24
Costo de almacenamiento	21.66
Costo total (\$/9semanas)	648.10
Costo total (\$/año)	3744.56

Fuente: Elaboración Propia

D. Falta de estandarización en el taller de fundición.

Se considera esta causa, por el fierro colado que no puede ser vaciado hacia los moldes bajo tierra. Esto ocurre ya que las cantidades de fierro y carbón no son bien calculadas al momento de ingresar al horno; es decir no se encuentran estandarizadas.

Esta falta de estandarización ocasiona que el fierro colado tenga que ser almacenado en la tierra y no en los moldes como debería ocurrir (Ver Foto N°04)

Al almacenarse el fierro colado sobre la tierra y no en los moldes, la empresa incurre al costo de oportunidad, ya que está dejando de producir las plomadas; al costo de mano de obra, ya que el fierro “sobrante” pasa por un proceso de limpieza para poder ingresar a la siguiente fundición y además se incurre a un costo de pérdida de carbón utilizado para procesar ese fierro resultante. (Ver Tabla N°19)

Foto N°04: Fierro colado restante a causa de la Falta de Estandarización.



Fuente: Foto Propia.

A continuación, se muestran las cantidades de fierro restante en el Periodo de Enero 2015- Mayo 2016 (Tabla N° 18). Estos datos fueron brindados por el maestro de Fundición.

Tabla N°18: Cantidad de Materia Prima Sobrante a causa de Falta de Estandarización

AÑO 2015 /2016	Cantidad (kg)	Tiempo (hr)
Enero	20	0.55
Marzo	15	0.65
Mayo	32	0.49
Julio	25	0.45

Setiembre	23	0.59
Noviembre	12	0.64
Enero	16	0.55
Marzo	20	0.81
Mayo	35	0.68
Cantidad Total	22.00	0.60

Fuente: Elaboración Propia

Tabla N°19: Costos por falta de estandarización

Costo por pérdida de carbón	
Fierro perdido promedio(kg)	22.00
Carbón utilizado (kg carbón/kg fierro)	0.18
Costo del carbón (\$/kg)	0.55
Costo perdido (\$/9sem)	2.20

Costo de oportunidad	
Tiempo perdido promedio (hr)	0.60
Piezas fundidas por hora (und/hr)	900
Total de piezas no fundidas (und)	541.00
Margen de Utilidad de las piezas	0.67
Utilidad perdida por piezas no fundidas(\$/9sem)	363.90

Resumen de Costos	
Costo por limpieza para reproceso	30.00
Costo por pérdida de carbón	2.20
Costo de oportunidad	363.90
Total (\$/9semanas)	396.10
Total (\$/año)	2288.59

Fuente: Elaboración Propia

E. Inadecuada preparación de la tierra

La tierra para la fundición debe ser preparada adecuadamente para que no haya inconvenientes al momento del vaciado en los moldes bajo tierra Ver Foto N° 05. Actualmente, la preparación de la tierra (mezcla de elementos como tierra refractaria y otros aditivos) es un proceso que se realiza con el conocimiento básico del dueño de la empresa y no, con el conocimiento y aprobación de un experto.



Foto N°05: Preparación de la tierra

Fuente: Foto Propia

La inadecuada preparación de la tierra afecta a la calidad de la plomada ya que, se forman sopladuras (a lo que comúnmente llamamos burbujas de aire) dentro de la plomada y en la superficie de la misma. (Ver foto N° 06)

Las plomadas con presencia de sopladuras, al igual que las conformes, son llevadas hacia el Taller de Acabado. Pero cabe mencionar que algunas de esas plomadas, ya no son aptas para los procesos que se realizarán posteriormente, por lo cual se almacenan en el Taller de Fundición para que se reprocesen el siguiente periodo.



Foto N°06: Sopladuras en la plomada



Fuente: Foto Propia

En cada Fundición realizada por la empresa, resulta una gran cantidad de piezas con presencia de sopladuras y en menor cantidad las piezas a ser reprocesadas. (Ver Tabla N°20). Las primeras mencionadas son trasladadas hacia el Taller de Acabado y son rectificadas antes del proceso de pintado. La rectificación de las piezas se realiza tapando los orificios con una masilla automotriz. (Ver Foto N°07)

Tabla N°20: Cantidad de piezas defectuosas a causa de la inadecuada preparación de la tierra

Mes	Piezas con presencia de sopladuras	Piezas para reproceso
Enero	781	50
Marzo	958	40
Mayo	877	0
Julio	769	35
Setiembre	840	43
Noviembre	887	40
Enero	760	0
Marzo	903	35
Mayo	976	0
Piezas promedio	862.00	27.00
Fierro Promedio	1053.56	33.00
Tiempo perdido	0.96	0.03

Fuente: Elaboración Propia

Foto N°07: Proceso de Rectificación



Fuente: Foto Propia.

A continuación, se presenta la Tabla donde se calculó el costo de rectificación de las piezas el cual se detalla en la Tabla N° 21:

Tabla N°21: Costo de rectificación de las piezas defectuosas.

Costo de Rectificación	
Costo de Material Utilizado	
Masilla plástica automotriz (1000)	7
Total de piezas para reproceso (und)	27.00
Costo de Material Utilizado (\$/ 9 semanas)	0.189
Costo de mano de obra utilizada	
Tiempo de rectificación (hr/und)	0.034
Piezas a rectificar	862.00
Costo por hora	4.17
Costo de mano de obra utilizada (\$/ 9 semanas)	122.11
Costo de Oportunidad en Rectificación	
Tiempo perdido	29.308

Producción perdida	611
Margen de Utilidad	0.67
Costo de Oportunidad en Rectificación (\$/ 9 semanas)	410.99
Costo total de Rectificación (\$/9semanas)	533.29

Fuente: Elaboración Propia.

Por otro lado, las piezas a reprocesar se quedan en el Taller de Fundición para ser reprocesadas. Estas traen consigo más costos que las primeras; ya que se incurre a un costo perdido de: mano de obra (tanto en las piezas afectadas como en el costo para limpiar dichas piezas y que queden en óptimas condiciones para la siguiente fundición), costo de oportunidad porque las piezas no fueron vendidas y además a un costo por el material de combustión.

Se calcularon los costos de reproceso y se presentan a continuación:

Tabla N°22: Costo de reproceso de piezas defectuosas.

Costo de limpieza para reproceso	
Costo de mano de obra (\$/hr)	10.00
Tiempo de limpieza (hr/ 9 semanas)	7
Costo de limpieza (\$/ 9 semanas)	70.00

Costo por pérdida de carbón	
Fierro perdido promedio(kg/9semanas)	33.00
Carbón utilizado (kg carbón/kg fierro)	0.18
Costo del carbón (\$/kg)	0.55
Costo perdido (\$/ 9 semanas)	3.30

Costo por pérdida de mano de obra				
Pagos a Operarios en el ÁREA DE FUNDICIÓN:	# de operarios	Costo (\$/hora)	Tiempo perdido promedio (hr)	Subtotales
Operario 4	1	6.82	0.03	0.20
Maestro de fundición	1	10	0.03	0.30

Fundición	8	9	0.03	2.16
Masa de Mito	2	7.14	0.03	0.43
Cosecha	4	10	0.03	1.20
Costo perdido (\$/ 9 semanas)				4.29

Costo de oportunidad	
Tiempo perdido promedio (hr)	0.03
Piezas fundidas por hora (und/hr)	900
Total de piezas para reproceso (und)	27.00
Margen de utilidad (\$)	0.67
Utilidad perdida por piezas mal fundidas (\$/ 9 semanas)	18.161515

Fuente: Elaboración Propia.

A continuación, se presenta un resumen de los costos perdidos a causa de la Inadecuada preparación de la tierra (Ver Tabla N° 23).

Tabla N°23: Resumen de Costos a causa de Inadecuada Preparación de la Tierra.

Resumen de Costos	
Costo de limpieza para reproceso	70.00
Costo por pérdida de carbón	3.30
Costo por pérdida de mano de obra	4.29
Costo de oportunidad	18.16
Costo de Rectificación	533.29
Total (\$/ 9 semanas)	629.05
Total (\$/año)	3634.50

Fuente: Elaboración Propia.

F. Falta de estandarización de tiempos en el taller de Acabado.

Esta causa hace referencia a que los procesos tanto en el Taller de Fundición como en el Taller de Acabado no cuentan con un tiempo estándar para ser realizados. Para esta causa

se delimitó el Taller de Acabado, por restricciones de la empresa. Esta causa se manifiesta en la empresa cuando los operarios hacen el trabajo en el tiempo que ellos deseen, ocasionando tiempos muertos. Esta causa se pudo evidenciar mediante una encuesta realizada a los trabajadores (Anexo N°05).

Tabla N°24: Resultados de la encuesta

Carga Laboral	Muy satisfecho	Satisfecho	Poco Satisfecho	Insatisfecho	Muy insatisfecho
Libertad al momento de realizar mi trabajo	80%	20%			
Exigencia en la velocidad del ritmo de trabajo		100%			
Esfuerzo mental		60%		40%	
Tiempo adecuado para realizar mi trabajo	20%	80%			
Dolores de cabeza y jaquecas a causa del trabajo			80%	20%	
Sensaciones de cansancio y agotamiento			60%		40%
Subtotal	17%	43%	23%	10%	7%

Fuente: Elaboración Propia

La encuesta, nos confirma que los operarios se sienten satisfechos respecto a la carga del trabajo, porque cada uno maneja su propio ritmo de trabajo

Se realizó un Estudio de Tiempos (Anexo N° 06) el cual nos dio como resultado los tiempos estándar en los cuales deberían realizarse cada uno de los sub-procesos. Estos resultados se contrastaron con los tiempos que trabajan actualmente los operarios (Anexo N°07), los cuales fueron brindados por el jefe de operaciones de Taller de Acabado.

De esta manera se halló el tiempo perdido por falta de estandarización en el Taller de Acabado. Los resultados se muestran a continuación:

Tabla N°25: Tiempos Perdidos por falta de Estandarización

TIEMPOS PERDIDOS (HR/SEMANA)	
Portatapa/ caja	0.155
Tapa/ cono	1.442

Ensamble 1	0.064
Pieza: perno	0.290
Ensamble 2	1.474
Soporte manual	4.648
Pieza terminada	0.014
Total	8.087
Tiempo total perdido (hr/año)	420.503

Fuente: Elaboración Propia.

A continuación, se detallan los costos incurridos a causa de la falta de estandarización de tiempos en el Taller de Acabado seguido del Resumen de los mismos:

Tabla N°26: Costos por Falta de estandarización de Tiempos

Costo de oportunidad			
Producción semanal (und/semana)			1000
Tiempo (hr/semama)			48
Horas perdidas (hr/sem)			8.09
Producción perdida (und/semana)			168.47
Producción perdida (und/año)			8761.00
Margen de Utilidad (\$/und)			0.67
Costo (\$/año)			5893.08
Costo de mano de obra			
OPERARIOS	# de operarios	Costo por hora(\$/hr)	Costo
Jefe de Producción	1	18.75	7,884.42
Operario A	1	6.25	2,628.14
Operario B	1	6.25	2,628.14
Operario C	1	4.17	1,752.09
Operario D	1	4.17	1,752.09
Costo (\$/año)			16,644.89

Fuente: Elaboración Propia

Tabla N°27: Resumen de costos por Falta de estandarización de tiempos.

Resumen de costos	
Costo de oportunidad	S/. 5,893.08
Costo de mano de obra	S/. 16,644.89
Costo total perdido (\$/año)	S/. 22,537.97

Fuente: Elaboración Propia

G. Falta de estandarización en el Producto Final.

Es cierto que las especificaciones en este tipo de producto no son las más exigentes, pero un descuido podría hacer que los clientes de la empresa decidan cambiar de proveedor. En la Foto N° 08 se evidencia visualmente la variación que existe entre el volumen de una plomada y otra.

Se tomaron 20 muestras de plomadas para que pasen un pesaje. Los resultados se muestran en la Tabla N°28. Se concluye que esta variación entre una plomada y otra, es un punto crítico que afecta la calidad del producto en consecuencia, genera un costo para la empresa.

Foto N°08: Variación en el volumen de las plomadas.



Fuente: Foto Propia.

Tabla N°28: Variación en el peso de las plomadas

N° de Obs.	Peso(gr)	Sobrepeso
1	824	24
2	811	11
3	833	33
4	809	9
5	813	13
6	806	6
7	814	14
8	829	29
9	827	27
10	831	31
11	816	16
12	818	18
13	803	3
14	813	13
15	824	24
16	837	37
17	804	4
18	817	17
19	811	11
20	826	26
Sobrepeso (gr)		18.3
Sobrepeso (kg)		0.0183

Fuente: Elaboración Propia

Se considera como costos asociados los costos por reproceso que se realizan en los productos finales. Se determinó que el % actual de reprocesos es de 19.88% y la pérdida actual es de S/.279, 399. Así como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla N°29: Costos por reprocesos

Requerimiento Funcional	Producción Semanal	Piezas Reprocesadas Iniciales	Piezas Reprocesadas Con la Mejora	Variación en Cantidad de Reproceso	Costo Unitario de Reproceso	% Reporceso Inicial	Costo Reproceso inicial
Diámetro	992	332	66	-266	S/. 1.04	19.88%	S/. 345.28
Altura	992	209	66	-143	S/. 1.67	19.88%	S/. 349.03
Peso	992	205	66	-139	S/. 1.67	19.88%	S/. 342.35
RMS de rugosidad	992	80	66	-14	S/. 0.83	19.88%	S/. 66.40
Proporción de Zinc	992	330	66	-264	S/. 1.24	19.88%	S/. 410.39
Proporción de Cobre	992	294	66	-228	S/. 2.38	19.88%	S/. 699.44
Densidad	992	319	66	-253	S/. 4.63	19.88%	S/. 1,475.82
Dureza Brinell	992	118	66	-52	S/. 14.27	19.88%	S/. 1,684.36
						19.88%	S/. 5,373.07
						TOTAL ANUAL	S/. 279,399

Fuente: Elaboración Propia

H. Inadecuada Iluminación.

Esta causa fue tomada en cuenta ya que en la primera entrevista realizada los operarios mencionaron que el cansancio y agotamiento se debía a este tema. (Ver Foto N°09). Incluso, un operario que es el que más tiempo lleva laborando, tiene problemas visuales como podemos evidenciar en la Foto N°10:

Foto N°09: Inadecuada Iluminación en el Taller de Acabado



Fuente: Elaboración Propia

La primera foto fue tomada a las 4 de la tarde cuando no entra luz solar que dicho sea de paso solo entra por el tragaluz que se muestra en la segunda foto. El problema se vuelve crítico a partir de las 3 de la tarde se ayudan con los fluorescentes que se muestran en la segunda foto.

Foto N°10: Operario con problemas visuales



Fuente: Foto Propia

La inadecuada iluminación repercute directamente a la rentabilidad de la empresa; ya que los operarios se esfuerzan más para realizar sus actividades y el tiempo de producción incrementa (Anexo N°08). El tiempo perdido mensual se muestra en la Tabla N°30.

Para costear las pérdidas a causa de la inadecuada iluminación, se tomó en cuenta el costo de mano de obra, ya que el personal demora más en hacer su labor y además se tomó en cuenta el costo de oportunidad, ya que ese tiempo perdido que está siendo remunerado debería ser productivo. Los costos se detallan en la Tabla N°31.

Tabla N°30: Tiempo perdido por inadecuada iluminación

Tiempos	
Tiempo (hr/mes)	192
Producción (und/mes)	4000
Tolerancia normal	9%
Tpo de tolerancia normal(hr/mes)	209.28
Tolerancia por iluminación	14.00%
Tpo de tolerancia por iluminación (hr/mes)	218.88

Tiempo perdido (hr/mes)	9.60
-------------------------	------

Fuente: Elaboración Propia

Tabla N°31: Costos perdidos a causa de la inadecuada iluminación

Costo de oportunidad	
Tiempo perdido (hr/mes)	9.60
Producción perdida (und/mes)	200
Margen de utilidad (\$/und)	0.67
Costo de oportunidad (\$/mes)	134.53

Mano de obra	Costo por hora(\$/hr)	Costo Perdido
Jefe de Producción	18.75	180
Operario A	6.25	60.00
Operario B	6.25	60.00
Operario C	4.17	40.00
Operario D	4.17	40.00
Costo perdido por mano de obra		380.00

Resumen de costos	
Costo de oportunidad	134.53
Costo de mano de obra	380.00
Costo total perdido (mes)	514.53
Costo total perdido (año)	6174.36

Fuente: Elaboración Propia

I. Falta de limpieza, orden y organización.

Estructuras Metálicas Virgen de la Puerta S.A.C. no cuenta con una gestión y supervisión en lo que respecta al ambiente de trabajo en el Taller de Acabado, esto ocasiona desorden, falta de limpieza y malos hábitos por parte de los operarios. Ver Foto N°11.

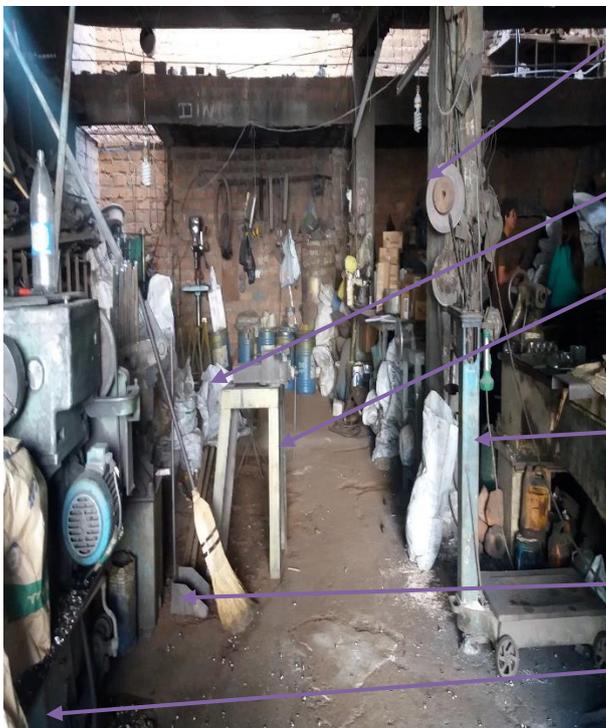
Además en el almacén de productos en proceso y en el área de Torneado existe chatarra acumulada productos del negocio anterior (Ver Foto N°12), además existen productos que quedaron en el almacén por falta de demanda como se aprecia en la Foto N°14. Se realizó un layout (Gráfico N°03) de la empresa para conocer el espacio inútil y así cuantificar el costo perdido por esta causa. El cálculo de este costo se muestra en la Tabla N°32

Tabla N°32: Costo de espacio inútil

Costo de espacio innecesario	
Espacio total m2	129.48
Espacio de cosas innecesarias	21.85
Espacio disponible	107.63
Costo por m2 (\$/mes)	35
Costo perdido por espacio disponible (\$/mes)	764.715
Costo perdido por espacio disponible (\$/año)	9176.58

Fuente: Elaboración Propia

Foto N°11: Taller de Acabado



Presencia de herramientas en desuso colgadas en la columna.

Productos en proceso obstruyen el paso, pueden ocasionar accidentes.

Falta de limpieza en el área de Trabajo

Mala práctica por parte del operario no dejando la balanza en su ubicación.

Herramientas mal ubicadas, obstaculizando el paso.

Almacén de chatarra inservible para los fines de la empresa.

Foto N°12: Almacén de Producto en Proceso



Fuente: Foto propia

Foto N°13: Área de Torneado



Fuente: Foto Propia

Foto N°14: Productos sin demanda almacenados (fuente propia)



Fuente: Foto Propia

Por otro lado, se registró un accidente ocasionado por la falta de limpieza y organización en la empresa que se muestra en la siguiente tabla:

Tabla N°33: Costos por accidentes

Costos indirectos	
a) Salarios abonados al accidentado por tiempo improductivo	
(-) Tiempo perdido por el trabajador accidentado(hr)	7
(-) Coste de trabajador implicado (\$/hr)	42
Total Costo salariales directos	294
b) Gastos médicos no incluidos en el seguro	
(-) Materia primeros auxilios (\$)	12
(-) Traslado accidentado (\$)	24
Total gastos médicos (\$)	36
Total costos indirectos(\$)	330
Costos directos	
a) Coste de tiempo perdido por otros trabajadores no accidentados	
(-) Tiempo perdido por otros trabajadores (hr)	2
(-) Costo medio trabajador implicado (\$/hr)	20.83
Total coste de tiempos perdidos de trabajadores	41.67
(-) Tiempo perdido por el jefe de operaciones (hr)	3
(-) Coste de jefe de operaciones (\$/hr)	18.75
Total coste jefe de operaciones	56.25
Total costos indirectos	97.92
Total de costos por la causa (\$/año)	427.92

Adicional a ello se sabe que aproximadamente la empresa acumula chatarra en estos espacios por un total de 350 Kg mensuales, que en un año hacen un total de 4200 Kg , los cuales no han sido vendido generando una pérdida de S/. 2,100 soles.

Figura N°02: Pérdida por chatarra acumulada

Chatarra acumulada	
Kg de chatarra acumulada aprox al año	4200
Costo de chatarra anual	S/. 2,100.00

Fuente: Elaboración Propia

Tabla N°34: Resumen de pérdidas

Resumen de costos	
Total de costos por la causa (soles/año)	S/. 427.92
Costo perdido por espacio disponible (soles/año)	S/. 9,176.58
Chatarra acumulada (no vendida)	S/. 2,100.00
Costo Total (soles/año)	S/. 11,704.50

Fuente: Elaboración Propia

J. Planificación de Producción Ineficiente.

La planificación de la producción en Estructuras Metálicas Virgen de la Puerta S.A.C., es gestionada por el dueño de la empresa sin ayuda de herramientas de planificación, lo que ocasiona que en muchas oportunidades el trabajo no esté listo a tiempo. Además se asigna a esta causa el exceso de inventarios. Existe un almacén de materia prima en el Taller de acabado que no debería existir si la planeación y el aprovisionamiento de los materiales fueran los correctos. (Ver anexo N°09)

El cálculo de los Costos de Inventario a causa del mal aprovisionamiento de los materiales y a causa del exceso de material de muestran en la Tabla N°35; los costos por horas extras a las que recurre la empresa se muestran en la Tabla N° 36.

Tabla N°35: Costo de inventarios

Costo por mantener inventario	
Espacio innecesario (m2)	8.2
Costo de m2 (soles/mes)	35.0
Costo por inventarios (soles/mes)	288.2
Costo por inventarios (soles/año)	3458.4

Fuente: Elaboración Propia

Para el espacio innecesario en m2 se tomó en cuenta lo siguiente: -solo deberían existir 2 almacenes de cajas y bolsas y en realidad existen 3,-El aprovisionamiento de materia prima no debería efectuarse en el Taller de Acabado por eso se suma al costo de inventario el espacio utilizado por este.

Tabla N°36: Costo de Horas Extras

Costo de horas extras	
Tiempo de horas extras (hr)	5
Pago por hora extra (soles/hr)	15
# de operarios	3
Costo de horas extras (soles/semana)	225
Costo de horas extras (soles/año)	11700

Fuente: Elaboración Propia

Tabla N°37: Resumen de costos por Planificación ineficiente

Resumen de costos	
Costo por inventarios (soles/año)	3458
Costo de horas extras (soles/año)	11700
costo por planificación ineficiente (soles/año)	15158

Fuente: Elaboración Propia

3.4. Matriz de Priorización de causas en el área de Producción

Con la finalidad de identificar las principales causas que afecten a los costos operativos de la empresa Estructuras Metálicas Virgen de la Puerta y habiendo costado cada causa identificada en las visitas realizadas, se realizó un Diagrama de Pareto.

Tabla N°38: Pareto según Costos Para el Área de Producción

CAUSAS	COSTOS PERDIDOS	% Absoluto	% Acumulado
FALTA DE ESTANDARIZACIÓN EN ACABADO	S/.22,537.97	39%	43%
PLANIFICACIÓN DE LA PRODUCCIÓN INEFICIENTE	S/.15,158	35%	63%
PERSONAL DESMOTIVADO	S/.9,686.14	12%	81%
INADECUADA ILUMINACIÓN	S/.6,174.36	8%	93%
INADECUADA PREPARACIÓN DE LA TIERRA	S/.3,634.50	6%	100%
TOTAL	S/.57,191.41	100%	

Fuente: Elaboración Propia

Como se puede apreciar en el cuadro anterior las causas críticas del área de producción son la Falta de estandarización en el área de acabado y la Planificación ineficiente de la producción.

Diagrama N°15: Diagrama de Pareto de Priorización de las causas en el Área de Producción



Fuente: Elaboración Propia

3.5. Matriz de Priorización de causas en el área de Calidad

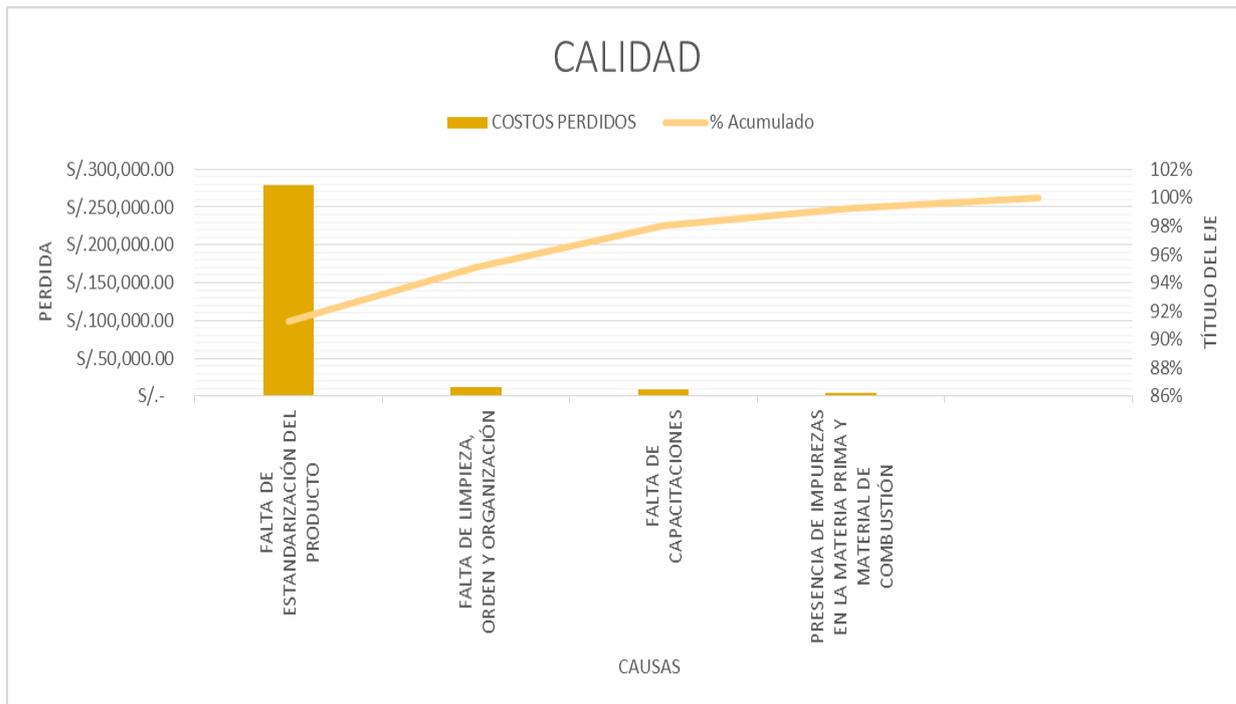
Con la finalidad de identificar las principales causas que afecten a los costos operativos de la empresa Estructuras Metálicas Virgen de la Puerta y habiendo costado cada causa identificada en las visitas realizadas, se realizó el siguiente diagrama de Pareto

Tabla N°39: Pareto según Costos Para el Área de Calidad

CAUSAS	COSTOS PERDIDOS	%Absoluto	% Acumulado
FALTA DE ESTANDARIZACIÓN DEL PRODUCTO	S/279,399.41	91%	91%
FALTA DE LIMPIEZA, ORDEN Y ORGANIZACIÓN	S/11,704.50	4%	95%
FALTA DE CAPACITACIONES	S/9,040.40	3%	98%
PRESENCIA DE IMPUREZAS EN LA MATERIA PRIMA Y MATERIAL DE COMBUSTIÓN	S/3,744.56	1%	99%
FALTA DE ESTANDARIZACIÓN EN EL TALLER DE FUNDICIÓN	2288.59	1%	100%
TOTAL	S/306,177.47	100%	

Fuente: Elaboración Propia

Diagrama N°15: Diagrama de Pareto de Priorización de las causas en el Área de Calidad



Fuente: Elaboración Propia.

3.6 Identificación de los indicadores

A continuación se presenta el cuadro de indicadores actuales y los indicadores meta para cada causa raíz.

Figura N° 03: Indicadores y metas de la propuesta de mejora

TABLERO DE INDICADORES												
AREA	CAUSAS	METODOLOGIAS	TECNICAS/HERRAMIENTAS	INDICADOR	FORMULA	Und	Valor actual	Pérdida (soles)	Valor Meta	Pérdida (soles)	Beneficio (soles)	Inversión
PRODUCCIÓN	FALTA DE ESTANDARIZACIÓN EN ACABADO	Lean Manufacturing	Estudio de Tiempos Estandarización de procesos	Tiempo perdido	Tiempo observado - Tiempo estandar	Horas/año	420.5025491	S/. 22,537.97	210.25127	S/. 11,269.32	S/. 11,268.65	S/. 120,392
	PLANIFICACIÓN DE LA PRODUCCIÓN INEFICIENTE	Gestión de la Producción	MRP	% de sobrecostos en la gestión de compras	$(\text{Costo actual de compras} - \text{Costo optimo de compras}) \times 100\% / \text{Costo actual de compras}$	%	100%	S/. 15,158.29	39%	S/. 5,975.76	S/. 9,182.53	
CALIDAD	FALTA DE ESTANDARIZACIÓN DEL PRODUCTO	Gestión y Control de la Calidad	Control Estadístico de Procesos , Casa de la Calidad	% de Reprocesos en los productos	$(\text{N}^\circ \text{ de piezas reprocesadas} / \text{N}^\circ \text{ total de piezas procesadas}) \times 100\%$	%	S/. 184,218.84	S/. 279,399.41	6.65%	S/. 95,180.57	S/. 184,218.84	
	FALTA DE ORDEN, LIMPIEZA Y ORGANIZACIÓN	Lean Manufacturing	Metodología de las 5s	% de espacio utilizado con chatarra	Nivel de cumplimiento de las 5s	%	17%	S/. 11,704.50	0%	S/. 0.00	S/. 11,704.50	S/. 25,565
	FALTA DE CAPAITACIONES	Gestión del Talento Humano	Plan de capacitaciones	% de personal capacitado	$(\text{N}^\circ \text{ de personas capacitadas} / \text{N}^\circ \text{ Total de personas}) / 100\%$	%	0%	S/. 9,040.40	100%	S/. 4,520.20	S/. 4,520.20	S/. 28,000
			TOTAL				TOTAL	S/. 337,840.57		S/. 116,945.85	S/. 220,894.71	S/. 173,957

Fuente: Elaboración Propia.

CAPITULO: 4

SOLUCIÓN PROPUESTA

4.1. Desarrollo

A. Área de Producción

A.1. CAUSA: PLANIFICACIÓN DE LA PRODUCCIÓN INEFICIENTE - METODOLOGÍA: GESTIÓN DE LA PRODUCCIÓN

a) **HERRAMIENTA: MRP**

Un MRP requiere como entradas: 1) el Plan Maestro de Producción, 2) la Lista de Materiales, y 3) los stocks de materia prima. A continuación, se desarrollará cada una de ellas.

1) El Plan Maestro de producción

Uno de los conjuntos de datos requeridos para la elaboración del Plan Maestro de la Producción es el pronóstico de la demanda, para cuya determinación se hace uso de data histórica.

La suavización exponencial es un método de pronóstico que tiene algunas variantes, la suavización exponencial simple, doble y triple. La suavización exponencial triple o de Winters contempla tres parámetros: 1) el de tendencia, 2) el de estacionalidad, y 3) el de periodicidad. Actualmente, es posible pronosticar usando la suavización exponencial triple mediante el uso de software de visualización de datos. En este caso, se hizo uso de Tableau® versión 9.

Sin embargo, la suavización exponencial triple tiene dos modalidades de cálculo: 1) el modelo aditivo, y 2) el modelo multiplicativo. En un modelo aditivo de datos los efectos de los factores individuales se diferencian y se agrupan para modelar los datos. Por otra parte, en un modelo multiplicativo se presupone que a medida que se incrementan los datos, también se incrementa el patrón estacional. Ambos modelos pueden ser el más adecuado en distintas circunstancias y dependiendo del conjunto de data histórica. Es adecuado usar ambos métodos y elegir el pronóstico que presente mejor calidad de datos. La calidad del pronóstico se mide con los indicadores: 1) RMSE, 2) MAE, 3) MASE, 4) MAPE, y 5) AIC. Al ejecutar ambos pronósticos obtenemos: 1) suavización exponencial triple aditiva en el Gráfico N°02, y 2) suavización exponencial triple multiplicativa en el Gráfico N°03.

Gráfico N° 02: Pronóstico con suavización exponencial triple aditiva.

Suavización exponencial triple aditiva



La tendencia de suma de Demanda (actual y estimación) para FECHA mes. El color muestra detalles acerca de Indicador de estimación. Los datos se filtran en FECHA, lo que excluye Nulo.

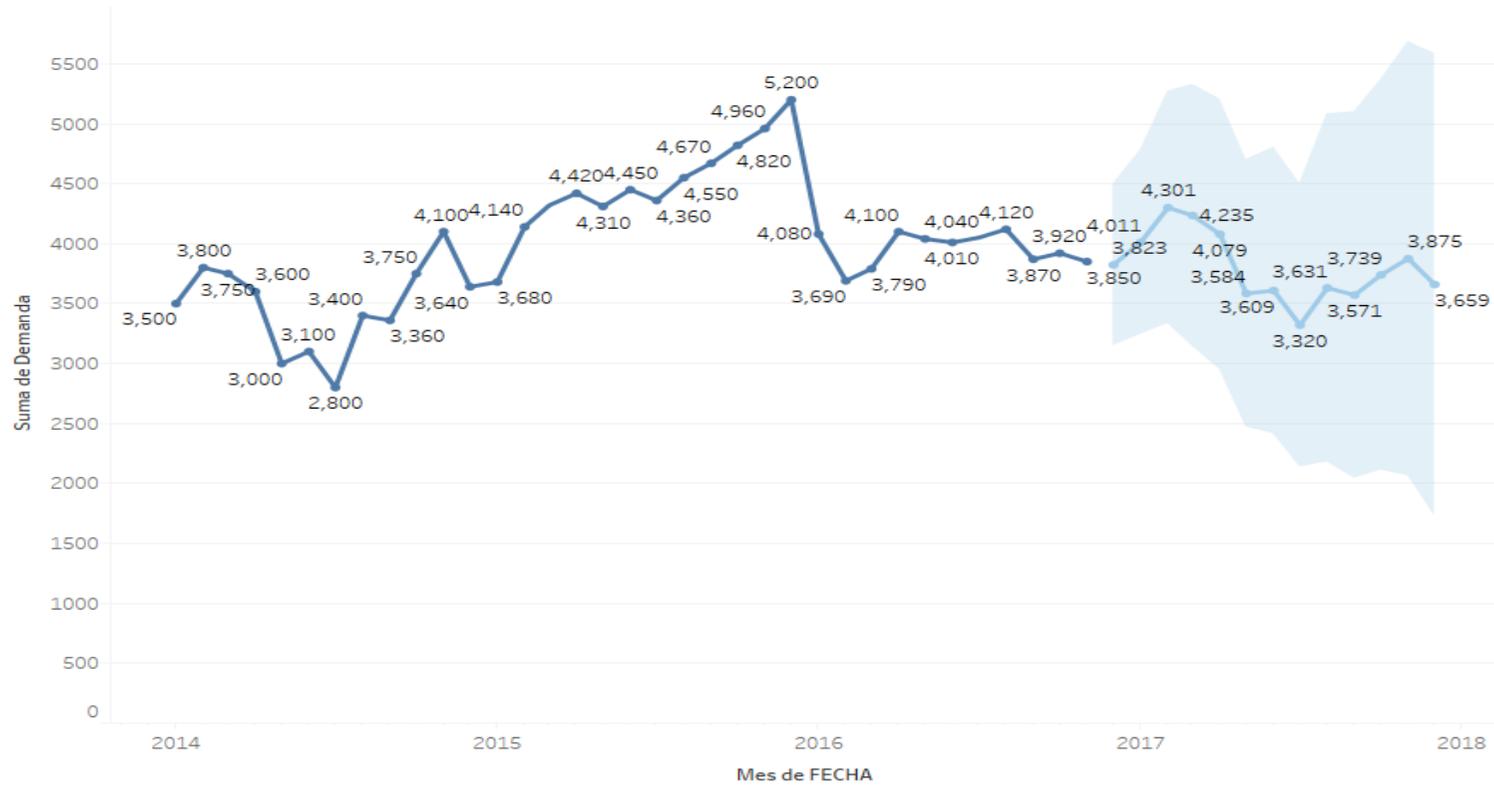
Indicador de estimación

- Actual
- Cálculo

Fuente: (Elaboración Propia)

Gráfico N°03: Pronóstico con suavización exponencial triple multiplicativa.

Suavización exponencial triple multiplicativa



La tendencia de suma de Demanda (actual y estimación) para FECHA mes. El color muestra detalles acerca de Indicador de estimación. Los datos se filtran en FECHA, lo que excluye Nulo.

Indicador de estimación

- Actual
- Cálculo

Fuente: (Elaboración Propia)

Se escoge el modelo multiplicativo cuando la magnitud del patrón estacional en los datos depende de la magnitud de los datos. En otras palabras, cuando la magnitud del patrón estacional aumenta a medida que los valores de los datos se incrementan y disminuye a medida que los valores de los datos decrecen.

Se escoge el modelo aditivo cuando la magnitud del patrón estacional en los datos no dependa de la magnitud de los datos. En otras palabras, cuando la magnitud del patrón de estación no cambia cuando la serie sube o baja.

Cuando el patrón en los datos no es muy obvio y se tiene problemas para elegir entre los procedimientos aditivo y multiplicativo, se deben probar ambos y elegir el que tenga medidas de exactitud más pequeñas.

Al evaluar la calidad de los datos para cada uno de los modelos, se obtuvieron los siguientes resultados:

Cuadro N°11: Calidad de los resultados en la suavización exponencial triple aditiva

Serie de tiempo:	Mes de FECHA
Medidas:	Suma de Demanda
Estimación hacia delante:	13 meses (dic 2016 – dic 2017)
Estimación basada en:	ene 2014 – nov 2016
Ignorar últimos:	1 mes (dic 2016)
Patrón de temporada:	12 ciclo mensual

Inicial	Cambiar desde el inicio	Efecto de temporada				Contribución		
dic-16	dic 2016 – dic 2017	Alto		Bajo		Tendencia	Temporada	Calidad
3,872	± 626 138	feb-17	403	jul-17	-407	3.50%	96.50%	Deficiente

Modelo			Métricas de calidad					Coeficientes de suavizado		
Nivel	Tendencia	Temporada	RMSE	MAE	MASE	MAPE	AIC	Alfa	Beta	Gamma
Adicional	Adicional	Adicional	381	266	1.16	6.90%	450	0.5	0.049	0

Fuente: (Elaboración Propia)

Cuadro N°12: Calidad de los resultados en la suavización exponencial triple multiplicativa

Serie de tiempo:	Mes de FECHA
Medidas:	Suma de Demanda

Estimación hacia delante:	13 meses (dic 2016 – dic 2017)
Estimación basada en:	ene 2014 – nov 2016
Ignorar últimos:	1 mes (dic 2016)
Patrón de temporada:	12 ciclo mensual

Inicial	Cambiar desde el inicio	Efecto de temporada				Contribución			
		Alto	Bajo	Tendencia	Temporada	Calidad			
dic-16	dic 2016 – dic 2017								
3,823	± 674	-163	feb-17	1	jul-17	1	100%	0.0%	Deficiente

Modelo			Métricas de calidad					Coeficientes de suavizado		
Nivel	Tendencia	Temporada	RMSE	MAE	MASE	MAPE	AIC	Alfa	Beta	Gamma
Multiplicativo	Multiplicativo	Multiplicativo	440	313	1.36	8%	460	0.5	0.093	0

Fuente: (Elaboración Propia)

Basándonos en las métricas de calidad de los pronósticos, hemos seleccionado los resultados proporcionados por el modelo aditivo debido a sus mejores valores.

De esta manera ya contamos con todos los datos requeridos para hacer un Plan Maestro de Producción.

2) La Lista de Materiales

Otra entrada para el MRP es el BOM o Lista de Materiales. En esta se consideran los componentes en sus cantidades requeridas para la fabricación de una unidad de producto terminado, teniendo en cuenta la relación parental. A continuación, en la Tabla N°39, se muestra dicha lista:

Tabla N°40: Lista Maestra de Materiales y Componentes

SKU	Tipo	Nombre	Cantidad	Unidad	Proveedor
P-XR	Producto	Plomada Modelo XR	1.0000	Und	-
C-XR-01	Componente	Tapa	1.0000	Und	Fabricado
C-XR-02	Componente	Porta Tapa	1.0000	Und	Fabricado
C-XR-03	Componente	Soporte manual	1.0000	Und	Fabricado
C-XR-04	Componente	Perno	1.0000	Und	PR-01
MP-01	Materia Prima	Pintura Base	0.0100	Gal	PR-02
MP-02	Materia Prima	Pintura Acabado	0.0130	Tarro	PR-02
MP-03	Materia Prima	Masilla	0.0004	Kg	PR-02
MP-04	Materia Prima	Bolsas	1.0000	Und	PR-03
MP-05	Materia Prima	Cajas	1.0000	Und	PR-03
MP-06	Materia Prima	Sacos	0.0200	Und	PR-03
MP-07	Materia Prima	Fierro	1.2200	Kg	PR-04
MP-08	Materia Prima	Carbón	0.2200	Kg	PR-05
MP-09	Materia Prima	Varilla de Fierro 1/2"	0.0083	Und	PR-06

SKU	Tipo	Nombre	Cantidad	Unidad	Proveedor
MP-07	Materia Prima	Fierro	0.6100	Kg	PR-04
MP-08	Materia Prima	Carbón	0.1100	Kg	PR-05

SKU	Tipo	Nombre	Cantidad	Unidad	Proveedor
MP-07	Materia Prima	Fierro	0.6100	Kg	PR-04
MP-08	Materia Prima	Carbón	0.1100	Kg	PR-05

SKU	Tipo	Nombre	Cantidad	Unidad	Proveedor
MP-09	Materia Prima	Varilla de Fierro	0.0083	Und	PR-06

Fuente: (Elaboración Propia)

3) Los stocks de producto terminado y de materia prima

Es necesario conocer también el inventario final del último periodo, puesto que este será nuestro inventario inicial para el Plan Maestro de Producción.

El inventario inicial para la elaboración del MRP se muestra en la Tabla N°40

Tabla N°41: Inventario Inicial de Materia Prima, Componentes y Producto Terminado.

SKU	Tipo	Nombre	Cantidad
P-XR	Producto	Plomada Modelo XR	500
C-XR-01	Componente	Tapa	50
C-XR-02	Componente	Porta Tapa	70
C-XR-03	Componente	Soporte manual	45
C-XR-04	Componente	Perno	200
MP-01	Materia Prima	Pintura Base	8
MP-02	Materia Prima	Pintura Acabado	10
MP-03	Materia Prima	Masilla plástica automotriz	5
MP-04	Materia Prima	Bolsas	100
MP-05	Materia Prima	Cajas	150
MP-06	Materia Prima	Sacos	30
MP-07	Materia Prima	Fierro	350
MP-08	Materia Prima	Carbón	300
MP-09	Materia Prima	Varilla de Fierro 1/2"	40

Fuente: (Elaboración Propia)

Con estos datos ya es posible elaborar el Plan Maestro de Producción (PMP o MPS), mostrado en periodos semestrales en las Tabla N°41 y Tabla N°42.

Tabla N°42: Primer semestre del PMP.

	PLAN MAESTRO DE PRODUCCIÓN					
Período	1	2	3	4	5	6
Requerimiento Bruto	3976.00	4284.00	4277.00	4179.00	3752.00	3799.00

Inventario Inicial	500.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Requerimiento Neto	3476.00	4284.00	4277.00	4179.00	3752.00	3799.00
Capacidad	5000.00	5000.00	5000.00	5000.00	5000.00	5000.00
Inventario Final	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
POR	4284.00	4277.00	4179.00	3752.00	3799.00	3532.00

Fuente: (Elaboración Propia)

Tabla N°43: Segundo semestre del PMP.

PLAN MAESTRO DE PRODUCCIÓN						
Período	7	8	9	10	11	12
Requerimiento Bruto	3532.00	3855.00	3822.00	4020.00	4192.00	4010.00
Inventario Inicial	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Requerimiento Neto	3532.00	3855.00	3822.00	4020.00	4192.00	4010.00
Capacidad	0.00	5000.00	5000.00	5000.00	5000.00	5000.00
Inventario Final	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
POR	3855.00	3822.00	4020.00	4192.00	4010.00	0.00

Fuente: (Elaboración Propia)

Debido a la estrategia de compra actual de la empresa, hemos considerado importante también evaluar el Costo de Almacenamiento y el Costo de Transacción de la Compra. En la Tabla N°43 se muestra lo correspondiente al Costo de cada Transacción de Compra, y en la Tabla N°44, el costo unitario de almacenamiento para cada material y componente.

Tabla N°44: Costo de Transacción de Compra

Administrador	1,100.00
Horas semanales	46
Semanas	4
Costo de hora-hombre	5.98

Componente	Cotización	Selección de proveedor	Ejecución de Compra	Recepción	Total	Costo unitario
------------	------------	------------------------	---------------------	-----------	-------	----------------

(Unidades: horas/orden)

C-XR-04 - Perno (PR-01)	1	2	2	0.5	5.5	S/. 32.88
MP-01 - Pintura Base	2	2	2	1	7	S/. 41.85
MP-02 - Pintura Acabado	2	2	2	1	7	S/. 41.85
MP-03 - Masilla plástica	2	2	2	1	7	S/. 41.85
MP-04 - Bolsas	1	2	2	0.5	5.5	S/. 32.88
MP-05 - Cajas	1	2	2	1	6	S/. 35.87
MP-06 - Sacos	1	2	2	0.5	5.5	S/. 32.88
MP-07 - Fierro	4	3	6	2	15	S/. 89.67
MP-08 - Carbón	4	3	5	2	14	S/. 83.70
MP-09 - Varilla de Fierro 1/2"	3	2	4	1	10	S/. 59.78

Fuente: (Elaboración Propia)

Tabla N°45: Costo Unitario de Almacenamiento

Costo fijo de almacén	S/. 3,000.00
Área	60
Costo metrado	S/. 50.00

Componente	Prorratio	Capacidad	Costo unitario
P-XR Plomada Modelo XR	12.00%	5,000	S/. 0.07
C-XR-04 - Perno (PR-01)	2.00%	10,000	S/. 0.01
MP-01 - Pintura Base	5.00%	200	S/. 0.75
MP-02 - Pintura Acabado	4.00%	150	S/. 0.80
MP-03 - Masilla plástica automotriz	3.00%	10	S/. 9.00
MP-04 - Bolsas	1.00%	5,000	S/. 0.01

MP-05 - Cajas	10.00%	5,000	S/. 0.06
MP-06 - Sacos	5.00%	200	S/. 0.75
MP-07 - Fierro	30.00%	10,000	S/. 0.09
MP-08 - Carbón	25.00%	2,000	S/. 0.38
MP-09 - Varilla de Fierro 1/2"	3.00%	100	S/. 0.90

Fuente: (Elaboración Propia)

La empresa opta por una estrategia de producción de seguimiento para satisfacer la demanda. Mientras que su estrategia de compras es la de máximo volumen de compras, de manera que llenan la capacidad del almacén, y recompran la cantidad necesaria para volver a llenar el almacén.

El Programa Actual de Compras se adjunta en el Anexo N°10. El resultado de gastos se muestra en la Tabla N°45, a continuación:

Tabla N°46: Gastos del Programa Actual de Compras.

DESCRIPCIÓN	MONTO
Gasto del Programa Actual de Compras	S/. 15,158.29
C-XR-04 - Perno (PR-01)	S/. 528.99
MP-01 - Pintura Base	S/. 1,019.28
MP-02 - Pintura Acabado	S/. 1,041.58
MP-03 - Masilla plástica automotriz	S/. 918.04
MP-04 - Bolsas	S/. 534.99
MP-05 - Cajas	S/. 2,162.60
MP-06 - Sacos	S/. 552.43
MP-07 - Fierro	S/. 6,317.60
MP-08 - Carbón	S/. 1,229.35
MP-09 - Varilla de Fierro 1/2"	S/. 853.43

Fuente: (Elaboración Propia)

Contando con las Órdenes de Producción, es posible elaborar el MRP. Sin embargo, un MRP por sí mismo no permite una mejora si es que no se incrusta en él un modelo de optimización tal como el que se propone a continuación. Para la optimización de un MRP, se plantea el siguiente modelo MILP, para un horizonte anual:

$$\min z = \sum_j^{10} \sum_{i=1}^{12} c_{ij} X_{ij}$$

Con las variables de decisión:

X_{ij} , que representa a la cantidad a comprar en el mes i , del componente j .

y_{ij} , que representa a la decisión de comprar en el mes i , del componente j .

s.a.:

$$x_{ij} = F_i n_j$$

$$BI_{ij} = EI_{i-1,j}$$

$$EI_{ij} = BI_{ij} + x_{ij} + X_{ij}$$

$$S_{ij} = s_j y_{ij}$$

$$c_{ij} = O_{ij} + A_{ij}$$

$$O_{ij} = o_j y_{ij}$$

$$A_{ij} = EI_{ij} a_j$$

$$POR_{ij} = X_{i-l_j,j}$$

$$EI_{i-1,j} \geq 0$$

$$My_{ij} - X_{ij} \geq 0$$

$$S_{ij} - X_{ij} \geq 0$$

$$X_{ij} \geq 0$$

$$M = \sum_{i=1}^{12} F_i$$

$$0 \leq i \leq 12$$

$$0 \leq j \leq 10$$

Donde:

- F_i , es el pronóstico de demanda, en el mes i , del componente j .
- n_j , es el número de componentes j por unidad de producto final.
- x_{ij} , es el requerimiento de componentes, en el mes i , del componente j .
- BI_{ij} , es el inventario inicial, en el mes i , del componente j .
- EL_{ij} , es el inventario final, en el mes i , del componente j .
- S_j , es la capacidad límite de almacenamiento, en el mes i , del componente j .
- s_j , es la capacidad límite predefinida para el componente j .
- c_{ij} , es el costo total, en el mes i , del componente j .
- O_{ij} , es el costo de la transacción de compra, en el mes i , del componente j .
- o_j , es el costo predefinido de la transacción de compra para el componente j .
- A_{ij} , es el costo del almacenamiento, en el mes i , del componente j .
- a_j , es el costo unitario de almacenamiento para el componente j .
- POR_{ij} , es la liberación de orden planeada, en el mes i , del componente j .
- M , es un número grande, se recomienda la suma de los pronósticos.

El resultado es un plan de aprovisionamiento que considera la capacidad de almacenamiento y el costo de las transacciones, es decir, que tiene como objetivo el aprovisionamiento con prioridad a la reducción de costos.

Tras ejecutar la solución del modelo propuesto, obtenemos los gastos del Programa Óptimo de Compras, como se muestra en la Tabla N°46, a continuación

Tabla N°47: Gastos del Programa Óptimo de Compras.

DESCRIPCIÓN	MONTO
Costo total del sistema	S/. 5,975.76
C-XR-04 - Perno (PR-01)	S/. 344.56

MP-01 - Pintura Base	S/.	444.19
MP-02 - Pintura Acabado	S/.	507.99
MP-03 - Masilla plástica automotriz	S/.	444.97
MP-04 - Bolsas	S/.	395.77
MP-05 - Cajas	S/.	448.43
MP-06 - Sacos	S/.	439.57
MP-07 - Fierro	S/.	1,139.09
MP-08 - Carbón	S/.	1,229.35
MP-09 - Varilla de Fierro 1/2"	S/.	581.85

Fuente: Elaboración Propia.

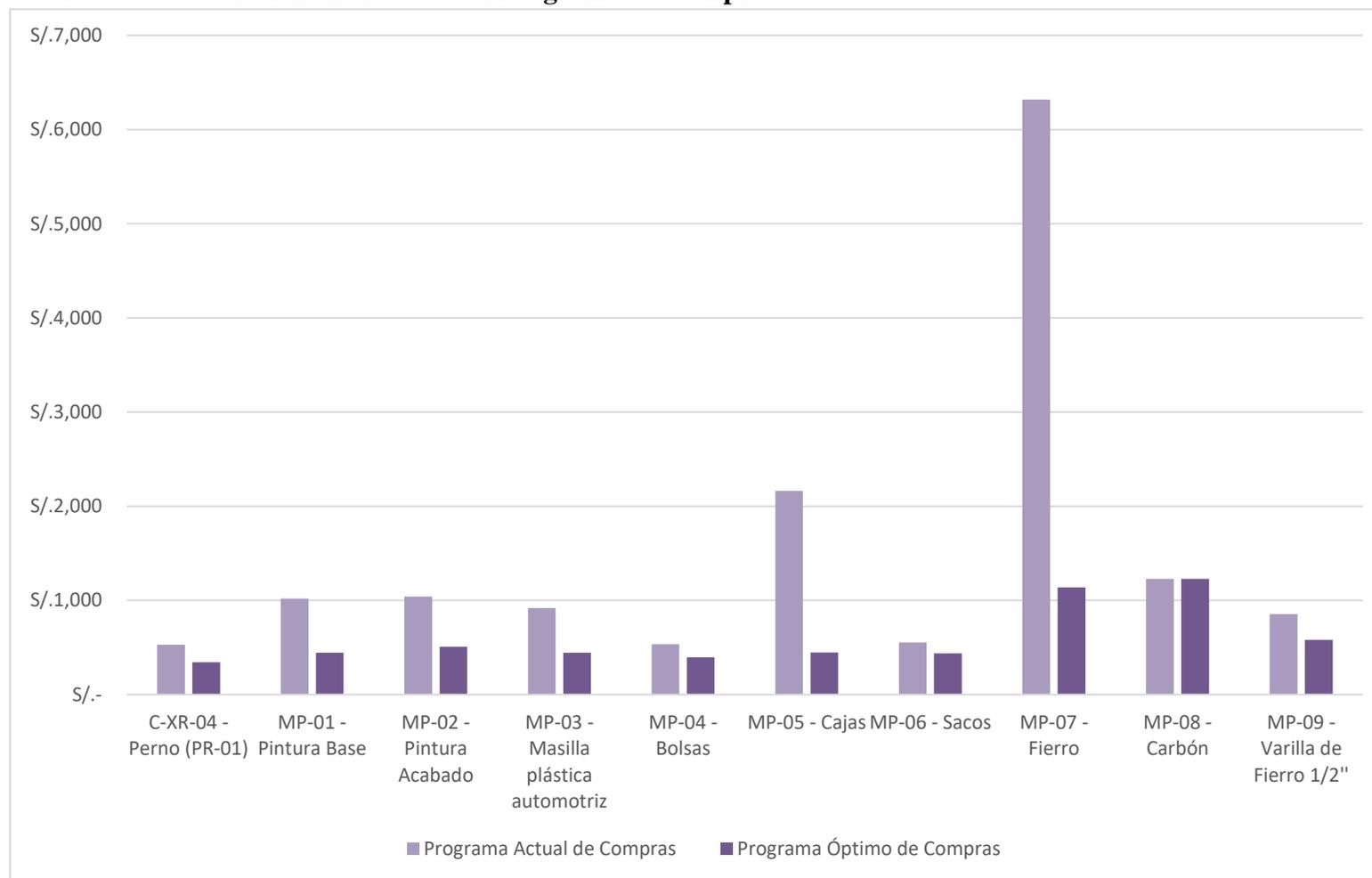
Por otra parte, la reducción del gasto se muestra en la Tabla N°47, y en el Gráfico N°04, a continuación:

Tabla N°48: Variación Absoluta y Relativa del Gasto del Programa de Compras

DESCRIPCIÓN	VARIACIÓN ABSOLUTA	VARIACIÓN RELATIVA
Gasto Total de Compras	-S/ 9,182.53	-60.58%
C-XR-04 - Perno (PR-01)	-S/ 184.43	-34.86%
MP-01 - Pintura Base	-S/ 575.09	-56.42%
MP-02 - Pintura Acabado	-S/ 533.60	-51.23%
MP-03 - Masilla plástica automotriz	-S/ 473.07	-51.53%
MP-04 - Bolsas	-S/ 139.23	-26.02%
MP-05 - Cajas	-S/ 1,714.16	-79.26%
MP-06 - Sacos	-S/ 112.86	-20.43%
MP-07 - Fierro	-S/ 5,178.51	-81.97%
MP-08 - Carbón	S/ -	0.00%
MP-09 - Varilla de Fierro 1/2"	-S/ 271.58	-31.82%

Fuente: Elaboración Propia.

Gráfico N°04: Variación en el Gasto del Programa de Compras



Fuente: (Elaboración Propia)

b) HERRAMIENTA: Estudio de Tiempos y Movimiento

Con la finalidad de determinar el tiempo en el que las entidades procesadas no ganan valor, es necesario primero la determinación del tiempo estándar de los procesos. Para esto es necesario cumplir con los siguientes pasos:

1. **Mapeo de proceso de producción.** Mediante un Diagrama de Operaciones de Proceso, el cual, por conveniencia en su representación, ha sido transformado en una tabla.
2. **Determinación del número de observaciones.** Debido a la inexistencia de data, es necesario determinar el número de observaciones para cada operación según la Tabla N°48.
3. **Toma de datos y cálculo del tiempo estándar.**
4. **Diagnóstico del desempeño del proceso.** A través del análisis del tiempo en espera, es posible determinar el costo asociado con las actividades que no agregan valor.

A continuación, se desarrollará cada uno de los pasos expuestos:

1. Mapeo de proceso de producción

El proceso de fabricación de plomadas ocurre bajo una secuencia determinada de operaciones, las cuales requieren ser definidas en cuanto a su inicio y a su fin. Esto es posible mediante la observación de actividades cíclicas a través de las cuales la materia prima se transforma en un producto terminado. Como resultado de dicha observación, se presenta el siguiente inventario de operaciones, en la Tabla N°48. (Ver Anexo N°11)

Tabla N°49: Inventario de Operaciones del DOP

CÓD.	NOMBRE	TIPO				
		Nº <input type="radio"/>	Nº <input type="checkbox"/>	Nº <input type="checkbox"/>	Nº <input type="checkbox"/>	Nº <input type="checkbox"/>
A.0. MOLDES						
A.1.	Preparar la tierra	1 <input checked="" type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
A.2.	Hacer horificios	2 <input checked="" type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
A.3.	Colocar las placas de aluminio	3 <input checked="" type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
A.4.	Colocar los modelos	4 <input checked="" type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
A.5.	Hacer la matriz de unión	5 <input checked="" type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
A.6.	Tapar la tierra	6 <input checked="" type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
A.7.	Hacer hoyos	7 <input checked="" type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
A.8.	Tapar los hoyos	8 <input checked="" type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

B.0. SELECCIÓN DE MATERIAL						
B.1.	Selección y compra de MP	9 ●	⇨	□	D	▽
B.2.	Almacenado de MP	○	⇨	□	D	1 ▼
B.3.	Traslado a fundicion	○	1 ⇨	□	D	▽
B.4.	Almacenado de MP	○	⇨	□	D	2 ▼
B.5.	Traslado hacia otro taller	○	2 ⇨	□	D	▽
C.0. FUNDICIÓN						
C.1.	Encender el Horno	10 ●	⇨	□	D	▽
C.2.	Recibir el fierro	11 ●	⇨	□	D	▽
C.3.	Cortar el fierro	12 ●	⇨	□	D	▽
C.4.	Inspeccion de T° de horno	○	⇨	1 ■	D	▽
C.5.	Agregar el carbon de piedra	13 ●	⇨	□	D	▽
C.6.	Agregar fierro cortado	14 ●	⇨	□	D	▽
C.7.	Se recibe el fierro fundido	15 ●	⇨	□	D	▽
C.8.	Sellar la válvula de salida	16 ●	⇨	□	D	▽
C.9.	Traslado al area de siembra	○	3 ⇨	□	D	▽
C.10.	Destapar hoyos	17 ●	⇨	□	D	▽
C.11.	Verter el fierro fundido	18 ●	⇨	□	D	▽
C.12.	Esperar 24 hrs	○	⇨	□	1 ●	▽
C.13.	Retirar las piezas	19 ●	⇨	□	D	▽
C.14.	Se traslada al area de acabado	○	4 ⇨	□	D	▽
C.15.	Inspección	○	⇨	2 ■	D	▽
C.16.	Juntar las sobrar del metal	20 ●	⇨	□	D	▽
C.17.	Llevar al almacen	○	5 ⇨	□	D	▽
C.18.	Almacenar	○	⇨	□	D	3 ▼
C.19.	Trasladar hacia fundición	○	6 ⇨	□	D	▽
D.0. PIEZA 1 - CAJA						
D.1.	Almacenaje	○	⇨	□	D	4 ▼
D.2.	Traslado hacia Cepillado	○	7 ⇨	□	D	▽
D.3.	Cepillado	21 ●	⇨	□	D	▽
D.4.	Traslado hacia esmerilado	○	8 ⇨	□	D	▽
D.5.	Limpieza y esmerilado	22 ●	⇨	□	D	▽
D.6.	Traslado hacia torno	○	9 ⇨	□	D	▽
D.7.	Maquinado 1.1	23 ●	⇨	□	D	▽
D.8.	Traslado a ensamble	○	10 ⇨	□	D	▽
E.0. PIEZA 2 - TAPA						
E.1.	Almacenaje	○	⇨	□	D	5 ▼
E.2.	Traslado hacia esmerilado	○	11 ⇨	□	D	▽
E.3.	Limpieza y esmerilado	24 ●	⇨	□	D	▽
E.4.	Traslado hacia torno 2	○	12 ⇨	□	D	▽
E.5.	Maquinado 2.1	25 ●	⇨	□	D	▽
E.6.	Traslado hacia torno 2	○	13 ⇨	□	D	▽
E.7.	Cilindrado exterior	26 ●	⇨	□	D	▽

E.8.	Traslado hacia torno 5	○	14	➡	□	D	▽
E.9.	Roscado exterior	27 ●		➡	□	D	▽
E.10.	Traslado hacia torno 3 (punta)	○	15	➡	□	D	▽
E.11.	Cilindrado exterior (50°)	28 ●		➡	□	D	▽
E.12.	Traslado hacia ENSAMBLE 1	○	16	➡	□	D	▽
F.0. ENSAMBLE 1							
F.1.	Almacenaje PP	○		➡	□	D	6 ▼
F.2.	Maquinado E.1	29 ●		➡	□	D	▽
F.3.	Traslado hacia mesa de trabajo	○	17	➡	□	D	▽
G.0. PIEZA 3 - PERNO							
G.1.	Almacenaje	○		➡	□	D	7 ▼
G.2.	Traslado hacia cizalla	○	18	➡	□	D	▽
G.3.	Punto centro	30 ●		➡	□	D	▽
G.4.	Traslado hacia taladro	○	19	➡	□	D	▽
G.5.	Taladrado	31 ●		➡	□	D	▽
G.6.	Traslado hacia torno 1	○	20	➡	□	D	▽
G.7.	Maquinado 3.1	32 ●		➡	□	D	▽
G.8.	Traslado hacia mesa de trabajo	○	21	➡	□	D	▽
H.0. ENSAMBLE 2							
H.1.	Almacenaje	○		➡	□	D	8 ▼
H.2.	Ensamblaje de perno	33 ●		➡	□	D	▽
H.3.	Inspeccionar piezas	* ○		➡	3 ■	D	▽
H.4.	(Rectificación si es necesario)	34 ●		➡	□	D	▽
H.5.	Apilar piezas	35 ●		➡	□	D	▽
H.6.	Ordenar las piezas	36 ●		➡	□	D	▽
H.7.	Pintar (base)	37 ●		➡	□	D	▽
H.8.	Pintar (spray, acabado)	38 ●		➡	□	D	▽
H.9.	Embolsar cada pieza	39 ●		➡	□	D	▽
I.3.	Corte	40 ●		➡	□	D	▽
I.5.	Cilindrado	41 ●		➡	□	D	▽
I.6.	Recoger piezas	42 ●		➡	□	D	▽
I.8.	Esmerilado	43 ●		➡	□	D	▽
I.10.	Punto centro	44 ●		➡	□	D	▽
I.12.	Taladrado	45 ●		➡	□	D	▽
I.14.	Ordenar las piezas	46 ●		➡	□	D	▽
I.15.	Pintar (base)	47 ●		➡	□	D	▽
I.16.	Pintar (spray, acabado)	48 ●		➡	□	D	▽
I.17.	Embolsar cada pieza	49 ●		➡	□	D	▽
J.1.	Empaquetar	50 ●		➡	□	D	▽
J.2.	Traslado hacia almacén	○	30	➡	□	D	▽
J.3.	Almacenar	○		➡	□	D	10 ▼

Fuente: (Elaboración Propia)

2. Determinación del número de observaciones

Tomando en consideración que la planta no cuenta con un registro de datos históricos, no es posible hacer uso de un método estadístico para determinar el número de ciclos a estudiar. Debido a esta razón, se hace uso del método propuesto por la empresa General Electric Company, mostrada en la Tabla N°49.

Tabla N°50: Método para determinación de número de muestras, según la compañía GEC.

Tiempo de Ciclo (minutos)	Número recomendado de ciclos
0.10	200
0.25	100
0.50	60
0.75	40
1.00	30
2.00	20
2.00-5.00	15
5.00-10.00	10
10.00-20.00	8
20.00-40.00	5
40.00 o más	3

Fuente: (Niebel, 2009)

Debido a que el tiempo de ciclo para la fabricación de una plomada es mayor a los 5 minutos pero menor a los 10 minutos, el número recomendado de ciclos a ser medidos es de 10.

3. Toma de datos y cálculo del tiempo estándar

Sabiendo que son 10 los ciclos a observar, se procedió a la recolección de datos. Existen dos métodos para el registro de lecturas: 1) el método de regresos a cero, y 2) el método continuo. Para el caso, el uso del método continuo presenta ciertos beneficios frente al uso del otro método; sus beneficios son: 1) Presenta un registro

completo de todo el ciclo de observación incluyendo anomalías, y 2) se adapta mejor a la captura de tiempos muy cortos. Los datos recolectados nos van permitir calcular los siguientes valores:

Tiempo Observado Total (TO Total)

Consiste en la sumatoria de los tiempos capturados para la operación. La unidad de medida utilizada fueron los segundos. Para nuestro estudio, consiste en diez mediciones.

Calificación (C)

Para la calificación existen diversos métodos que requieren mayor detalle y existencia de datos confiables, así como de estándares de trabajo. Sin embargo ese no es el caso, por lo que se optó por hacer uso de la Calificación de la velocidad.

La calificación de la velocidad es un método de evaluación del desempeño que considera sólo el ritmo de trabajo por unidad de tiempo. En este método, el observador compara la eficacia del operario con el concepto de un operario calificado que hace el mismo trabajo, y después asigna un porcentaje para indicar la razón del desempeño observado sobre el desempeño estándar. La calificación acostumbra expresarse como un número entero positivo. En la Tabla N°50 se propone una guía para calificar la velocidad.

Tabla N°51: Guía para la velocidad.

Calificación	Puntos ancla verbales	Velocidad de caminata (mi/h)
0	Sin actividad	0
67	Muy lento, torpe	2
100	Estable, deliberado	3
133	Activo, negociante	4
167	Muy rápido, alto grado de destreza	5
200	Límite superior por un periodo corto	6

Fuente: (Niebel, 2009)

Tiempo Normal Total (TN Total)

El principio básico al calificar el desempeño es ajustar el tiempo medio observado (TO) para cada operación ejecutada durante el estudio hacia el tiempo normal (TN) que requeriría un operario calificado para realizar el mismo trabajo. La unidad de medida utilizada fueron los segundos. La fórmula utilizada es la siguiente:

$$TNT = \frac{1}{100} \sum_{i=1}^{\#Obs} TO_i \times C_i$$

Número de Observaciones (#Obs)

Valor escogido en la “Determinación del número de observaciones”, según la TABLA XX.

Tiempo Normal Promedio (TN Promedio)

Es el cociente de la división del Tiempo Normal Total sobre el Número de Observaciones. La fórmula es la siguiente:

$$TN = \frac{TNT}{\#Obs}$$

Porcentaje de Holgura (%Holgura)

Debido a que ningún operario puede mantener un paso estándar todos los minutos del día de trabajo. Pueden ocurrir tres clases de interrupciones para las que debe asignarse tiempo extra. La primera son las interrupciones personales, como viajes al baño y a tomar agua; la segunda es la fatiga que afecta incluso a los individuos más fuertes en los trabajos más ligeros. La tercera, son los retrasos inevitables, como herramientas que se rompen, interrupciones del supervisor, pequeños problemas con las herramientas y variaciones del material, todos ellos requieren la adición de una holgura.

Para nuestro estudio, la holgura se ha calculado considerando 3 factores, tal como se muestra en la Tabla N°51.

Tabla N°52: Factores de holgura.

FACTOR	PORCENTAJE
Agotamiento	5.00%

Necesidades básicas	4.00%
Poca iluminación	5.00%
TOTAL	14.00%

Fuente: (Elaboración Propia)

Tiempo Estándar Elemental (TE Elemental)

En este caso, el tiempo requerido para un operario totalmente calificado y capacitado, trabajando a un paso estándar y realizando un esfuerzo promedio para realizar cada elemento se llama Tiempo Estándar Elemental (TEE) de esa operación. Por lo general, el suplemento u holgura se da como una fracción del tiempo normal y se usa como un multiplicador.

$$TEE_i = TN_i \times (1 + holgura)$$

Número de Ocurrencias (#Ocur)

Es el número de veces que se repite la operación en el ciclo.

Tiempo Estándar [s] (TE)

Es la sumatoria de los Tiempos Estándar Elemental, considerando su frecuencia durante el ciclo. Su fórmula es la siguiente:

$$TE = \sum_{i=1}^{\#Obs} \#Ocur_i \times TEE_i$$

Tiempo Estándar [hr] (TE)

Es el Tiempo Estándar [s] convertido a horas. Se usó la siguiente fórmula:

$$TE = \frac{1}{3600} \sum_{i=1}^{\#Obs} \#Ocur_i \times TEE_i$$

Considerando los datos a recopilar, se ha analizado cada una de las operaciones mapeadas en la Tabla N°52. Inventario de Operaciones del DOP". A continuación se muestran dichos resultados en las siguientes tablas:

Tabla N°53: Índice de Tablas de Medición de Tiempos Estándar.

OPERACIÓN	Nº TABLA
D.3. Cepillado	TABLA N°53
D.5. Limpieza y esmerilado	TABLA N°54
D.7. Maquinado 1.1	TABLA N°55
E.3. Limpieza y esmerilado	TABLA N°56
E.5. Maquinado 2.1	TABLA N°57
E.7. Cilindrado exterior	TABLA N°58
E.9. Roscado exterior	TABLA N°59
E.11. Cilindrado exterior (50°)	TABLA N°60
F.2. Maquinado E.1	TABLA N°61
G.3. Punto centro	TABLA N°62
G.5. Taladrado	TABLA N°63
G.7. Maquinado 3.1	TABLA N°64
H.2. Ensamblaje de perno	TABLA N°65
H.3. Inspeccionar piezas	TABLA N°66
H.4. (Rectificación si es necesario)	TABLA N°67
H.5. Apilar piezas	TABLA N°68
H.6. Ordenar las piezas	TABLA N°69

H.7. Pintar (base)	TABLA N°70
H.8. Pintar (spray, acabado)	TABLA N°71
H.9. Embolsar cada pieza	TABLA N°72
I.3. Corte	TABLA N°73
I.5. Cilindrado	TABLA N°74
I.6. Recoger piezas	TABLA N°75
I.8. Esmerilado	TABLA N°76
I.10. Punto centro	TABLA N°77
I.12. Taladrado	TABLA N°78
I.14. Ordenar las piezas	TABLA N°79
I.15. Pintar (base)	TABLA N°80
I.16. Pintar (spray, acabado)	TABLA N°81
I.17. Embolsar cada pieza	TABLA N°82
J.1. Empaquetar	TABLA N°83

Tabla N°54: Operación D.3. Cepillado

Elemento		D.3. Cepillado		
Nota	Ciclo	C	TO	TN
-	1	90	38.80	34.9
-	2	105	34.00	35.7
-	3	105	40.00	42.0
-	4	85	32.00	27.2
-	5	95	46.00	43.7
-	6	95	36.00	34.2
-	7	110	36.00	39.6
-	8	95	40.80	38.8
-	9	105	44.00	46.2
-	10	100	36.00	36.0
TO Total		383.600		
TN Total		378.280		
Nº de observaciones		10.000		
TN promedio		37.828		
% de holgura		1.140		
Tiempo estándar elemental		43.124		
Nº de ocurrencias		1.000		
Tiempo estándar [s]		43.124		
Tiempo estándar [hr]		0.012		

Fuente: (Elaboración Propia)

Tabla N°55: Operación D.5. Limpieza y esmerilado

Elemento		D.5. Limpieza y esmerilado		
Nota	Ciclo	C	TO	TN
-	1	90	91.60	82.4
-	2	105	78.00	81.9
-	3	105	80.40	84.4

-	4	85	78.00	66.3
-	5	95	77.60	73.7
-	6	95	74.80	71.1
-	7	110	62.40	68.6
-	8	95	79.60	75.6
-	9	105	75.60	79.4
-	10	100	73.20	73.2
TO Total		771.200		
TN Total		756.680		
Nº de observaciones		10.000		
TN promedio		75.668		
% de holgura		1.140		
Tiempo estándar elemental		86.262		
Nº de ocurrencias		1.000		
Tiempo estándar [s]		86.262		
Tiempo estándar [hr]		0.024		

Fuente: (Elaboración Propia)

Tabla N°56: Operación D.7. Maquinado 1.1

Elemento		D.7. Maquinado 1.1		
Nota	Ciclo	C	TO	TN
-	1	90	92.69	83.4
-	2	100	85.82	85.8
-	3	90	141.72	127.5
-	4	90	87.18	78.5
-	5	95	93.59	88.9
-	6	95	96.47	91.6
-	7	110	103.51	113.9

-	8	110	90.36	99.4
-	9	110	97.94	107.7
-	10	100	95.79	95.8
TO Total		985.069		
TN Total		845.041		
Nº de observaciones		10.000		
TN promedio		181.164		
% de holgura		1.140		
Tiempo estándar elemental		206.527		
Nº de ocurrencias		1.000		
Tiempo estándar [s]		206.527		
Tiempo estándar [hr]		0.057		

Fuente: (Elaboración Propia)

Tabla N°57: Operación E.3. Limpieza y esmerilado

Elemento		E.3. Limpieza y esmerilado		
Nota	Ciclo	C	TO	TN
-	1	90	79.60	71.6
-	2	100	78.40	78.4
-	3	90	62.40	56.2
-	4	85	79.20	67.3
Caída de piezas	5	110	140.00	154.0
-	6	95	62.00	58.9
-	7	110	71.60	78.8
-	8	110	78.40	86.2
-	9	110	71.60	78.8
-	10	100	70.00	70.0
TO Total		653.200		
NT Total		646.180		

Nº de observaciones	10.000
TN promedio	80.018
% de holgura	1.140
Tiempo estándar elemental	91.221
Nº de ocurrencias	1.000
Tiempo estándar [s]	91.221
Tiempo estándar [hr]	0.025

Fuente: (Elaboración Propia)

Tabla N°58: Operación E.5. Maquinado 2.1

Elemento		E.5. Maquinado 2.1		
Nota	Ciclo	C	TO	TN
-	1	100	176.00	176.0
-	2	100	186.60	186.6
-	3	100	185.80	185.8
-	4	100	178.16	178.2
Caída de piezas	5	110	201.72	221.9
-	6	100	185.28	185.3
-	7	100	176.84	176.8
-	8	100	169.28	169.3
-	9	100	174.20	174.2
-	10	110	172.84	190.1
TO Total		626.040		
NT Total		1844.176		
Nº de observaciones		10.000		
TN promedio		184.418		
% de holgura		1.140		
Tiempo estándar elemental		210.236		
Nº de ocurrencias		1.000		

Tiempo estándar [s]	210.236
Tiempo estándar [hr]	0.058

Fuente: (Elaboración Propia)

Tabla N°59: Operación E.7. Cilindrado exterior

Elemento		E.7. Cilindrado exterior		
Nota	Ciclo	C	TO	TN
-	1	95	63.92	60.7
-	2	95	67.84	64.4
-	3	95	61.28	58.2
-	4	95	65.28	62.0
Caída de piezas	5	95	61.72	58.6
-	6	95	57.28	54.4
-	7	95	69.72	66.2
-	8	95	57.32	54.5
-	9	95	61.72	58.6
-	10	95	59.96	57.0
TO Total		626.040		
NT Total		594.738		
Nº de observaciones		10.000		
TN promedio		59.474		
% de holgura		1.140		
Tiempo estándar elemental		67.800		
Nº de ocurrencias		1.000		
Tiempo estándar [s]		67.800		
Tiempo estándar [hr]		0.019		

Fuente: (Elaboración Propia)

Tabla N°60: Operación E.9. Roscado exterior

Elemento		E.9. Roscado exterior		
Nota	Ciclo	C	TO	TN
-	1	105	96.00	100.8
-	2	100	86.60	86.6
-	3	105	101.80	106.9
-	4	105	90.16	94.7
Caída de piezas	5	105	101.72	106.8
-	6	100	89.28	89.3
-	7	110	84.84	93.3
-	8	110	69.28	76.2
-	9	105	86.20	90.5
-	10	100	100.84	100.8
TO Total		906.720		
NT Total		945.926		
Nº de observaciones		10.000		
TN promedio		94.593		
% de holgura		1.140		
Tiempo estándar elemental		107.836		
Nº de ocurrencias		1.000		
Tiempo estándar [s]		107.836		
Tiempo estándar [hr]		0.030		

Fuente: (Elaboración Propia)

Tabla N°61: Operación E.11. Cilindrado exterior (50°)

Elemento		E.11. Cilindrado exterior (50°)		
Nota	Ciclo	C	TO	TN
-	1	95	98.00	93.1
-	2	95	100.00	95.0

-	3	95	100.00	95.0
-	4	95	97.60	92.7
Caída de piezas	5	95	94.00	89.3
-	6	95	97.20	92.3
-	7	85	103.60	88.1
-	8	95	94.80	90.1
-	9	95	109.20	103.7
-	10	95	104.00	98.8
TO Total		998.400		
NT Total		938.120		
Nº de observaciones		10.000		
TN promedio		93.812		
% de holgura		1.140		
Tiempo estándar elemental		106.946		
Nº de ocurrencias		1.000		
Tiempo estándar [s]		106.946		
Tiempo estándar [hr]		0.030		

Fuente: (Elaboración Propia)

Tabla N°62: Operación F.2. Maquinado E.1

Elemento		F.2. Maquinado E.1		
Nota	Ciclo	C	TO	TN
-	1	100	176.40	176.4
-	2	105	164.81	173.0
-	3	100	163.55	163.5
-	4	110	174.35	191.8
-	5	95	178.81	169.9
-	6	90	171.50	154.4
-	7	100	178.34	178.3
-	8	100	161.35	161.4
-	9	90	181.73	163.6
-	10	100	184.32	184.3
TO Total		1735.164		
Calificación		105.000		
NT Total		1716.575		
Nº de observaciones		10.000		
TN promedio		171.658		
% de holgura		1.140		
Tiempo estándar elemental		195.690		
Nº de ocurrencias		1.000		
Tiempo estándar [s]		195.690		
Tiempo estándar [hr]		0.054		

Fuente: (Elaboración Propia)

Tabla N°63: Operación G.3. Punto centro

Elemento		G.3. Punto centro		
Nota	Ciclo	C	TO	TN
-	1	100	27.60	27.6
-	2	90	28.20	25.4

-	3	85	24.80	21.1
-	4	105	30.00	31.5
-	5	90	33.36	30.0
-	6	95	27.56	26.2
-	7	90	38.60	34.7
-	8	80	31.24	25.0
-	9	95	34.76	33.0
-	10	90	39.92	35.9
TO Total		316.040		
NT Total		290.448		
Nº de observaciones		10.000		
TN promedio		29.045		
% de holgura		1.140		
Tiempo estándar elemental		33.111		
Nº de ocurrencias		1.000		
Tiempo estándar [s]		33.111		
Tiempo estándar [hr]		0.009		

Fuente: (Elaboración Propia)

Tabla N°64: Operación G.5. Taladrado

Elemento		G.5. Taladrado		
Nota	Ciclo	C	TO	TN
-	1	90	87.60	78.8
-	2	100	86.00	86.0
-	3	105	93.60	98.3
-	4	90	86.40	77.8
-	5	85	98.24	83.5
-	6	90	100.68	90.6
-	7	80	82.36	65.9

-	8	85	105.88	90.0
-	9	90	91.40	82.3
-	10	80	94.88	75.9
TO Total		927.040		
NT Total		829.046		
Nº de observaciones		10.000		
TN promedio		82.905		
% de holgura		1.140		
Tiempo estándar elemental		94.511		
Nº de ocurrencias		1.000		
Tiempo estándar [s]		94.511		
Tiempo estándar [hr]		0.026		

Fuente: (Elaboración Propia)

Tabla N°65 Operación G.7. Maquinado 3.1

Elemento		G.7. Maquinado 3.1		
Nota	Ciclo	C	TO	TN
-	1	100	83.60	83.6
-	2	80	91.40	73.1
-	3	90	85.72	77.1
-	4	95	83.96	79.8
-	5	90	90.56	81.5
-	6	90	103.48	93.1
-	7	90	104.56	94.1
-	8	95	85.36	81.1
-	9	80	93.96	75.2
-	10	95	96.20	91.4
TO Total		918.800		
NT Total		830.020		

Nº de observaciones	10.000
TN promedio	83.002
% de holgura	1.140
Tiempo estándar elemental	94.622
Nº de ocurrencias	1.000
Tiempo estándar [s]	94.622
Tiempo estándar [hr]	0.026

Fuente: (Elaboración Propia)

Tabla N°66: Operación H.2. Ensamblaje de perno

Elemento		H.2. Ensamblaje de perno		
Nota	Ciclo	C	TO	TN
-	1	95	38.00	36.1
-	2	95	34.00	32.3
-	3	100	38.80	38.8
-	4	80	34.40	27.5
-	5	95	34.40	32.7
-	6	80	34.80	27.8
-	7	100	38.90	38.9
-	8	80	37.60	30.1
-	9	80	41.20	33.0
-	10	85	38.00	32.3
TO Total		370.100		
NT Total		329.480		
Nº de observaciones		10.000		
TN promedio		32.948		
% de holgura		1.140		
Tiempo estándar elemental		37.561		
Nº de ocurrencias		1.000		

Tiempo estándar [s]	37.561
Tiempo estándar [hr]	0.010

Fuente: (Elaboración Propia)

Tabla N°67: Operación H.3. Inspeccionar piezas

Elemento		H.3. Inspeccionar piezas		
Nota	Ciclo	C	TO	TN
-	1	100	7.20	7.2
-	2	110	7.36	8.1
-	3	95	6.80	6.5
-	4	85	6.96	5.9
-	5	85	6.72	5.7
-	6	85	6.96	5.9
-	7	80	7.76	6.2
-	8	105	7.04	7.4
-	9	80	7.12	5.7
-	10	85	6.56	5.6
TO Total		70.480		
NT Total		64.172		
Nº de observaciones		10.000		
TN promedio		6.417		
% de holgura		1.140		
Tiempo estándar elemental		7.316		
Nº de ocurrencias		1.000		
Tiempo estándar [s]		8.316		
Tiempo estándar [hr]		0.002		

Fuente: (Elaboración Propia)

Tabla N°68: Operación H.4. (Rectificación si es necesario)

Elemento		H.4. (Rectificación si es necesario)		
Nota	Ciclo	C	TO	TN
-	1	80	23.20	18.6
-	2	95	18.80	17.9
-	3	80	19.64	15.7
-	4	100	19.00	19.0
-	5	105	20.48	21.5
-	6	110	20.16	22.2
-	7	90	21.08	19.0
-	8	105	22.56	23.7
-	9	80	18.48	14.8
-	10	110	19.12	21.0
TO Total		202.520		
NT Total		193.288		
Nº de observaciones		10.000		
TN promedio		19.329		
% de holgura		1.140		
Tiempo estándar elemental		22.035		
Nº de ocurrencias		1.000		
Tiempo estándar [s]		23.035		
Tiempo estándar [hr]		0.006		

Fuente: (Elaboración Propia)

Tabla N°69: Operación H.5. Apilar piezas

Elemento		H.5. Apilar piezas		
Nota	Ciclo	C	TO	TN
-	1	80	6.67	5.3
-	2	90	7.36	6.6

-	3	90	7.88	7.1
-	4	90	6.84	6.2
-	5	100	7.28	7.3
-	6	95	8.12	7.7
-	7	110	6.96	7.7
-	8	90	7.16	6.4
-	9	90	7.44	6.7
-	10	110	7.76	8.5
TO Total		73.467		
NT Total		69.531		
Nº de observaciones		10.000		
TN promedio		6.953		
% de holgura		1.140		
Tiempo estándar elemental		7.927		
Nº de ocurrencias		1.000		
Tiempo estándar [s]		8.927		
Tiempo estándar [hr]		0.002		

Fuente: (Elaboración Propia)

Tabla N°70: Operación H.6. Ordenar las piezas

Elemento		H.6. Ordenar las piezas		
Nota	Ciclo	C	TO	TN
-	1	105	6.67	7.0
-	2	110	6.96	7.7
-	3	80	7.44	6.0
-	4	100	7.16	7.2
-	5	85	8.16	6.9
-	6	85	7.44	6.3

-	7	90	7.76	7.0
-	8	85	6.92	5.9
-	9	85	6.72	5.7
-	10	80	7.76	6.2
TO Total		72.987		
NT Total		65.814		
Nº de observaciones		10.000		
TN promedio		6.581		
% de holgura		1.140		
Tiempo estándar elemental		7.503		
Nº de ocurrencias		1.000		
Tiempo estándar [s]		8.503		
Tiempo estándar [hr]		0.002		

Fuente: (Elaboración Propia)

Tabla N°71: Operación H.7. Pintar (base)

Elemento		H.7. Pintar (base)		
Nota	Ciclo	C	TO	TN
-	1	110	15.36	16.9
-	2	85	15.84	13.5
-	3	100	15.72	15.7
-	4	85	15.48	13.2
-	5	110	17.56	19.3
-	6	85	17.08	14.5
-	7	80	18.04	14.4
-	8	80	15.88	12.7
-	9	105	15.28	16.0
-	10	95	14.84	14.1
TO Total		161.080		

NT Total	150.350
Nº de observaciones	10.000
TN promedio	15.035
% de holgura	1.140
Tiempo estándar elemental	17.140
Nº de ocurrencias	1.000
Tiempo estándar [s]	18.140
Tiempo estándar [hr]	0.005

Fuente: (Elaboración Propia)

Tabla N°72: Operación H.8. Pintar (spray, acabado)

Elemento		H.8. Pintar (spray, acabado)		
Nota	Ciclo	C	TO	TN
-	1	80	10.56	8.4
-	2	90	11.04	9.9
-	3	95	10.40	9.9
-	4	95	11.36	10.8
-	5	95	11.64	11.1
-	6	90	11.76	10.6
-	7	90	12.36	11.1
-	8	85	12.96	11.0
-	9	90	11.40	10.3
-	10	110	11.16	12.3
TO Total		114.640		
NT Total		105.374		
Nº de observaciones		10.000		
TN promedio		10.537		
% de holgura		1.140		
Tiempo estándar elemental		12.013		

Nº de ocurrencias	1.000
Tiempo estándar [s]	13.013
Tiempo estándar [hr]	0.004

Fuente: (Elaboración Propia)

Tabla N°73: Operación H.9. Embolsar cada pieza

Elemento		H.9. Embolsar cada pieza		
Nota	Ciclo	C	TO	TN
-	1	80	7.28	5.8
-	2	110	7.68	8.4
-	3	90	7.12	6.4
-	4	105	8.20	8.6
-	5	90	8.04	7.2
-	6	110	7.80	8.6
-	7	95	7.32	7.0
-	8	110	7.36	8.1
-	9	110	7.84	8.6
-	10	110	6.96	7.7
TO Total		75.600		
NT Total		76.436		
Nº de observaciones		10.000		
TN promedio		7.644		
% de holgura		1.140		
Tiempo estándar elemental		8.714		
Nº de ocurrencias		1.000		
Tiempo estándar [s]		9.714		
Tiempo estándar [hr]		0.003		

Fuente: (Elaboración Propia)

Tabla N°74: Operación I.3. Corte

Elemento		I.3. Corte		
Nota	Ciclo	C	TO	TN
-	1	90	48.00	43.2
-	2	105	56.00	58.8
-	3	110	64.00	70.4
-	4	90	53.60	48.2
-	5	95	63.20	60.0
-	6	80	58.80	47.0
-	7	105	57.72	60.6
-	8	105	49.80	52.3
-	9	95	57.80	54.9
-	10	110	54.16	59.6
TO Total		563.080		
NT Total		555.102		
Nº de observaciones		10.000		
TN promedio		55.510		
% de holgura		1.140		
Tiempo estándar elemental		63.282		
Nº de ocurrencias		1.000		
Tiempo estándar [s]		63.282		
Tiempo estándar [hr]		0.018		

Fuente: (Elaboración Propia)

Tabla N°75: Operación I.5. Cilindrado

Elemento		I.5. Cilindrado		
Nota	Ciclo	C	TO	TN
-	1	105	126.00	132.3
-	2	90	112.00	100.8
-	3	100	126.00	126.0

-	4	110	104.00	114.4
-	5	100	100.00	100.0
-	6	90	143.72	129.3
-	7	105	142.00	149.1
-	8	90	120.00	108.0
-	9	95	140.00	133.0
-	10	95	118.40	112.5
TO Total		1232.120		
NT Total		1205.428		
Nº de observaciones		10.000		
TN promedio		120.543		
% de holgura		1.140		
Tiempo estándar elemental		137.419		
Nº de ocurrencias		1.000		
Tiempo estándar [s]		137.419		
Tiempo estándar [hr]		0.038		

Fuente: (Elaboración Propia)

Tabla N°75: Operación I.6. Recoger piezas

Elemento		I.6. Recoger piezas		
Nota	Ciclo	C	TO	TN
-	1	110	9.40	10.3
-	2	85	9.60	8.2
-	3	85	10.20	8.7
-	4	105	11.36	11.9
-	5	80	8.52	6.8
-	6	105	9.68	10.2
-	7	85	10.24	8.7
-	8	90	10.68	9.6

-	9	85	11.92	10.1
-	10	90	9.64	8.7
TO Total		101.240		
NT Total		93.202		
Nº de observaciones		10.000		
TN promedio		9.320		
% de holgura		1.140		
Tiempo estándar elemental		10.625		
Nº de ocurrencias		1.000		
Tiempo estándar [s]		10.625		
Tiempo estándar [hr]		0.003		

Fuente: (Elaboración Propia)

Tabla N°77: Operación I.8. Esmerilado

Elemento		I.8. Esmerilado		
Nota	Ciclo	C	TO	TN
-	1	90	28.00	25.2
-	2	80	24.00	19.2
-	3	105	30.00	31.5
-	4	110	23.20	25.5
-	5	90	27.20	24.5
-	6	80	23.60	18.9
-	7	95	29.60	28.1
-	8	90	27.48	24.7
-	9	80	22.00	17.6
-	10	105	29.60	31.1
TO Total		264.680		
NT Total		246.312		
Nº de observaciones		10.000		

TN promedio	24.631
% de holgura	1.140
Tiempo estándar elemental	28.080
Nº de ocurrencias	1.000
Tiempo estándar [s]	28.080
Tiempo estándar [hr]	0.008

Fuente: (Elaboración Propia)

Tabla N°78: Operación I.10. Punto centro

Elemento		I.10. Punto centro		
Nota	Ciclo	C	TO	TN
-	1	85	32.00	27.2
-	2	85	34.00	28.9
-	3	100	29.84	29.8
-	4	100	36.00	36.0
-	5	105	31.47	33.0
-	6	100	31.44	31.4
-	7	85	31.90	27.1
-	8	85	31.92	27.1
-	9	100	22.84	22.8
-	10	95	31.64	30.1
TO Total		313.048		
NT Total		293.567		
Nº de observaciones		10.000		
TN promedio		29.357		
% de holgura		1.140		
Tiempo estándar elemental		33.467		
Nº de ocurrencias		1.000		
Tiempo estándar [s]		33.467		

Tiempo estándar [hr]	0.009
----------------------	-------

Fuente: (Elaboración Propia)

Tabla N°79: Operación I.12. Taladrado

Elemento		I.12. Taladrado		
Nota	Ciclo	C	TO	TN
-	1	90	111.16	100.0
-	2	90	94.80	85.3
-	3	110	98.32	108.2
-	4	100	102.08	102.1
-	5	110	89.52	98.5
-	6	110	85.68	94.2
-	7	95	92.88	88.2
-	8	90	94.56	85.1
-	9	85	101.20	86.0
-	10	95	94.40	89.7
TO Total		964.600		
NT Total		937.356		
Nº de observaciones		10.000		
TN promedio		93.736		
% de holgura		1.140		
Tiempo estándar elemental		106.859		
Nº de ocurrencias		1.000		
Tiempo estándar [s]		106.859		
Tiempo estándar [hr]		0.030		

Fuente: (Elaboración Propia)

Tabla N°80: Operación I.14. Ordenar las piezas

Elemento		I.14. Ordenar las piezas		
Nota	Ciclo	C	TO	TN
-	1	105	5.60	5.9
-	2	105	5.44	5.7
-	3	90	5.36	4.8
-	4	100	6.00	6.0
-	5	110	5.02	5.5
-	6	100	5.14	5.1
-	7	90	6.02	5.4
-	8	85	5.63	4.8
-	9	110	5.56	6.1
-	10	95	5.38	5.1
TO Total		55.144		
NT Total		54.502		
Nº de observaciones		10.000		
TN promedio		5.450		
% de holgura		1.140		
Tiempo estándar elemental		6.213		
Nº de ocurrencias		1.000		
Tiempo estándar [s]		7.213		
Tiempo estándar [hr]		0.002		

Fuente: (Elaboración Propia)

Tabla N°81: Operación I.15. Pintar (base)

Elemento		I.15. Pintar (base)		
Nota	Ciclo	C	TO	TN
-	1	80	11.52	9.2
-	2	110	12.13	13.3
-	3	110	11.52	12.7

-	4	90	13.76	12.4
-	5	100	15.04	15.0
-	6	105	11.36	11.9
-	7	90	10.88	9.8
-	8	100	14.56	14.6
-	9	95	13.60	12.9
-	10	90	13.28	12.0
TO Total		127.648		
NT Total		123.805		
Nº de observaciones		10.000		
TN promedio		12.380		
% de holgura		1.140		
Tiempo estándar elemental		14.114		
Nº de ocurrencias		1.000		
Tiempo estándar [s]		15.114		
Tiempo estándar [hr]		0.004		

Fuente: (Elaboración Propia)

Tabla N°82: Operación I.16. Pintar (spray, acabado)

Elemento		I.16. Pintar (spray, acabado)		
Nota	Ciclo	C	TO	TN
-	1	105	7.36	7.7
-	2	110	8.16	9.0
-	3	80	7.36	5.9
-	4	95	8.48	8.1
-	5	105	9.28	9.7
-	6	85	7.84	6.7
-	7	110	8.16	9.0
-	8	95	8.64	8.2

-	9	80	9.12	7.3
-	10	90	9.28	8.4
TO Total		83.680		
NT Total		79.888		
Nº de observaciones		10.000		
TN promedio		7.989		
% de holgura		1.140		
Tiempo estándar elemental		9.107		
Nº de ocurrencias		1.000		
Tiempo estándar [s]		10.107		
Tiempo estándar [hr]		0.003		

Fuente: (Elaboración Propia)

Tabla N°83: Operación I.17. Embolsar cada pieza

Elemento		I.17. Embolsar cada pieza		
Nota	Ciclo	C	TO	TN
-	1	100	11.20	11.2
-	2	110	10.88	12.0
-	3	95	11.10	10.5
-	4	80	11.86	9.5
-	5	105	10.67	11.2
-	6	105	11.02	11.6
-	7	95	10.94	10.4
-	8	85	11.54	9.8
-	9	80	11.30	9.0
-	10	110	11.25	12.4
TO Total		111.760		
NT Total		107.594		
Nº de observaciones		10.000		

TN promedio	10.759
% de holgura	1.140
Tiempo estándar elemental	12.266
Nº de ocurrencias	1.000
Tiempo estándar [s]	13.266
Tiempo estándar [hr]	0.004

Fuente: (Elaboración Propia)

Tabla N°84: Operación J.1. Empaquetar

Elemento		J.1. Empaquetar		
Nota	Ciclo	C	TO	TN
-	1	90	12.00	10.8
-	2	95	8.00	7.6
-	3	80	16.00	12.8
-	4	105	14.00	14.7
-	5	100	10.40	10.4
-	6	105	12.00	12.6
-	7	110	10.00	11.0
-	8	100	10.00	10.0
-	9	90	14.00	12.6
-	10	90	14.80	13.3
TO Total		121.200		
NT Total		115.820		
Nº de observaciones		10.000		
TN promedio		11.582		
% de holgura		1.140		
Tiempo estándar elemental		13.203		
Nº de ocurrencias		1.000		
Tiempo estándar [s]		14.203		

Tiempo estándar [hr]	0.004
----------------------	-------

Fuente: (Elaboración Propia)

A continuación, en la Tabla N°84, se muestra el resumen de los tiempos estándar, con un cálculo adicional, valor al que llamaremos ratio de procesamiento r_p que nos indica la velocidad a la que la operación procesa las piezas entrantes, de manera estándar.

Tabla N°85: Tiempo Estándar y Ratio de Procesamiento.

OPERACIÓN	TE [s]	r_p [unid/hr]
D.3. Cepillado	43.12	83.48
D.5. Limpieza y esmerilado	86.26	41.73
D.7. Maquinado 1.1	206.53	17.43
E.3. Limpieza y esmerilado	91.22	39.46
E.5. Maquinado 2.1	210.24	17.12
E.7. Cilindrado exterior	67.80	53.10
E.9. Roscado exterior	107.84	33.38
E.11. Cilindrado exterior (50°)	106.95	33.66
F.2. Maquinado E.1	195.69	18.40
G.3. Punto centro	33.11	108.72
G.5. Taladrado	94.51	38.09
G.7. Maquinado 3.1	94.62	38.05
H.2. Ensamblaje de perno	37.56	95.84
H.3. Inspeccionar piezas	8.32	432.92
H.4. (Rectificación si es necesario)	23.03	156.29
H.5. Apilar piezas	8.93	403.29
H.6. Ordenar las piezas	8.50	423.39
H.7. Pintar (base)	18.14	198.46
H.8. Pintar (spray, acabado)	13.01	276.65

OPERACIÓN	TE [s]	r_p [unid/hr]
H.9. Embolsar cada pieza	9.71	370.61
I.3. Corte	63.28	56.89
I.5. Cilindrado	137.42	26.20
I.6. Recoger piezas	10.63	338.82
I.8. Esmerilado	28.08	128.21
I.10. Punto centro	33.47	107.57
I.12. Taladrado	106.86	33.69
I.14. Ordenar las piezas	7.21	499.08
I.15. Pintar (base)	15.11	238.19
I.16. Pintar (spray, acabado)	10.11	356.18
I.17. Embolsar cada pieza	13.27	271.38
J.1. Empaquetar	14.20	253.46

Fuente: (Elaboración Propia)

Por otra parte, es de suma importancia conocer el takt-time del cliente, y de esta manera poder comparar el r_p del proceso contra la velocidad a la que debe producirse, desde la perspectiva del cliente. El takt-time se define como:

$$TT = \frac{\text{Tiempo Disponible Total en el período} \times (1 - \text{tolerancia})}{\text{Demanda en el período}}$$

Para nuestro caso es:

$$TT = \frac{48 \text{ horas} \times \frac{3600 \text{ segundo}}{1 \text{ hora}} \times (1 - 0.14)}{992 \text{ unidad}}$$

$$TT = 149.806 \frac{\text{segundo}}{\text{unidad}}$$

Además, la Capacidad Demandada, para nuestro caso, puede calcularse como:

$$VTT = \frac{3600}{TT}$$

Es decir, tiene un valor de:

$$VTT = \frac{3600 \frac{\text{segundo}}{\text{hora}}}{149.806 \frac{\text{segundo}}{\text{unidad}}}$$

$$VTT = 24.031 \frac{\text{pieza}}{\text{hora}} \cong 25 \frac{\text{pieza}}{\text{hora}}$$

Estos son nuestros puntos de comparación para diagnosticar la salud de nuestros procesos en cuanto a su capacidad de permitir el flujo continuo de producción y cumplir con la demanda en el plazo acordado. A continuación, realizaremos las siguientes comparaciones: 1) Tiempo Estándar versus Takt-Time del Cliente, y 2) Capacidad de la Operación versus Capacidad Demandada; esto se muestra en los Gráfico N°05 y Gráfico N°06, respectivamente. (Ver el cálculo del Takt-Time en el Anexo N°12)

Gráfico N°05: Tiempo Estándar versus Takt-Time del Cliente.

Fuente: (Elaboración Propia)

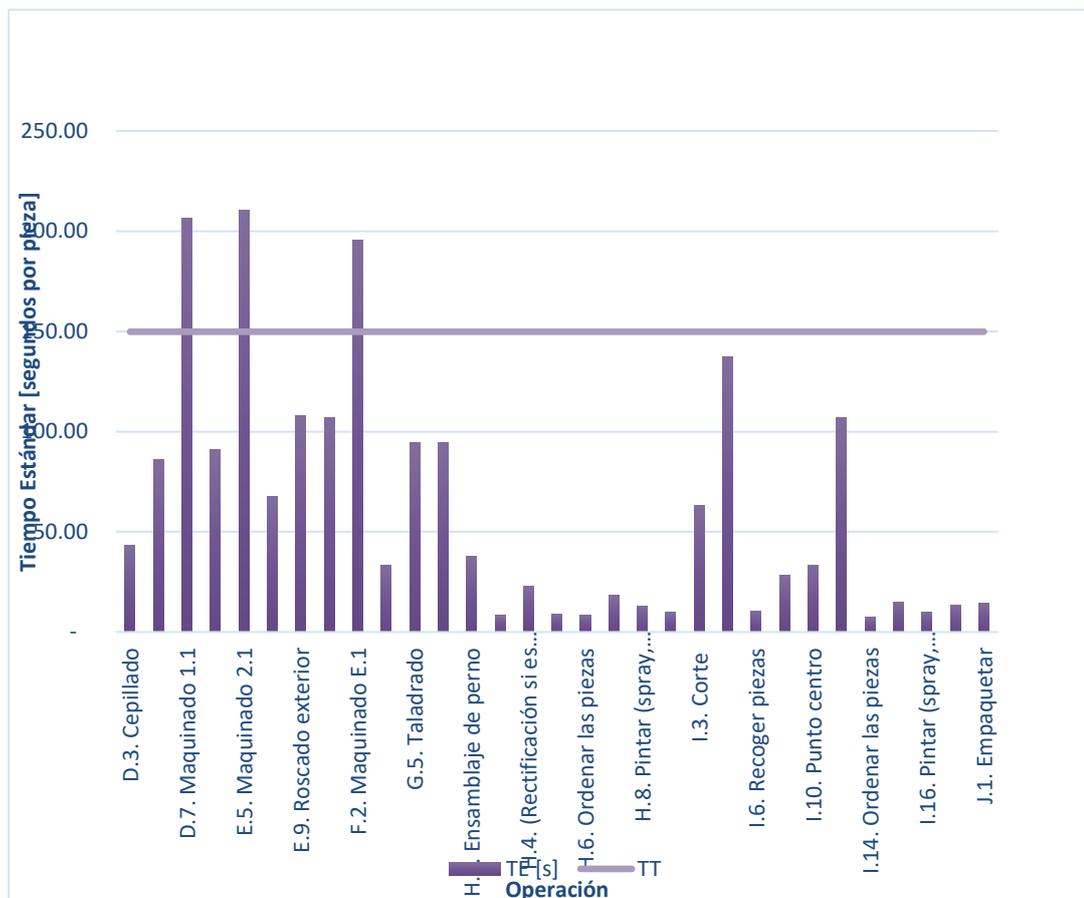
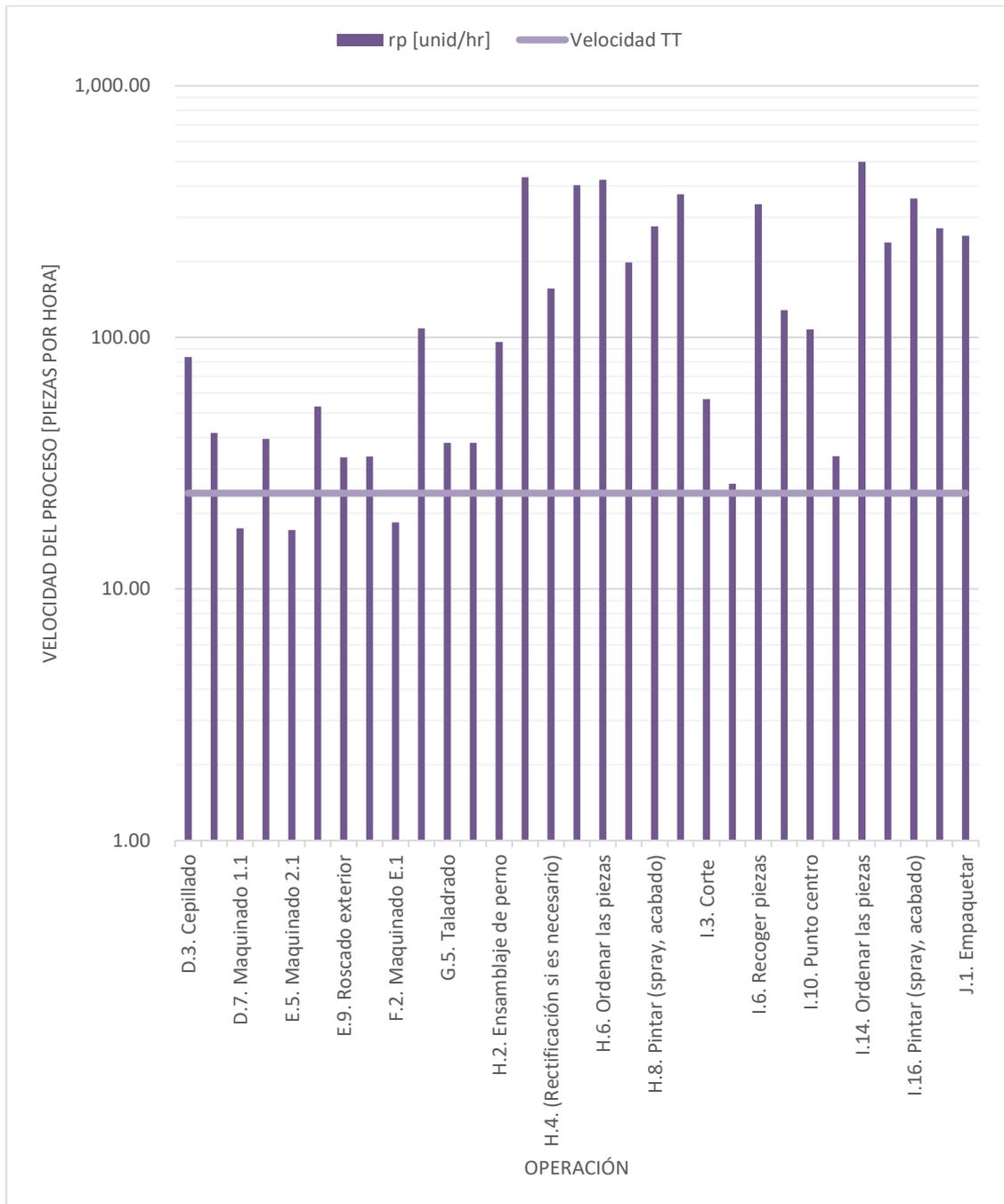


Gráfico N°06: Capacidad de Operación versus Capacidad Demanda.



Fuente: (Elaboración Propia)

Podemos apreciar que las operaciones de: 1) D.7. Maquinado 1.1, 2) E.5. Maquinado 2.1, y 3) F.2. Maquinado E.1, son más lentas que lo requerido para cumplir con la demanda, lo cual resulta evidente al ser comparadas versus el Takt-Time y la Capacidad Demandada, respectivamente.

Podemos apreciar la falta de sincronización entre las operaciones, lo cual, inevitablemente genera la acumulación de entidades en espera de la liberación de recursos, fenómeno estudiado por la Teoría de Colas.

Con la intención de analizar las colas promedio generadas en el proceso, requerimos conocer un nuevo parámetro al cual llamaremos Ratio de Llegadas (r_a). Este ratio se ha obtenido mediante las observaciones realizadas en planta. Consiste en el conteo físico de unidades que ingresan a cada operación en un periodo de 60 minutos. Los resultados de dicha observación se presentan en la Tabla N°85.

Por otra parte, para realizar el análisis de colas, necesitamos conocer cuatro valores adicionales: 1) Coeficiente de variación en los tiempos entre cada llegada, 2) Coeficiente de variación en el tiempo de operación, y 3) Número de servidores paralelos. A continuación se explicará la aplicación de cada uno de los valores.

- **Coeficiente de variación en los tiempos entre cada llegada**

El coeficiente de variación, requiere el promedio y la desviación estándar de un conjunto de datos de medición a los tiempos entre las llegadas. Debido a que no se cuenta con ese dato, se puede asumir una distribución exponencial, lo que implica un coeficiente de variación de 1.

$$CV_a = 1$$

- **Coeficiente de variación en el tiempo de operación**

El coeficiente de variación para el tiempo de cada operación se obtendrá con la siguiente fórmula:

$$CV_p = \frac{\sigma}{|\bar{x}|}$$

- **Número de servidores paralelos**

Se consideran servidores paralelos a aquellas estaciones de trabajo que puedan atender a una misma cola de manera simultánea. Para nuestro estudio, para todos los casos se cumple que:

$$m = 1$$

Conociendo estos datos, podemos calcular 1) la utilización u , 2) el tiempo de operación t_p o procesamiento, 3) el tiempo de espera, 4) tiempo de ciclo, y 5) cantidad de unidades en cola.

- **Utilización**

Se calcula por medio del siguiente cociente:

$$u = \frac{r_a}{r_p}$$

- **Tiempo de operación o procesamiento**

Se calcula como el inverso del Ratio de Procesamiento.

$$t_p = \frac{1}{r_p}$$

- **Tiempo de espera**

Se calcula mediante la ecuación VUT (Variabilidad-Utilización-Tiempo de Procesamiento).

$$t_q = \left(\frac{CV_a^2 + CV_p^2}{2} \right) \left(\frac{u^{\sqrt{2(m+1)}-1}}{m(1-u)} \right) t_p$$

- **Tiempo de ciclo**

Se calcula con la suma del tiempo de procesamiento y el tiempo de espera en cola.

$$CT = t_q + t_p$$

- **Cantidad de unidades den cola**

$$WIP_q = r_a t_q$$

Tabla N°86: Resumen de Ratio de Llegadas.

OPERACIÓN	r_a [unid/hr]
D.3. Cepillado	53.00
D.5. Limpieza y esmerilado	40.00
D.7. Maquinado 1.1	11.00
E.3. Limpieza y esmerilado	27.00
E.5. Maquinado 2.1	13.00
E.7. Cilindrado exterior	11.00
E.9. Roscado exterior	10.00
E.11. Cilindrado exterior (50°)	10.00
F.2. Maquinado E.1	10.00
G.3. Punto centro	102.00
G.5. Taladrado	27.00
G.7. Maquinado 3.1	27.00
H.2. Ensamblaje de perno	88.00
H.3. Inspeccionar piezas	124.00
H.4. (Rectificación si es necesario)	8.00
H.5. Apilar piezas	258.00
H.6. Ordenar las piezas	292.00
H.7. Pintar (base)	142.00
H.8. Pintar (spray, acabado)	138.00
H.9. Embolsar cada pieza	247.00
I.3. Corte	39.00
I.5. Cilindrado	26.00
I.6. Recoger piezas	274.00
I.8. Esmerilado	90.00
I.10. Punto centro	83.00
I.12. Taladrado	30.00

I.14. Ordenar las piezas	245.00
I.15. Pintar (base)	171.00
I.16. Pintar (spray, acabado)	168.00
I.17. Embolsar cada pieza	241.00
J.1. Empaquetar	197.00

Fuente: (Elaboración Propia)

A continuación se muestran los coeficientes de variación calculados para cada operación:

Tabla N°87: Cálculo del Coeficiente de Variación del tiempo de operación.

OPERACIÓN	σ	$ \bar{x} $	CV_p
D.3. Cepillado	5.181	37.828	0.137
D.5. Limpieza y esmerilado	5.860	75.668	0.077
D.7. Maquinado 1.1	14.443	97.259	0.149
E.3. Limpieza y esmerilado	26.201	80.018	0.327
E.5. Maquinado 2.1	13.947	184.418	0.076
E.7. Cilindrado exterior	3.722	59.474	0.063
E.9. Roscado exterior	103.779	103.779	103.779
E.11. Cilindrado exterior (50°)	98.305	98.305	98.305
F.2. Maquinado E.1	11.303	171.131	0.066
G.3. Punto centro	4.541	29.045	0.156
G.5. Taladrado	8.591	82.905	0.104
G.7. Maquinado 3.1	7.115	83.002	0.086
H.2. Ensamblaje de perno	3.799	32.948	0.115
H.3. Inspeccionar piezas	0.816	6.417	0.127
H.4. (Rectificación si es necesario)	2.673	19.329	0.138
H.5. Apilar piezas	0.860	6.953	0.124
H.6. Ordenar las piezas	0.616	6.581	0.094
H.7. Pintar (base)	1.903	15.035	0.127

OPERACIÓN	σ	$ \bar{x} $	CV_p
H.8. Pintar (spray, acabado)	0.958	10.537	0.091
H.9. Embolsar cada pieza	0.954	7.644	0.125
I.3. Corte	7.632	55.510	0.137
I.5. Cilindrado	15.126	120.543	0.125
I.6. Recoger piezas	1.347	9.320	0.144
I.8. Esmerilado	4.627	24.631	0.188
I.10. Punto centro	3.466	29.357	0.118
I.12. Taladrado	7.691	93.736	0.082
I.14. Ordenar las piezas	0.453	5.450	0.083
I.15. Pintar (base)	1.739	12.380	0.140
I.16. Pintar (spray, acabado)	1.092	7.989	0.137
I.17. Embolsar cada pieza	1.039	10.759	0.097
J.1. Empaquetar	1.924	11.582	0.166

Fuente: (Elaboración Propia)

Tabla N°88: Evaluación de colas en las operaciones.

OPERACIÓN	u	t_p	t_q	CT	WIP_q
D.3. Cepillado	0.635	0.012	0.011	0.023	0.562
D.5. Limpieza y esmerilado	0.958	0.024	0.278	0.302	11.124
D.7. Maquinado 1.1	0.631	0.057	0.050	0.108	0.552
E.3. Limpieza y esmerilado	0.684	0.025	0.030	0.056	0.820
E.5. Maquinado 2.1	0.759	0.058	0.093	0.151	1.204
E.7. Cilindrado exterior	0.207	0.019	0.002	0.021	0.027
E.9. Roscado exterior	0.300	0.030	0.006	0.036	0.065
E.11. Cilindrado exterior (50°)	0.297	0.030	0.006	0.036	0.063
F.2. Maquinado E.1	0.544	0.054	0.033	0.087	0.325

OPERACIÓN	<i>u</i>	<i>t_p</i>	<i>t_q</i>	<i>CT</i>	<i>WIP_q</i>
G.3. Punto centro	0.938	0.009	0.071	0.081	7.289
G.5. Taladrado	0.709	0.026	0.032	0.059	0.872
G.7. Maquinado 3.1	0.710	0.026	0.032	0.059	0.874
H.2. Ensamblaje de perno	0.918	0.010	0.059	0.070	5.218
H.3. Inspeccionar piezas	0.286	0.002	0.000	0.003	0.058
H.4. (Rectificación si es necesario)	0.051	0.006	0.000	0.007	0.001
H.5. Apilar piezas	0.640	0.002	0.002	0.005	0.577
H.6. Ordenar las piezas	0.690	0.002	0.003	0.005	0.773
H.7. Pintar (base)	0.716	0.005	0.006	0.011	0.914
H.8. Pintar (spray, acabado)	0.499	0.004	0.002	0.005	0.250
H.9. Embolsar cada pieza	0.666	0.003	0.003	0.005	0.676
I.3. Corte	0.686	0.018	0.020	0.037	0.761
I.5. Cilindrado	0.992	0.038	2.555	2.593	66.426
I.6. Recoger piezas	0.809	0.003	0.006	0.009	1.745
I.8. Esmerilado	0.702	0.008	0.010	0.017	0.856
I.10. Punto centro	0.772	0.009	0.016	0.025	1.321
I.12. Taladrado	0.890	0.030	0.121	0.151	3.645
I.14. Ordenar las piezas	0.491	0.002	0.001	0.003	0.238
I.15. Pintar (base)	0.718	0.004	0.005	0.010	0.932
I.16. Pintar (spray, acabado)	0.472	0.003	0.001	0.004	0.214
I.17. Embolsar cada pieza	0.888	0.004	0.015	0.018	3.556
J.1. Empaquetar	0.777	0.004	0.007	0.011	1.393

Fuente: (Elaboración Propia)

Al sumar el total de 1) tiempo de procesamiento, 2) tiempo de espera, y 3) tiempo de ciclo, obtenemos los siguientes resultados mostrados en la Tabla N°88:

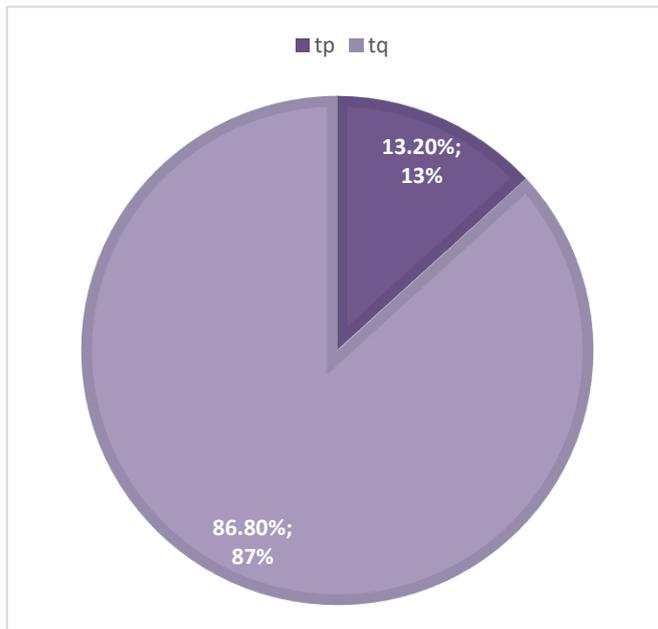
Tabla N°89. Resumen del diagnóstico actual del Tiempo de Ciclo.

VARIABLE	VALOR Y U.M.	PORCENTAJE
t_p	0.53 horas	13.20%
t_q	3.48 horas	86.80%
CT	4.01 horas	100.00%
WIP_q	113.33 unidades	

Fuente: (Elaboración Propia)

El porcentaje se ha representado en el Gráfico N°07

Gráfico N°07: Porcentaje de composición del Tiempo de Ciclo en el diagnóstico.



Fuente: (Elaboración Propia)

Tal como fue detectado, las operaciones 1) D.7. Maquinado 1.1, 2) E.5. Maquinado 2.1, y 3) F.2. Maquinado E.1, son las más lentas, estando por debajo de la Capacidad Demandada de 25 piezas por hora demandadas por el Takt-Time del Cliente. Dichas operaciones con capacidades de 17.43, 17.12, y de 18.40 no son capaces de alcanzar la Capacidad Demandada. Además, según el TOC (Theory of Constraints), la mejor manera de evitar la acumulación de inventario de productos en proceso o WIP (en inglés “Work in Process”) es controlando los arribos al sistema. El control de

los arribos consiste en limitar la velocidad de arribos, para todas las operaciones, a la mínima capacidad del flujo, es decir a la capacidad del cuello de botella.

Debido a que en nuestro caso debemos alinear la capacidad de nuestro flujo de operaciones al Takt-Time del Cliente, debemos ser capaces de alcanzar la Capacidad Demandada de 25 piezas por hora, y, debido a que el TOC exige que todas las operaciones funcionen al ritmo del cuello de la mínima capacidad de procesamiento del flujo de operaciones, todos los procesos trabajarán a un ratio de llegadas de 25 piezas por hora.

Otra de las consecuencias de esta lógica, es que, debido a la sincronización de los procesos, se genera un flujo continuo de producción, en el cual el coeficiente de variación de las llegadas en la operación de subíndice n es igual al coeficiente de variación del procesamiento en la operación anterior de subíndice $n - 1$.

$$CV_{a,n} = CV_{p,n-1}$$

Finalmente, debido a la incapacidad de las operaciones 1) D.7. Maquinado 1.1, 2) E.5. Maquinado 2.1, y 3) F.2. Maquinado E.1, es necesario agregar una estación de trabajo para cada una, de manera que la misma cola abastezca a dos servidores $m = 2$, haciendo uso de la ecuación:

$$u = \frac{r_a}{m \times r_p}$$

El nuevo cálculo del estado del flujo de operaciones se presenta en la Tabla N°89 y en la Tabla N°99.

Tabla N°90: Nuevas condiciones de operación.

OPERACIÓN	r_a	CV_a	r_p	CV_p	m
D.3. Cepillado	25.00	1.00	83.48	0.14	1.00
D.5. Limpieza y esmerilado	25.00	0.14	41.73	0.08	1.00
D.7. Maquinado 1.1	25.00	0.08	24.23	0.15	2.00
E.3. Limpieza y esmerilado	25.00	0.00	39.46	0.33	1.00
E.5. Maquinado 2.1	25.00	0.33	24.23	0.08	2.00
E.7. Cilindrado exterior	25.00	0.08	53.10	0.06	1.00
E.9. Roscado exterior	25.00	0.06	33.38	0.10	1.00
E.11. Cilindrado exterior (50°)	25.00	0.10	33.66	0.05	1.00

OPERACIÓN	r_a	CV_a	r_p	CV_p	m
F.2. Maquinado E.1	25.00	0.00	24.23	0.07	2.00
G.3. Punto centro	25.00	0.00	108.72	0.16	1.00
G.5. Taladrado	25.00	0.16	38.09	0.10	1.00
G.7. Maquinado 3.1	25.00	0.10	38.05	0.09	1.00
H.2. Ensamblaje de perno	25.00	0.00	95.84	0.12	1.00
H.3. Inspeccionar piezas	25.00	0.00	432.92	0.13	1.00
H.4. (Rectificación si es necesario)	25.00	0.12	156.29	0.14	1.00
H.5. Apilar piezas	25.00	0.13	403.29	0.12	1.00
H.6. Ordenar las piezas	25.00	0.14	423.39	0.09	1.00
H.7. Pintar (base)	25.00	0.12	198.46	0.13	1.00
H.8. Pintar (spray, acabado)	25.00	0.09	276.65	0.09	1.00
H.9. Embolsar cada pieza	25.00	0.13	370.61	0.12	1.00
I.3. Corte	25.00	0.00	56.89	0.14	1.00
I.5. Cilindrado	25.00	0.14	26.20	0.13	1.00
I.6. Recoger piezas	25.00	0.00	338.82	0.14	1.00
I.8. Esmerilado	25.00	0.14	128.21	0.19	1.00
I.10. Punto centro	25.00	0.19	107.57	0.12	1.00
I.12. Taladrado	25.00	0.12	33.69	0.08	1.00
I.14. Ordenar las piezas	25.00	0.08	499.08	0.08	1.00
I.15. Pintar (base)	25.00	0.00	238.19	0.14	1.00
I.16. Pintar (spray, acabado)	25.00	0.08	356.18	0.14	1.00
I.17. Embolsar cada pieza	25.00	0.14	271.38	0.10	1.00
J.1. Empaquetar	25.00	0.00	253.46	0.17	1.00

Fuente: (Elaboración Propia)

Tabla N°91: Nuevos resultados de operación.

OPERACIÓN	u	t_p	t_q	CT	WIP_q
D.3. Cepillado	0.30	0.01	0.00	0.01	0.07

OPERACIÓN	<i>u</i>	<i>t_p</i>	<i>t_q</i>	<i>CT</i>	<i>WIP_q</i>
D.5. Limpieza y esmerilado	0.60	0.02	0.00	0.02	0.01
D.7. Maquinado 1.1	0.52	0.04	0.00	0.04	0.01
E.3. Limpieza y esmerilado	0.63	0.03	0.00	0.03	0.06
E.5. Maquinado 2.1	0.52	0.04	0.00	0.04	0.02
E.7. Cilindrado exterior	0.47	0.02	0.00	0.02	0.00
E.9. Roscado exterior	0.75	0.03	0.00	0.03	0.01
E.11. Cilindrado exterior (50°)	0.74	0.03	0.00	0.03	0.01
F.2. Maquinado E.1	0.52	0.04	0.00	0.04	0.00
G.3. Punto centro	0.23	0.01	0.00	0.01	0.00
G.5. Taladrado	0.66	0.03	0.00	0.03	0.02
G.7. Maquinado 3.1	0.66	0.03	0.00	0.03	0.01
H.2. Ensamblaje de perno	0.26	0.01	0.00	0.01	0.00
H.3. Inspeccionar piezas	0.06	0.00	0.00	0.00	0.00
H.4. (Rectificación si es necesario)	0.16	0.01	0.00	0.01	0.00
H.5. Apilar piezas	0.06	0.00	0.00	0.00	0.00
H.6. Ordenar las piezas	0.06	0.00	0.00	0.00	0.00
H.7. Pintar (base)	0.13	0.01	0.00	0.01	0.00
H.8. Pintar (spray, acabado)	0.09	0.00	0.00	0.00	0.00
H.9. Embolsar cada pieza	0.07	0.00	0.00	0.00	0.00
I.3. Corte	0.44	0.02	0.00	0.02	0.00
I.5. Cilindrado	0.95	0.04	0.01	0.05	0.35
I.6. Recoger piezas	0.07	0.00	0.00	0.00	0.00
I.8. Esmerilado	0.19	0.01	0.00	0.01	0.00
I.10. Punto centro	0.23	0.01	0.00	0.01	0.00
I.12. Taladrado	0.74	0.03	0.00	0.03	0.02
I.14. Ordenar las piezas	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00
I.15. Pintar (base)	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00

OPERACIÓN	u	t_p	t_q	CT	WIP_q
I.16. Pintar (spray, acabado)	0.07	0.00	0.00	0.00	0.00
I.17. Embolsar cada pieza	0.09	0.00	0.00	0.00	0.00
J.1. Empaquetar	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00

Fuente: (Elaboración Propia)

Al sumar el total de 1) tiempo de procesamiento, 2) tiempo de espera, y 3) tiempo de ciclo, obtenemos los siguientes resultados mostrados en la Tabla N°91:

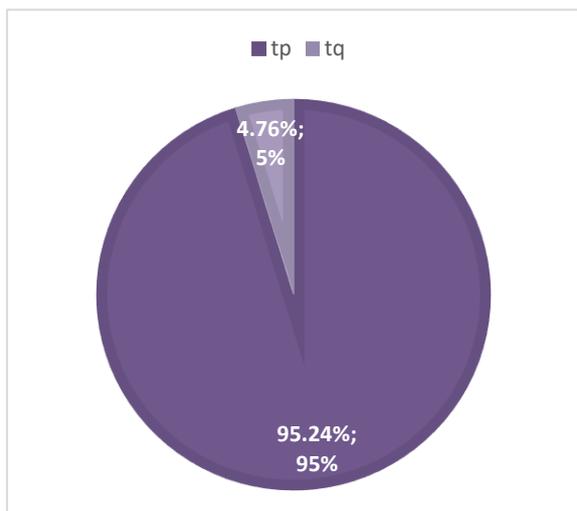
Tabla N°92: Resumen del estado propuesto.

VARIABLE	VALOR U.M.	Y	PORCENTAJE
t_p	0.48 horas		95.24%
t_q	0.02 horas		4.76%
CT	0.51 horas		100.00%
WIP_q	0.6 unidades		

Fuente: (Elaboración Propia)

El porcentaje se ha representado en el Gráfico N°07.

Gráfico N°08: Porcentaje del estado propuesto



Fuente: (Elaboración Propia)

Finalmente, es recomendable medir el impacto de la mejora sobre el flujo de operaciones. La variación absoluta y relativa se muestra en la Tabla N°92.

Tabla N°93: Variación Absoluta y Variación Relativa.

VARIABLE	VARIACIÓN ABSOLUTA	VARIACIÓN RELATIVA
t_p	-0.05 horas	-9.43%
t_q	-3.46 horas	-99.43%
CT	-3.5 horas	-87.28%
WIP_q	-112.73 unidades	-99.47%

Fuente: (Elaboración Propia)

B. Área de Calidad

a) HERRAMIENTA: Despliegue de la Función de la Calidad

El Despliegue de la Función de la Calidad es una técnica para documentar la lógica global del diseño es el despliegue de la función de calidad (QFD, por sus siglas en inglés). El QFD es un “proceso estructurado y disciplinado que ofrece un medio para identificar y llevar la Voz del Cliente a través de cada etapa del desarrollo e implementación de un producto o servicio. Este proceso puede desplegarse horizontalmente mediante la mercadotecnia, planeación de productos, ingeniería, manufactura, servicio y otros departamentos de una organización que estén involucrados en el desarrollo del producto o servicio” (ReVelle et al., 1998). El QFD utiliza una serie de matrices entrelazadas que traduce las necesidades de los clientes a características de procesos y productos. Para esto es necesario primero identificar aquellas características del producto que son relevantes para el cliente y que son valoradas, determinantes en la satisfacción del cliente, también conocidos como “Requerimientos del Cliente”.

Para esto se encuestó a 20 albañiles, quienes manifestaron que las características más valoradas son las 6 mostradas en la Tabla N°93:

Tabla N°94: Requerimientos del Cliente.

Nº	Requerimiento del Cliente
1	Fácil de portar

2	Peso adecuado
3	Superficie lisa
4	Inoxidable
5	Punta reemplazable
6	Resistente

Fuente: (Elaboración Propia)

El siguiente paso es traducir dichos requerimientos en especificaciones técnicas, llamadas también “requerimientos funcionales”.

Tabla N°95: Requerimientos Funcionales.

Nº	Requerimiento Funcionales
1	Diámetro
2	Altura
3	Peso
4	RMS de rugosidad
5	Proporción de Zinc
6	Proporción de Cobre
7	Punta reemplazable
8	Densidad
9	Dureza Brinell

Fuente: (Elaboración Propia)

La herramienta indica que estos dos bloques de requerimientos están vinculados entre sí mediante tres tipos de relaciones: 1) Relación Fuerte (⊕), 2) Relación Moderada (○), y 3) Relación Débil (▲). Así mismo, también se especifica la dirección del objetivo relacionado con dicho “Requerimiento Funcional”. La dirección del objetivo pueden ser también de tres tipos: 1) Maximizar (▲), 2) Minimizar (▼), y 3) Mantener (×). La vinculación existente entre ambos bloques, se ha graficado en el Gráfico N°09.

Gráfico N°09: Vínculo entre Requerimientos del Cliente y Requerimientos Funcionales.

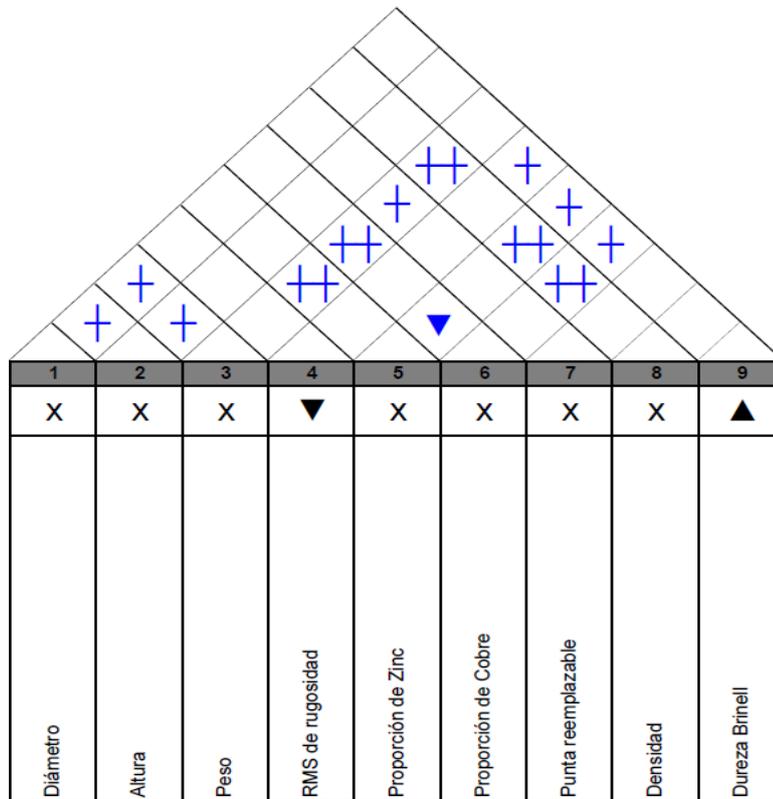
Calidad Demandada ("Requerimientos del Cliente" o "Qué")	Características de Calidad ("Requerimientos Funcionales" o "Cómo")								
	Diámetro	Altura	Peso	RMS de rugosidad	Proporción de Zinc	Proporción de Cobre	Punta reemplazable	Densidad	Dureza Brinell
Fácil de portar	⊖	⊖	⊖						
Peso adecuado			⊖		⊖	⊖		⊖	
Superficie lisa				⊖					
Inoxidable					⊖	⊖			
Punta reemplazable							⊖		
Resistente									⊖

Fuente: (Elaboración Propia)

El siguiente paso es expresar las correlaciones entre los Requerimientos Funcionales mediante una matriz triangular, y haciendo uso de cuatro posibles correlaciones: 1) Correlación Fuerte Positiva ($\oplus\oplus$), 2) Correlación Positiva (\oplus), 3) Correlación Negativa (\ominus), 4) Correlación Fuerte Negativa ($\ominus\ominus$).

Finalmente, es necesario determinar el valor meta de los Requerimientos Funcionales, con sus respectivos pesos de importancia en el cumplimiento. Esto se muestra en la Tabla N°96. (Ver detalle en el Anexo N° 13)

Gráfico N°10: Correlaciones entre Requerimientos Funcionales



Fuente: (Elaboración Propia)

Tabla N°96: Valores objetivo para los Requerimientos Funcionales.

Requerimiento Funcional	Valor	U.M.
Diámetro	1.500	pulgada
Altura	6.000	pulgada
Peso	16.000	onza
RMS de rugosidad	8.000	micra
Proporción de Zinc	28.022	porcentaje
Proporción de Cobre	71.978	porcentaje
Punta reemplazable	VERDADERO	-
Densidad	8.450	gr/cm ³
Dureza Brinell	85.000	-

Fuente: (Elaboración Propia)

A continuación también deben fijarse tolerancias para cada uno de los Requerimientos Funcionales. Esto está contenido en la Tabla N°97.

Tabla N°97: Tolerancias en los Requerimientos Funcionales.

Requerimiento Funcional	Tolerancia	
	Límite Inf.	Límite Sup.
Diámetro	-0.05	0.05
Altura	-0.20	0.20
Peso	-0.60	0.60
RMS de rugosidad	-1.00	1.00
Proporción de Zinc	-5.00%	5.00%
Proporción de Cobre	-5.00%	5.00%
Punta reemplazable	ATRIBUTO	ATRIBUTO
Densidad	-0.20	0.20
Dureza Brinell	-5.00%	5.00%

Fuente: (Elaboración Propia)

Estos valores son las especificaciones de calidad que deben ser monitoreadas en el producto final así como durante el proceso. Estas serán analizadas mediante el Control Estadístico de Procesos.

b) HERRAMIENTA: Control Estadístico de Procesos

Las características de la calidad a evaluarse son las identificadas en la Casa de la Calidad, conocidos como “Requisitos Funcionales”. Para la evaluación también hacemos uso de los valores objetivo y de las tolerancias

Para este análisis se realizó la medición de 30 piezas. Los datos obtenidos por las mediciones se muestran en la Tabla N°98.

El resultado de los análisis de “Capability Sixpack – Normal” para evaluar el cumplimiento de los Requerimientos Funcionales expuestos en la Tabla N°98 se muestran de la Tabla N°99 en adelante.

Tabla N°98: Gráficas de Análisis “Capability Sixpack – Normal”

Requerimiento Funcional	Gráfica N°
Diámetro	GRÁFICA N°08
Altura	GRÁFICA N°09
Peso	GRÁFICA N°10
RMS de rugosidad	GRÁFICA N°11
Proporción de Zinc	GRÁFICA N°12
Proporción de Cobre	GRÁFICA N°13
Densidad	GRÁFICA N°14
Dureza Brinell	GRÁFICA N°15

Fuente: (Elaboración Propia)

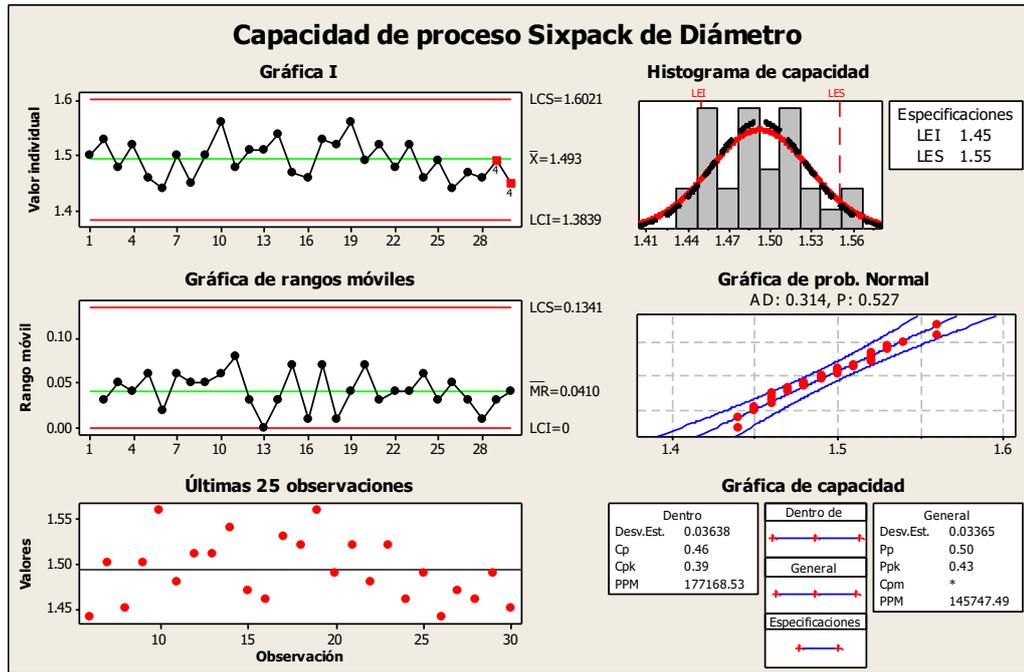
Tabla N°99: Medición de los Requerimientos Funcionales.

N°	Diámetro	Altura	Peso	RMS de Rugosidad	Proporción de Zinc	Proporción de Cobre	Densidad	Dureza Brinell
1	1.50	5.70	16.18	8.56	28.48	71.72	8.53	87.00
2	1.53	5.84	16.05	7.79	28.29	75.04	8.50	87.00
3	1.48	5.95	15.90	6.97	28.23	69.61	8.50	87.00
4	1.52	6.05	15.91	8.16	29.01	70.55	8.41	83.00
5	1.46	5.86	14.56	8.21	27.94	68.93	8.26	86.00
6	1.44	6.01	15.85	7.12	28.15	71.86	8.41	84.00
7	1.50	6.04	15.94	7.26	28.81	73.40	8.85	85.00
8	1.45	6.25	16.08	8.32	28.44	68.87	8.43	79.00
9	1.50	6.24	15.47	8.53	29.12	69.81	8.30	83.00
10	1.56	6.02	16.00	8.21	28.69	69.83	8.37	80.00
11	1.48	5.86	15.76	7.41	28.41	72.81	8.46	78.00
12	1.51	5.80	16.18	7.40	26.97	69.89	8.83	80.00
13	1.51	5.82	15.90	8.33	28.38	76.27	8.42	87.00

Nº	Diámetro	Altura	Peso	RMS de Rugosidad	Proporción de Zinc	Proporción de Cobre	Densidad	Dureza Brinell
14	1.54	6.09	15.70	8.52	27.82	72.95	8.60	87.00
15	1.47	5.80	15.83	7.65	29.59	68.63	8.67	83.00
16	1.46	5.71	15.98	8.33	28.47	72.82	8.45	79.00
17	1.53	5.46	16.13	7.38	27.48	71.33	8.32	78.00
18	1.52	5.82	16.03	7.66	29.25	69.77	8.34	83.00
19	1.56	6.02	15.77	7.30	28.61	70.70	8.59	87.00
20	1.49	6.15	18.11	7.96	28.43	71.83	8.41	87.00
21	1.52	6.06	16.20	8.59	29.16	69.24	8.37	84.00
22	1.48	5.90	15.82	8.42	29.35	72.41	8.35	85.00
23	1.52	5.86	15.21	7.44	28.01	71.93	8.65	83.00
24	1.46	6.04	15.80	7.35	29.19	72.55	8.43	83.00
25	1.49	5.78	15.10	8.57	28.67	70.29	8.47	81.00
26	1.44	6.13	15.14	8.60	28.03	72.30	8.52	80.00
27	1.47	5.93	15.14	7.32	28.16	76.02	8.60	79.00
28	1.46	6.10	15.94	7.56	29.19	72.71	8.46	82.00
29	1.49	6.13	16.36	8.54	28.15	72.95	8.50	85.00
30	1.45	5.77	15.60	7.17	28.77	70.39	8.56	86.00

Fuente: (Elaboración Propia)

Gráfico N°11: Capacidad de Proceso Sixpack de Diámetro



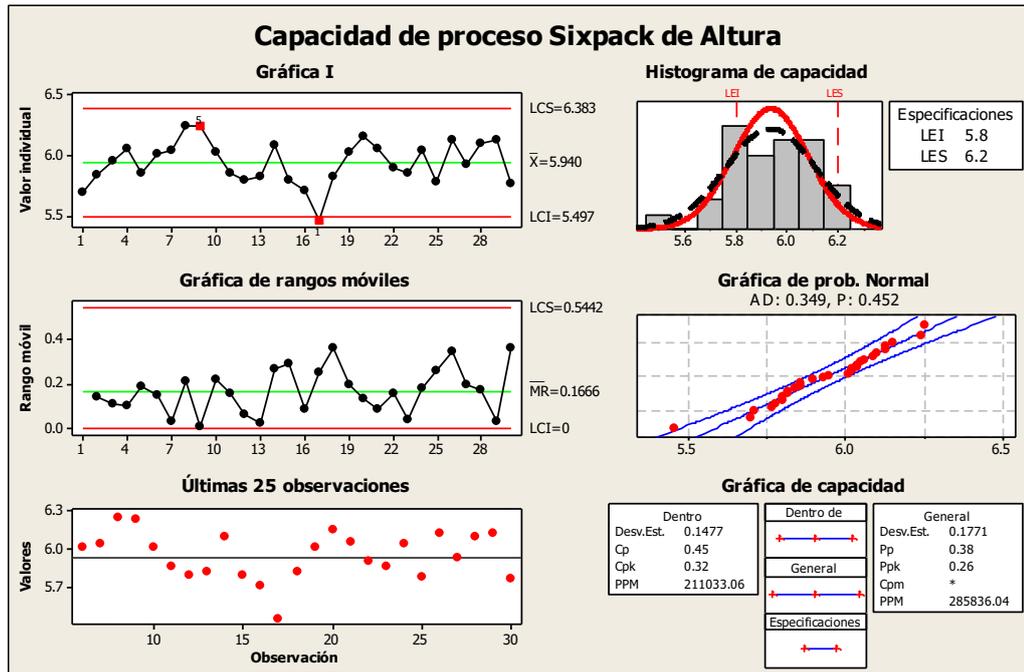
Fuente: (Minitab 17)

Resultados de la prueba de la gráfica I de Diámetro

PRUEBA 4. 14 puntos consecutivos alternados hacia arriba y hacia abajo.

La prueba falló en los puntos: 29; 30

Gráfico N°12: Capacidad de Proceso Sixpack de Altura



Fuente: (Minitab 17)

Resultados de la prueba de la gráfica I de Altura

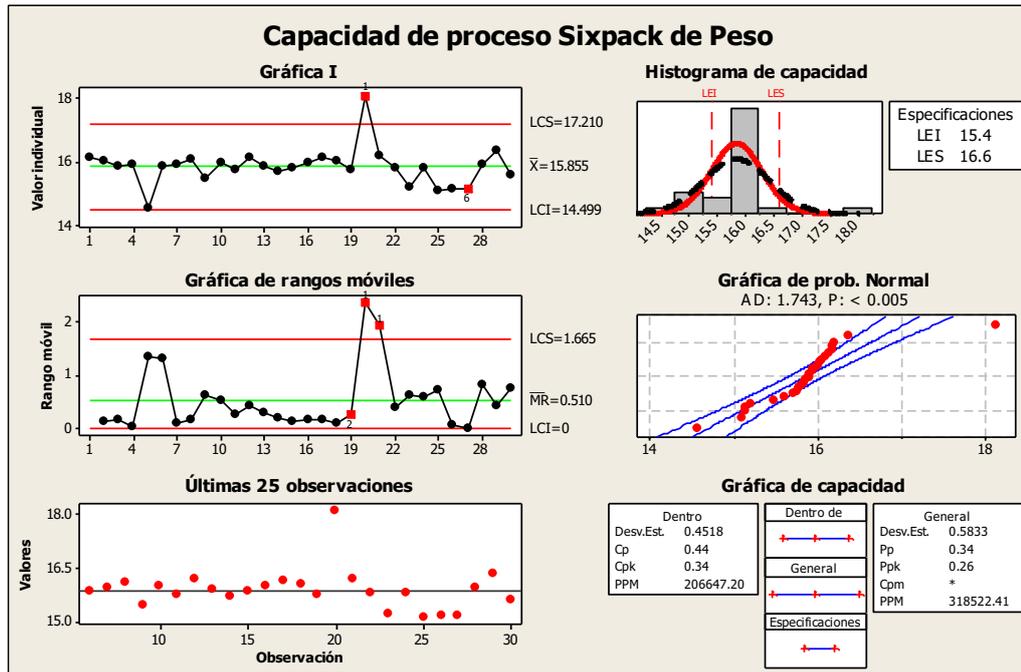
PRUEBA 1. Un punto fuera más allá de 3.00 desviaciones estándar de la línea central.

La prueba falló en los puntos: 17

PRUEBA 5. 2 de 3 puntos más de 2 desviaciones estándar de la línea central (en un mismo lado de la LC).

La prueba falló en los puntos: 9

Gráfico N°13: Capacidad de Proceso Sixpack de Peso



Fuente: Fuente: (Minitab 17)

Resultados de la prueba de la gráfica I de Peso

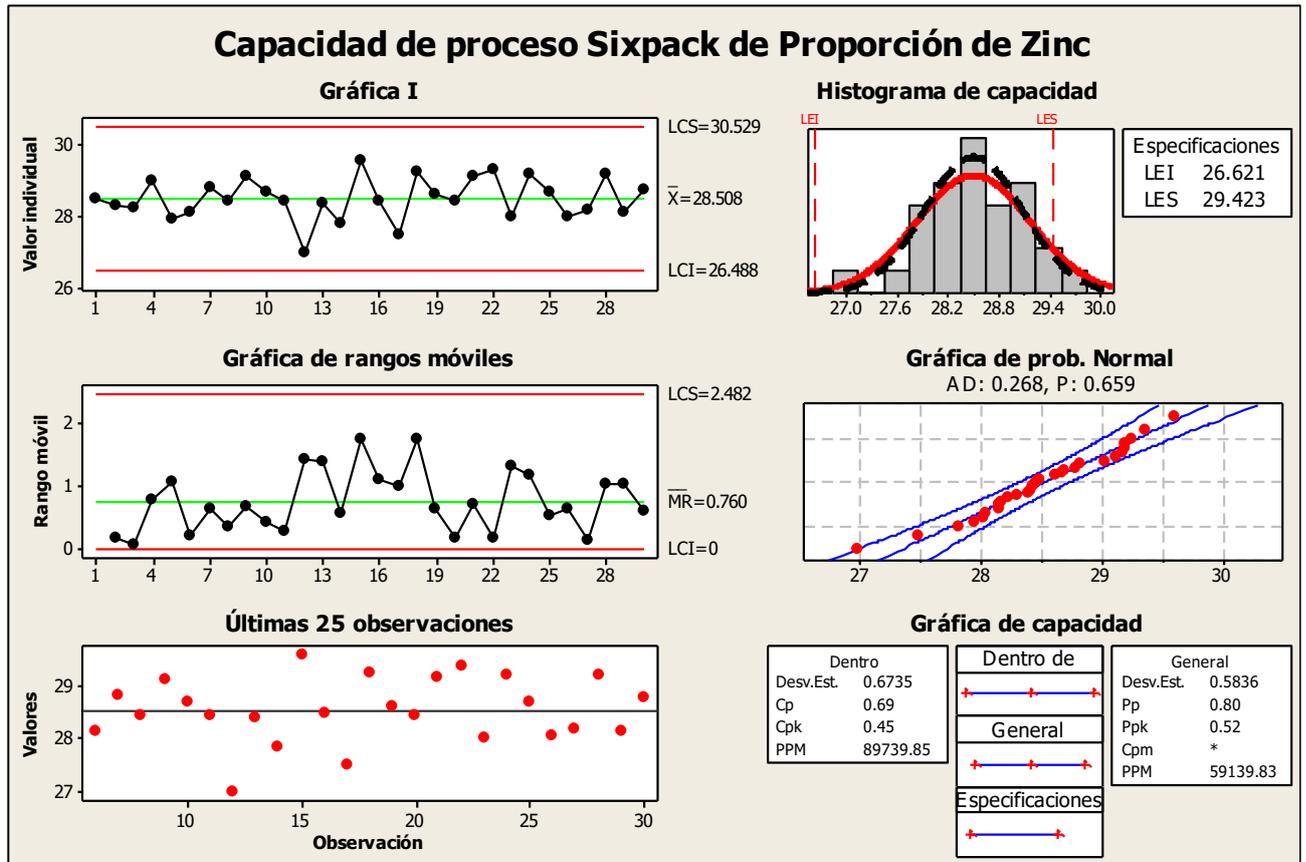
PRUEBA 1. Un punto fuera más allá de 3.00 desviaciones estándar de la línea central.

La prueba falló en los puntos: 20

PRUEBA 6. 4 de 5 puntos más de 1 desviación estándar a partir de la línea central (en un mismo lado de la LC).

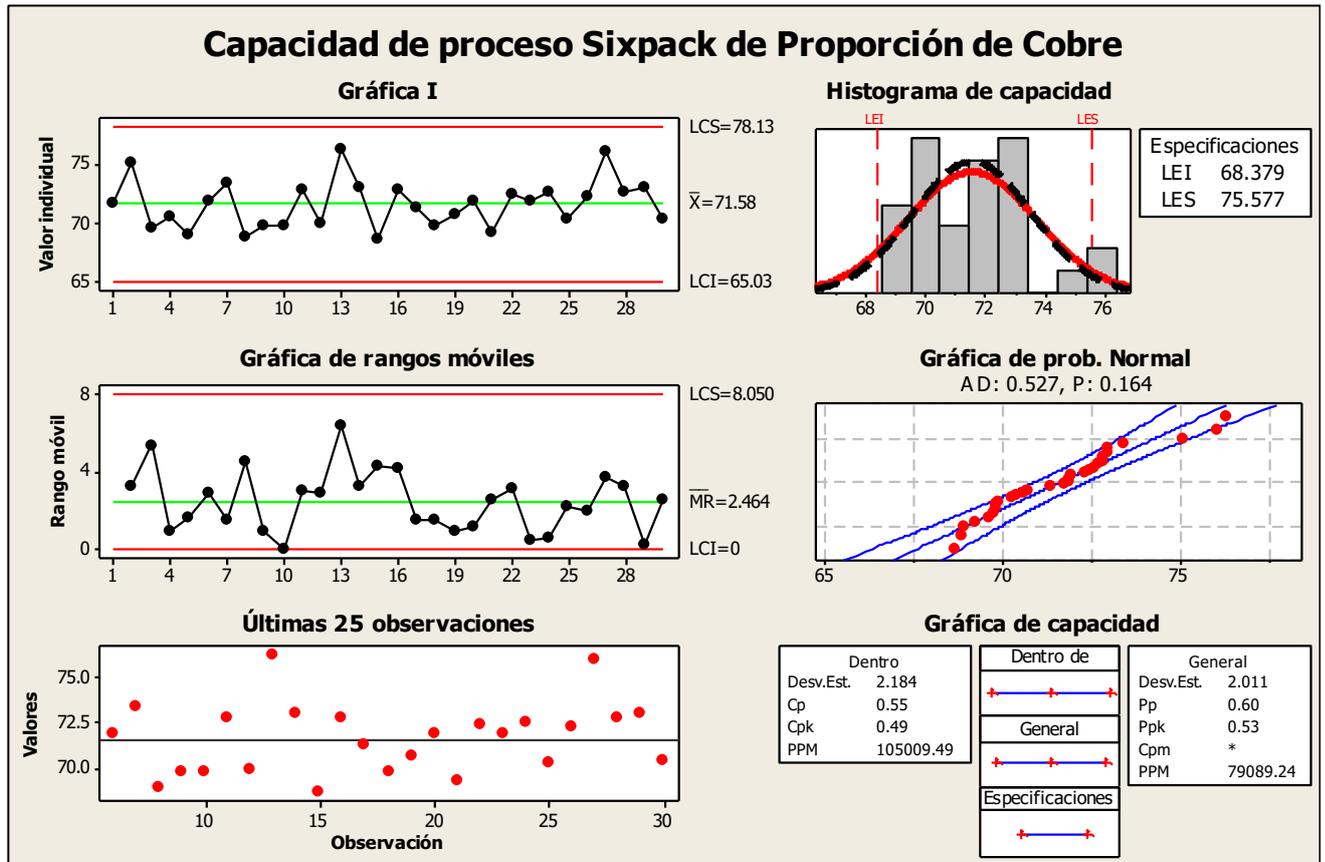
La prueba falló en los puntos: 27

Gráfico N°15: Capacidad de Proceso Sixpack de Proporción de Zinc



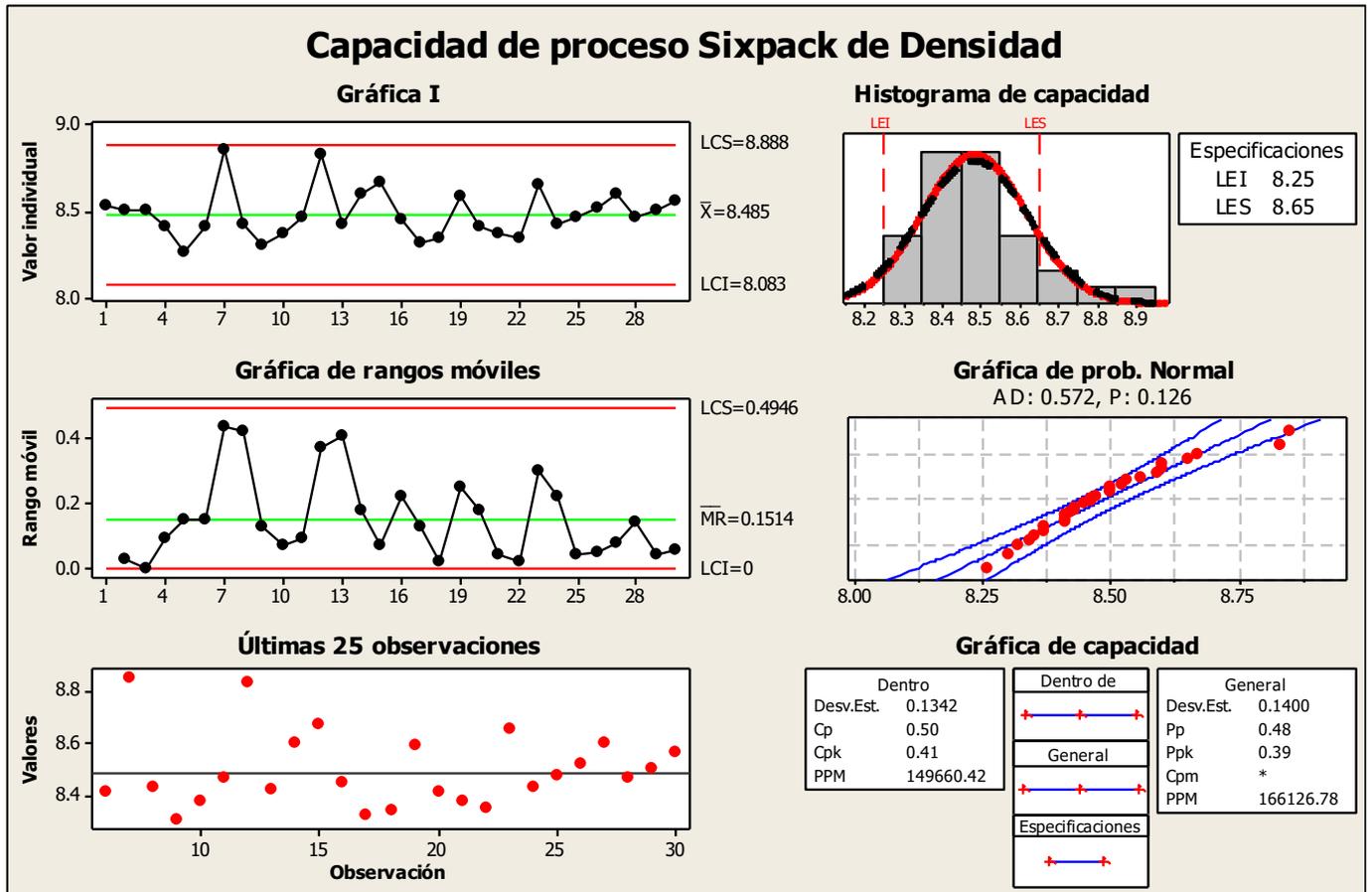
Fuente: (Minitab 17)

Gráfico N°16: Capacidad de Proceso Sixpack de Proporción de Cobre



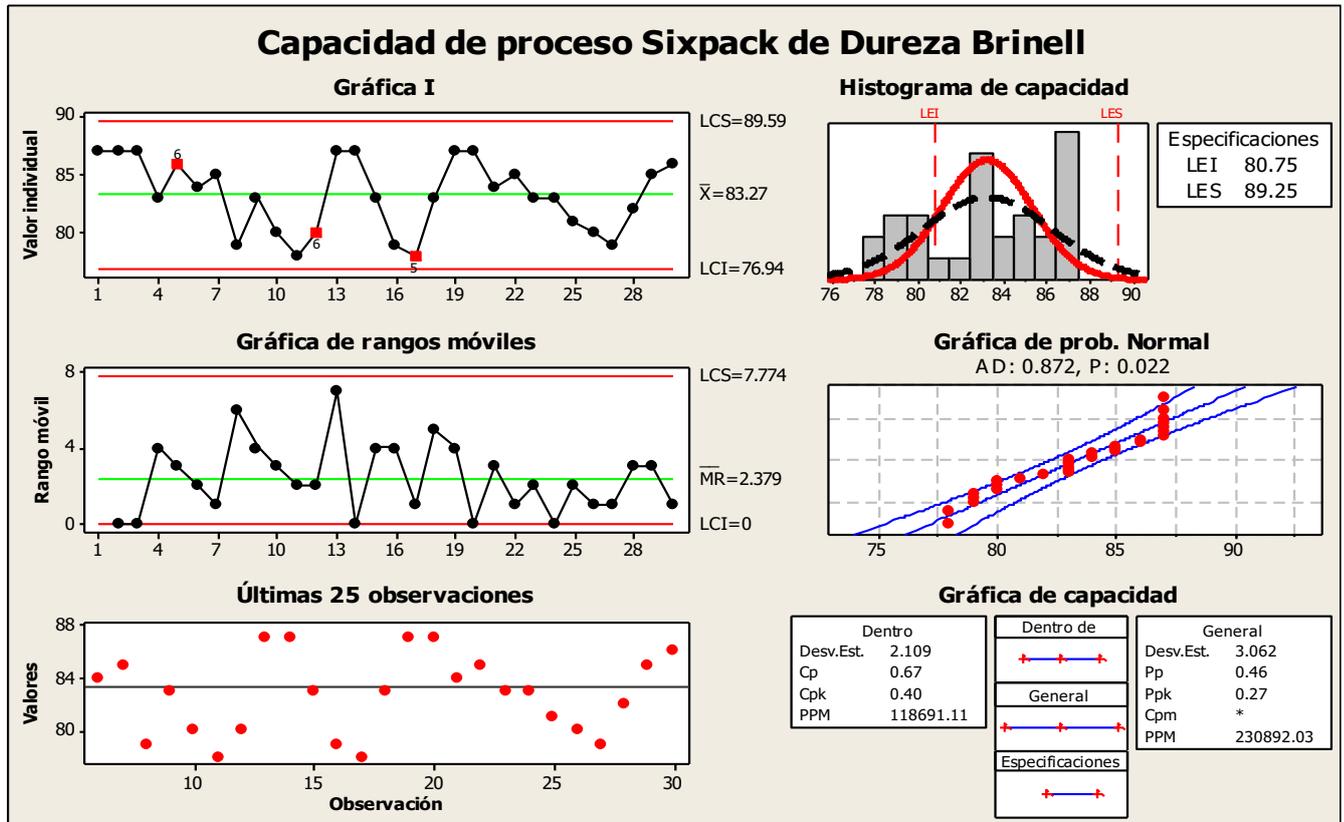
Fuente: (Minitab 17)

Gráfico N°17: Capacidad de Proceso Sixpack de Densidad



Fuente:(Minitab 17

Gráfico N°18: Capacidad de Proceso Sixpack de Dureza Brinell



Fuente: (Minitab 17)

Como resumen de las Gráficas N°8 a la N°15 podemos presentar la siguiente Tabla N° 100.

Tabla N°100: Límites de Especificación Superior e Inferior

Requerimiento Funcional	LEI	LES
Diámetro	1.450	1.550
Altura	5.800	6.200
Peso	15.400	16.600
RMS de rugosidad	7.000	9.000
Proporción de Zinc	26.621	29.423
Proporción de Cobre	68.379	75.577
Densidad	8.250	8.650
Dureza Brinell	80.750	89.250

Fuente: (Elaboración Propia)

Tabla N°101: Desviación Estándar, Capacidad del Proceso e Índice de Capacidad.

Requerimiento Funcional	\bar{x}	Sigma	C_p	C_{pk}
Diámetro	1.4933	0.0514	0.32	0.28
Altura	5.9400	0.1477	0.45	0.32
Peso	15.8550	0.4518	0.44	0.34
RMS de rugosidad	7.8880	0.5616	0.59	0.53
Proporción de Zinc	28.5080	0.6735	0.69	0.45
Proporción de Cobre	71.5800	2.1840	0.55	0.49
Densidad	8.4850	0.1342	0.50	0.41
Dureza Brinell	83.2700	2.1090	0.67	0.40

Fuente: (Elaboración Propia)

Tabla N°102: Defectos por Millón de Oportunidades, Porcentaje de Defectos, Porcentaje de Rendimiento y Sigma del Proceso.

Requerimiento Funcional	PPM	%Defects	%Yield	Sigma del Proceso
Diámetro	334,332.12	33.43%	66.57%	1.93
Altura	211,033.06	21.10%	78.90%	2.30
Peso	206,647.20	20.66%	79.34%	2.32
RMS de rugosidad	80,702.82	8.07%	91.93%	2.90
Proporción de Zinc	89,739.85	8.97%	91.03%	2.84
Proporción de Cobre	105,009.49	10.50%	89.50%	2.75
Densidad	149,660.42	14.97%	85.03%	2.54
Dureza Brinell	118,691.11	11.87%	88.13%	2.68

Fuente: (Elaboración Propia)

Debido a lo establecido por Walter A. Shewhart en su obra Economic Control of Quality of Manufactured Product, establecer límites de control en 3 sigmas es una guía racional y económica para minimizar la pérdida económica. Por este motivo, se establece que nuestros Requerimientos funcionales deben alcanzar niveles de calidad 3 sigmas. A continuación, en la Tabla N°103, mostramos los nuevos rendimientos.

Tabla N°103: Defectos por Millón de Oportunidades, Porcentaje de Defectos, Porcentaje de Rendimiento, y Sigma del Proceso

Requerimiento Funcional	PPM	%Defects	%Yield	Sigma del Proceso
Diámetro	66,807.23	6.68%	93.32%	3.00
Altura	66,807.23	6.68%	93.32%	3.00
Peso	66,807.23	6.68%	93.32%	3.00
RMS de rugosidad	66,807.23	6.68%	93.32%	3.00
Proporción de Zinc	66,807.23	6.68%	93.32%	3.00
Proporción de Cobre	66,807.23	6.68%	93.32%	3.00
Densidad	66,807.23	6.68%	93.32%	3.00

Requerimiento Funcional	PPM	%Defects	%Yield	Sigma del Proceso
Dureza Brinell	66,807.23	6.68%	93.32%	3.00

Fuente: (Elaboración Propia)

La reducción en la cantidad de Defectos por Millón de Oportunidades se muestra en la siguiente Tabla N°104.

Tabla N°104: Variación Absoluta y Relativa de los Defectos por Millón de Oportunidades.

Requerimiento Funcional	Variación Absoluta	Variación Relativa
Diámetro	- 267,524.89	-80.02%
Altura	- 144,225.83	-68.34%
Peso	- 139,839.97	-67.67%
RMS de rugosidad	- 13,895.59	-17.22%
Proporción de Zinc	- 266,000.45	-79.93%
Proporción de Cobre	- 229,113.98	-77.42%
Densidad	- 255,028.29	-79.24%
Dureza Brinell	- 51,883.88	-43.71%

Fuente: (Elaboración Propia)

Traduciendo los resultados a millares, obtenemos la siguiente Tabla N°105, que se muestra a continuación:

Tabla N°105: Reducción en reprocesos semanales.

Requerimiento Funcional	Producción Semanal	Piezas Reprocesadas	Piezas Reprocesadas	Variación en Cantidad de Reproceso
Diámetro	992	332	66	-266
Altura	992	209	66	-143
Peso	992	205	66	-139
RMS de rugosidad	992	80	66	-14

Proporción de Zinc	992	330	66	-264
Proporción de Cobre	992	294	66	-228
Densidad	992	319	66	-253
Dureza Brinell	992	118	66	-52

Fuente: (Elaboración Propia)

Cada uno de estos defectos tiene un reproceso típico, y cada uno de ellos, un costo asociado. Los reprocesos y sus costos se presentan en la siguiente Tabla N°106.

Tabla N°106 Costos Unitarios de Reproceso

Requerimiento Funcional	Tratamiento	Costo Unitario de Reproceso	Ahorro Semanal
Diámetro	Torneado	S/. 0.52	S/. 138.54
Altura	Rectificado	S/. 0.83	S/. 119.17
Peso	Rectificado	S/. 0.83	S/. 115.83
RMS de rugosidad	Esmerilado	S/. 0.42	S/. 5.83
Proporción de Zinc	Fundición	S/. 1.24	S/. 328.31
Proporción de Cobre	Fundición	S 2.38	S/. 542.42
Densidad	Fundición	S/. 4.63	S/. 1,170.48
Dureza Brinell	Fundición	S/. 14.27	S/. 742.26
TOTAL			S/. 3,162.84

Fuente: (Elaboración Propia)

Los Costos Unitarios de Reproceso se han calculado de la siguiente manera:

- Para la proporción de Zinc, la proporción de Cobre, la Densidad y la Dureza Brinell, en el caso de que no se cumpla con las especificaciones, su reproceso es la fundición. Esto provoca que se triplique el costo de la mano de obra, y la recuperación total del material. El costo unitario de la mano de obra se muestra en la Tabla N°107.

Tabla N°107: Costos unitarios de la mano de obra

Operario	Cantidad	Salario	Pago semanal
Pagos a Operarios en el ÁREA DE ACABADO:			
Operario A	1	S/. 1,200.00	S/. 300.00
Operario B	1	S/. 1,200.00	S/. 300.00
Operario C	1	S/. 800.00	S/. 200.00
Operario D	1	S/. 800.00	S/. 200.00
TOTAL			S/. 1,000.00
Pagos a Operarios en el ÁREA DE FUNDICIÓN:			
Maestro de moldes	1	S/. 1,600.00	S/. 1,600.00
Maestro de fundición (*)	1	S/. 100.00	S/. 100.00
Fundición (*)	8	S/. 90.00	S/. 720.00
Mito para fundición (*)	2	S/. 50.00	S/. 100.00
Cosecha	4	S/. 300.00	S/. 1,200.00
TOTAL			S/. 3,720.00

Fuente: (Elaboración Propia)

Dividiendo estos montos sobre el volumen de producción semanal podemos obtener el costo unitario de mano de obra:

$$\text{Costo Unitario de Mano de Obra} = \frac{3720 + 1000}{992} = 4.7580$$

Sin embargo, al incurrir en un reproceso, se debe hacer el siguiente análisis: el costo del reproceso incluye el costo de la fabricación defectuosa, el costo de rehacer la pieza, y el costo de oportunidad de estar fabricando otra pieza correcta en lugar de corregir una defectuosa; esto quiere decir que el costo del reproceso por fundición debe ser el triple del costo unitario de mano de obra.

$$\text{Costo de Reproceso por Fundición} = 3 \times 4.7580 = 14.2740$$

Las operaciones de reproceso por torneado, rectificado y esmerilado no requieren la fundición, por lo que podemos fijar una base de acuerdo a los minutos invertidos en el reproceso.

Tabla N°108. Costo Unitario de Operación para Reproceso

Requerimiento Funcional	Tratamiento	Tiempo de Operación	Costo Unitario de Operación
Diámetro	Torneado	5 min	S/. 0.52
Altura	Rectificado	8 min	S/. 0.83
Peso	Rectificado	8 min	S/. 0.83
RMS de rugosidad	Esmerilado	4 min	S/. 0.42

Fuente: (Elaboración Propia)

Debido a que esos minutos pueden ser usados para que el operario realice una actividad que sí agregue valor, se ha considerado que el costo unitario debe ser el doble.

Conociendo estos datos es posible calcular el ahorro semanal por reducción de número de reprocesos, provocada por una calidad 3-sigma en los procesos de producción de la empresa. A continuación, en la Tabla N°109, se presenta el ahorro semanal.

Tabla N°109: Ahorro anual.

Requerimiento Funcional	Tratamiento	Costo Unitario de Reproceso	Ahorro Semanal
Diámetro	Torneado	S/. 1.04	S/. 276.64
Altura	Rectificado	S/. 1.67	S/. 238.81
Peso	Rectificado	S/. 1.67	S/. 232.13
RMS de rugosidad	Esmerilado	S/. 0.83	S/. 11.62
Proporción de Zinc	Fundición	S/. 1.24	S/. 328.31
Proporción de Cobre	Fundición	S 2.38	S/. 542.42
Densidad	Fundición	S/. 4.63	S/. 1,170.48
Dureza Brinell	Fundición	S/. 14.27	S/. 742.26
		TOTAL (semanal)	S/. 3,542.67
		TOTAL(anual)	S/. 184,218.84

Fuente: (Elaboración Propia)

c) HERRAMIENTA: Plan de capacitaciones

Para dar solución a la causa raíz de la falta de capacitaciones se plantea la elaboración de un plan de capacitación.

PLAN DE CAPACITACIÓN

La finalidad de este plan consiste en que los colaboradores del área de producción y calidad adquieran mayor conocimiento de las actividades que realizan día a día con la finalidad de incrementar la productividad.

Por ello las capacitaciones se realizarán según cronograma, y contarán con la participación de todo el personal del área de producción y calidad. Dichas capacitaciones se realizarán en los ambientes de la planta. El costo total de las capacitaciones es de S/. 28,000.00

Figura N° 05: Presupuesto de capacitaciones

N°	CAPACITACION	CRONOGRAMA												Proveedor	Costo	
		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic			
1	Planificación y Programación de la producción	X													TECSUP	S/. 3,500
2	Indicadores para la Gestión de la Producción			X											TECSUP	S/. 3,500
3	Estudio de Tiempos y movimientos					X									TECSUP	S/. 3,500
4	Gestión de Inventarios							X							TECSUP	S/. 3,500
5	Mejora de procesos con SIG SIGMA									X					TECSUP	S/. 3,500
6	Herramientas de la Calidad										X				TECSUP	S/. 3,500
7	Lean Manufacturing - 5S											X			TECSUP	S/. 3,500
8	Análisis de causas raíces												X		TECSUP	S/. 3,500
															TOTAL	S/. 28,000.00

Fuente: (Elaboración Propia)

A continuación, se muestra el plan de capacitaciones para el área de Producción y Calidad

Figura N° 06: Plan de capacitaciones

PLAN DE CAPACITACIONES										
CAPACITACIÓN					EFICACIA					
A	Elevar el nivel de competencia / El perfil lo requiere				1	NADIE APLICA LOS CONOCIMIENTOS - CAPACITACIÓN INEFICAZ				
B	Mejora				2	SOLO ALGUNOS APLICAN LOS CONOCIMIENTOS ADQUIRIDOS				
C	Ingreso de nuevo personal				3	TODOS APLICAN EFICAZMENTE LOS CONOCIMIENTOS ADQUIRIDOS				
TEMA	CAPACITACIÓN REQUERIDA / DESCRIPCIÓN	DIRIGIDA A	SUSTENTO DE LA NECESIDAD	DURACIÓN / FRECUENCIA	FECHA DE CAPACITACIÓN	EFICACIA	OBSERVACIONES	FECHA DE EVALUACIÓN	EVALUADO POR	
PRODUCCIÓN	Planificación y Programación de la producción	Producción y Calidad	A							
	Indicadores para la Gestión de la Producción		A							
	Estudio de Tiempos y movimientos		A							
	Gestión de Inventarios		A							
CALIDAD	Mejora de procesos con SIG SIGMA		A							
	Herramientas de la Calidad		A							
	Lean Manufacturing - 5S		A							
	Análisis de causas raíces		A							

Fuente: (Elaboración propia)

4.2. Impacto de las propuestas de mejora

A. CAUSA: FALTA DE ESTANDARIZACIÓN EN ACABADO

Con la propuesta de mejora del estudio de tiempos del proceso de producción, se logró reducir en un 50% el tiempo perdido de 420 horas a 210 horas al año. Además esto generó una reducción en las pérdidas iniciales de S/. 22,537 a S/. 11,269. Así como se muestra en la siguiente figura.

Figura N° 07: Impacto de la propuesta de mejora sobre la causa de la Falta de Estandarización en Acabado

			REDUCCIÓN	50%
TIEMPOS PERDIDOS (HR/SEMANA)			INICIAL	MEJORA
PORTATAPA/ CAJA		0.155		0.078
TAPA/ CONO		1.442		0.721
ENSAMBLE 1		0.064		0.032
PIEZA: PERNO		0.290		0.145
ENSAMBLE 2		1.474		0.737
SOPORTE MANUAL		4.648		2.324
PIEZA TERMINADA		0.014		0.007
TOTAL		8.087		4.043
TIEMPO TOTAL PERDIDO (HR/AÑO)			420.503	210.251
Costo de oportunidad			INICIAL	MEJORA
Producción semanal (und/semana)		1000		1000
Tiempo (hr/semama)		48		48
Horas perdidas (hr/sem)		8.09		4.043
Producción perdida (und/semana)		168.47		84.24
Producción perdida (und/año)		8761.00		4381.00
Margen de Utilidad (soles/und)		0.67		0.67
Costo (soles/año)		5893.08		2946.87397
Costo de mano de obra				
OPERARIOS	# de operarios	Costo por hora(soles/hr)	Costo Inicial	MEJORA
Jefe de Producción	1	18.75	S/. 7,884.42	S/. 3,942.21
Operario A	1	6.25	S/. 2,628.14	S/. 1,314.07
Operario B	1	6.25	S/. 2,628.14	S/. 1,314.07
Operario C	1	4.17	S/. 1,752.09	S/. 876.05
Operario D	1	4.17	S/. 1,752.09	S/. 876.05
COSTO PERDIDO			S/. 16,644.89	S/. 8,322.45
Resumen de costos		Costo Inicial	MEJORA	Ahorro
Costo de oportunidad		S/. 5,893.08	S/. 2,946.87	S/. 2,946.20
Costo de mano de obra		S/. 16,644.89	S/. 8,322.45	S/. 8,322.45
Costo total perdido (año)		S/. 22,537.97	S/. 11,269.32	S/. 11,268.65

Fuente: (Elaboración Propia)

B. CAUSA: PLANIFICACIÓN DE LA PRODUCCIÓN INEFICIENTE

Con la propuesta de mejora del MRP, se logró reducir los Gastos del Programa de Compras de S/9,182.53 (60.58%).

Figura N° 08: Impacto de la propuesta de mejora sobre la causa de la planificación ineficiente de la producción

MRP	Programa Actual de Compras	Programa Óptimo de Compras	Reducción (soles)	% Reducción
Gasto Total de Compras	S/. 15,158.29	S/. 5,975.76	-S/. 9,182.53	-60.58%
C-XR-04 - Perno (PR-01)	S/. 528.99	S/. 344.56	-S/. 184.43	-34.86%
MP-01 - Pintura Base	S/. 1,019.28	S/. 444.19	-S/. 575.09	-56.42%
MP-02 - Pintura Acabado	S/. 1,041.58	S/. 507.99	-S/. 533.60	-51.23%
MP-03 - Masilla plástica automotriz	S/. 918.04	S/. 444.97	-S/. 473.07	-51.53%
MP-04 - Bolsas	S/. 534.99	S/. 395.77	-S/. 139.23	-26.02%
MP-05 - Cajas	S/. 2,162.60	S/. 448.43	-S/. 1,714.16	-79.26%
MP-06 - Sacos	S/. 552.43	S/. 439.57	-S/. 112.86	-20.43%
MP-07 - Fierro	S/. 6,317.60	S/. 1,139.09	-S/. 5,178.51	-81.97%
MP-08 - Carbón	S/. 1,229.35	S/. 1,229.35	S/. 0.00	0.00%
MP-09 - Varilla de Fierro 1/2"	S/. 853.43	S/. 581.85	-S/. 271.58	-31.82%

Fuente: (Elaboración Propia)

C. CAUSA: FALTA DE ESTANDARIZACIÓN DEL PRODUCTO

Con el control Estadístico de Procesos y la Casa de la Calidad se logró reducir el % de Reprocesos en los productos de 19.88% a 6.65% generando un ahorro de S/.184,218.

Figura N° 09: Impacto de la propuesta de mejora sobre la causa de la Falta de estandarización del producto.

Requerimiento Funcional	Producción Semanal	Piezas Reprocesadas Iniciales	Piezas Reprocesadas Con la Mejora	Variación en Cantidad de Reproceso	Costo Unitario de Reproceso	% Reproceso Inicial	Costo Reproceso inicial	% Reproceso con la Mejora	Costo Reproceso con la Mejora	Ahorro Semanal
Diámetro	992	332	66	-266	S/. 1.04	19.88%	S/. 345.28	6.65%	S/. 68.64	S/. 276.64
Altura	992	209	66	-143	S/. 1.67	19.88%	S/. 349.03	6.65%	S/. 110.22	S/. 238.81
Peso	992	205	66	-139	S/. 1.67	19.88%	S/. 342.35	6.65%	S/. 110.22	S/. 232.13
RMS de rugosidad	992	80	66	-14	S/. 0.83	19.88%	S/. 66.40	6.65%	S/. 54.78	S/. 11.62
Proporción de Zinc	992	330	66	-264	S/. 1.24	19.88%	S/. 410.39	6.65%	S/. 82.08	S/. 328.31
Proporción de Cobre	992	294	66	-228	S/. 2.38	19.88%	S/. 699.44	6.65%	S/. 157.02	S/. 542.42
Densidad	992	319	66	-253	S/. 4.63	19.88%	S/. 1,475.82	6.65%	S/. 305.34	S/. 1,170.48
Dureza Brinell	992	118	66	-52	S/. 14.27	19.88%	S/. 1,684.36	6.65%	S/. 942.10	S/. 742.26
						19.88%	S/. 5,373.07	6.65%	S/. 1,830.40	S/. 3,542.67
						TOTAL	S/. 279,399		S/. 95,181	S/. 184,218.84

Fuente: (Elaboración Propia)

D. CAUSA: FALTA DE ORDEN, LIMPIEZA Y ORGANIZACIÓN

Con la propuesta de las 5s se logró reducir el % de espacio utilizado de manera inadecuada en 17% generando un ahorro de S/.11, 704 y por ultimo con el plan de capacitaciones se logró generar un ahorro de S/.4,520.

Figura N° 10: Impacto de la propuesta de mejora sobre la causa de la falta de orden, limpieza y organización

Resumen de costos	PÉRDIDA 2016	PERDIDA CON LA MEJORA	AHORRO
Total de costos por la causa (soles/año)	S/. 427.92	S/. 0.00	S/. 427.92
Costo perdido por espacio disponible (soles/año)	S/. 9,176.58	S/. 0.00	S/. 9,176.58
Chatarra acumulada (no vendida)	S/. 2,100.00	S/. 0.00	S/. 2,100.00
Costo Total (soles/año)	S/. 11,704.50	S/. 0.00	S/. 11,704.50

Fuente: (Elaboración Propia)

E. CAUSA: FALTA DE CAPACITACIONES

Con la propuesta de mejora del plan de capacitaciones para las áreas de Producción y Calidad, se logró reducir el 28% del tiempo perdido y que originaba una baja productividad a 14%, generando una reducción de S/.4, 520.

Figura N° 11: Impacto de la propuesta de mejora sobre la causa de la falta de capacitaciones

Productividad actual en el área de acabado	2016	CON LA MEJORA	AHORRO
% de perdida de tiempo baja productividad)	28%	14%	14%
N° de Operarios	5	5	
N° de piezas (und/mes)	4000	4000	
Horas trabajadas (hr/mes)	192	192	
Productividad perdida			
Margen de Utilidad (soles/und)	0.673	0.673	
Productividad actua (und/mes)	4000	4000	
Productividad con capacitación (und/mes)	5120	4560	
Productividad perdida (und/mes)	1120	560	
Costo perdido por ventas (soles/año)	S/. 9,040.40	S/. 4,520.20	S/. 4,520.20

Fuente: (Elaboración Propia)

CAPÍTULO 5:

EVALUACIÓN ECONÓMICA FINANCIERA

5.1 Inversión para la propuesta de mejora

Para el desarrollo de las propuestas de mejora en la empresa Estructuras Metálicas Virgen de la Puerta S.A.C., es necesario realizar la inversión que se muestra en la siguiente figura:

Figura N° 12: Inversión de la propuesta de mejora

INVERSIÓN	TOTAL	VIDA UTIL	DEPRECIACION ANUAL
Capacitación	S/. 28,000.00		
5S	S/. 25,565.00		
COMPRA DE EQUIPOS	S/. 120,391.71		
Durómetro PCE-5000 (Incl. Software) -Mide la dureza de lis materiales	S/. 16,284.79	5	S/. 3,257
AS-100 Tapped Density Tester(Medidor de desnsidad de materiales)	S/. 6,860.70	5	S/. 1,372
XRF Spectrometers and Metal Analyzers	S/. 23,692.50	5	S/. 4,739
Precision EB - HZF 2000	S/. 1,143.45	5	S/. 229
HD400 Horizontal Benchtop Optical Comparator(Insección de piezas)	S/. 72,410.27	5	S/. 14,482
TOTAL	S/. 173,956.71		S/. 24,078.34

Fuente: Elaboración propia

5.2 Ahorro implementando la propuesta

1. Con el estudio de tiempos se logró reducir el tiempo perdido en un 50% (de 420 horas a 210 horas al año) generando un ahorro de S/. 11,268.
2. Con el MRP usando se generó una reducción de los Gastos del Programa de Compras de S/.9,182.53 (60.58%).
3. Con el control Estadístico de Procesos y la Casa de la Calidad se logró reducir el % de Reprocesos en los productos de 19.88% a 6.65% generando un ahorro de S/.184, 218.
4. Con las 5s se logró reducir el % de espacio utilizado de manera inadecuada en 17% generando un ahorro de S/.11, 704 y por ultimo con el plan de capacitaciones se logró generar un ahorro de S/.4, 520.

A continuación se detalla lo antes mencionado:

Figura N° 13: Ingresos generados por la propuesta de mejora en un año

TABLERO DE INDICADORES					
ÁREA	CAUSAS	TECNICAS/HERRAMIENTAS	Pérdida (soles)	Pérdida (soles)	Beneficio (soles)
PRODUCCIÓN	FALTA DE ESTANDARIZACIÓN EN ACABADO	Estudio de Tiempos Estandarización de procesos	S/. 22,537.97	S/. 11,269.32	S/. 11,268.65
	PLANIFICACIÓN DE LA PRODUCCIÓN INEFICIENTE	MRP	S/. 15,158.29	S/. 5,975.76	S/. 9,182.53
CALIDAD	FALTA DE ESTANDARIZACIÓN DEL PRODUCTO	Control Estadístico de Procesos , Casa de la Calidad	S/. 279,399.41	S/. 95,180.57	S/. 184,218.84
	FALTA DE ORDEN, LIMPIEZA Y ORGANIZACIÓN	Metodología de las 5s	S/. 11,704.50	S/. 0.00	S/. 11,704.50
	FALTA DE CAPAITACIONES	Plan de capacitaciones	S/. 9,040.40	S/. 4,520.20	S/. 4,520.20
		TOTAL	S/. 337,840.57	S/. 116,945.85	S/. 220,894.71

Fuente: Elaboración propia

5.3 Estado de resultados

Inversión total: S/. 173,957

Costo de oportunidad anual: 14% anual

Figura N° 14: Estado de Resultados de 5 años

Estado de resultados		0	1	2	3	4	5
Mensual							
ingresos			S/. 220,895	S/. 225,313	S/. 229,819	S/. 234,415	S/. 239,104
costos operativos			S/. 121,492	S/. 123,922	S/. 126,400	S/. 128,928	S/. 131,507
depreciación			S/. 24,078				
Utilidad bruta			S/. 75,324	S/. 77,312	S/. 79,340	S/. 81,409	S/. 83,518
Gav			S/. 3,766	S/. 3,866	S/. 3,967	S/. 4,070	S/. 4,176
Utilidad antes de impuestos			S/. 71,558	S/. 73,447	S/. 75,373	S/. 77,338	S/. 79,342
Impuestos			S/. 19,321	S/. 19,831	S/. 20,351	S/. 20,881	S/. 21,422
Utilidad después de impuestos			S/. 52,237	S/. 53,616	S/. 55,022	S/. 56,457	S/. 57,920

Fuente: Elaboración propia

5.4 Flujo de caja

Figura N° 15: Flujo de caja anual

Flujo de Caja						
Meses	0	1	2	3	4	5
Utilidad después de impuestos		S/. 52,237	S/. 53,616	S/. 55,022	S/. 56,457	S/. 57,920
mas depreciación		S/. 24,078				
FNE	-S/. 173,957	S/. 76,316	S/. 77,694	S/. 79,101	S/. 80,535	S/. 81,997

Fuente: Elaboración propia

5.5 Calculo del TIR/VAN

Figura N° 16: Indicadores económicos anuales

Meses	0	1	2	3	4	5
Flujo neto Efectivo	-S/. 173,957	S/. 76,316	S/. 77,694	S/. 79,101	S/. 80,535	S/. 81,997

Meses	0	1	2	3	4	5
Ingresos totales		S/. 220,895	S/. 225,313	S/. 229,819	S/. 234,415	S/. 239,104
Egresos totales		S/. 144,579	S/. 147,618	S/. 150,718	S/. 153,880	S/. 157,105

VAN ingresos	S/. 785,235	SOLES
VAN egresos	S/. 514,846	SOLES
PRI	2	AÑOS

VAN	S/. 96,435.36			
TIR	35.0%	>	COK	14.0%
B/C	1.5			

Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO 6:

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

6.1 RESULTADOS

- Luego de la realización de la propuesta de mejora en la gestión de producción y calidad se logró reducir los costos operativos de la empresa Estructuras Metálicas Virgen de la Puerta S.A.C. en S/.220, 895.
- El VAN (valor actual neto) de la implementación de este proyecto luego del análisis del flujo de caja proyectado a 5 años por la implementación de las herramientas es de S/. 96,435, lo que indica que es un proyecto rentable para la empresa Estructuras Metálicas Virgen de la Puerta S.A.C.
- La tasa interna de retorno (TIR) es de 35 %. Esta es la tasa a la cual retornará la inversión de este proyecto y que es mucho mayor a la tasa base que la empresa desea ganar (COK>14% anual) por lo que se concluye que el proyecto es Rentable.
- El indicador de costo beneficio dio como resultado 15, lo que nos indica que por cada S/. 1.00 invertido en este proyecto, la empresa ganará S/. 0.50.

6.2 DISCUSIÓN.

- La propuesta de mejora en la gestión de producción y calidad se logró reducir los costos operativos de la empresa Estructuras Metálicas Virgen de la Puerta S.A.C. en S/.220, 895. Con el estudio de tiempos se logró reducir el tiempo perdido en un 50% (de 420 horas a 210 horas al año) generando un ahorro de S/. 11,268. Con el MRP usando se generó una reducción de los Gastos del Programa de Compras de S/.9,182.53, o de 60.58%. Con el control Estadístico de Procesos y la Casa de la Calidad se logró reducir el % de Reprocesos en los productos de 19.88% a 6.65% generando un ahorro de S/.184, 218. Con las 5s se logró reducir el % de espacio utilizado de manera inadecuada en 17% generando un ahorro de S/.11, 704 y por ultimo con el plan de capacitaciones se logró generar un ahorro de S/.4, 520.
- El VAN del proyecto fue S/. 96,435, el cual se obtuvo por la reducción de los costos operativos producto de la propuesta de mejora. Esta reducción fue de S/.220, 895 y se obtuvo un flujo neto de efectivo anual promedio de S/. 79,129 a un tasa de 14% anual.
- Para la empresa Estructuras Metálicas Virgen de la Puerta S.A.C. el 14% anual es la tasa base para determinar que un proyecto es viable. Es por ello que para determinar si el proyecto es viable se halló el TIR de la propuesta de mejora, para ello se tuvo en cuenta la inversión que se realizó el cual fue de S/.173,957 soles y el flujo de efectivo anual promedio el cual fue de S/. 79,129, obteniéndose como resultado un TIR de 35%, con lo cual nos indica que el proyecto es rentable (TIR >14%).
- Se obtuvo ingresos anuales por las propuesta de mejora por un monto anual de S/. 220,895 en el primer año, posteriormente se tomó un incremento del 2 % en la producción para los próximos 4 años. Todos estos ingresos ascendieron a un total de S/. 1, 149,545. Se obtuvo unos egresos de S/. 753,901 por los gastos propios de la operación. Para obtener el indicador de Costo beneficio se procedió a dividir estos 2 valores, dando como resultado 1.5.

CAPÍTULO 7:

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1 CONCLUSIONES.

Nuestra investigación nos permite concluir lo siguiente:

- Se logró reducir los costos operativos de la empresa Estructuras Metálicas Virgen de la Puerta S.A.C. en S/.220, 895. Luego de la realización de la propuesta de mejora en la gestión de producción y calidad.
- Se logró realizar el diagnóstico de la situación actual en el área de producción y calidad de la empresa Estructuras Metálicas “Virgen de la Puerta SAC”, encontrando que los problemas que incrementaban los costos operativos eran: la falta de estandarización en acabado, planificación de la producción ineficiente, falta de estandarización del producto, falta de orden, limpieza y organización y por último la falta de capacitación. Todas estas causas generaban una pérdida de S/.333, 840.
- Se desarrolló la propuesta de mejora de la gestión de Producción en los procesos de la empresa Estructuras Metálicas “Virgen de la Puerta SAC, la cual consistió en un estudio de tiempos y un MRP. Con el estudio de tiempos se logró reducir el tiempo perdido en un 50% (de 420 horas a 210 horas al año) generando un ahorro de S/. 11,268 y con el MRP se generó una reducción de los Gastos del Programa de Compras de S/.9,182.53 (60.58%).
- Se desarrolló la propuesta mejora de la gestión de Calidad en los procesos de la empresa Estructuras Metálicas “Virgen de la Puerta SAC, la cual consistió en un Control Estadístico de Procesos, Casa de la Calidad, Metodología de las 5s y un plan de capacitaciones. Con el control Estadístico de Procesos y la Casa de la Calidad se logró reducir el % de Reprocesos en los productos de 19.88% a 6.65% generando un ahorro de S/.184, 218. Con las 5s se logró reducir el % de espacio utilizado de manera inadecuada en 17% generando un ahorro de S/.11, 704 y por ultimo con el plan de capacitaciones se logró generar un ahorro de S/.4, 520.
- Se hizo la evaluación económica / financiera de la propuesta de mejora en un periodo de 5 años, dando como resultado que el proyecto es RENTABLE

VAN : S/. 96,435

TIR : 35%

B/C : 1.5

PRI : 2.3 años

7.2 RECOMENDACIONES.

- Se recomienda realizar la inversión propuesta en cada una de las áreas en este trabajo de investigación aplicativo para poder obtener los resultados esperados para la empresa.
- En el área de Producción se recomienda prioritariamente implementar el MRP así como la evaluación de un sistema ERP que automatice el registro, mantenimiento y consulta de datos.
- En el área de Calidad se recomienda capacitar a los trabajadores sobre la importancia de la calidad en todas las actividades de la empresa, así como la importancia de la recopilación de datos fidedignos.
- Guardar un riguroso registro de las inconformidades para facilitar la investigación de las causas raíces.
- Elaborar cronogramas de seguimiento a la implementación de las mejoras propuestas, y medir su cumplimiento.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Bibliografía

- Aldavert, J., Vidal, E., Lorente, J., & Aldavert, X. (2016). *5s para la Mejora Continua*. España: Cims.
- Bawa, H. S. (2007). *Procesos de Manufactura*. Ciudad de México, México: Mc Graw Hill.
- Betancourt, O. (1999). *Salud y Seguridad en el Trabajo*. OMS-FUNSA.
- BREF. (2009). *Mejores Técnicas Disponibles de referencia europea. Forja y Fundición Gobierno de España Ministerio del Medio Ambiente y Medio Rural Marino*. Comisión Europe.
- Brown, J. (2000). *Foseco Ferrous foundryman's Handbook*. Buuetworth-Heinemann.
- Chiavenato, I. (2004). *Recursos Humanos: O capital humano das Organizacoes*. Sao Paulo, Brasil: Atlas.
- Comisión Nacional del Medio Ambiente - Región Metropolitana. (2000). *Artículos: Sinia*. Recuperado el 21 de Mayo de 2016, de Sinia: http://www.sinia.cl/1292/articles-37620_pdf_fundiciones.pdf
- ETSU. (1993). *Cupola Melting of Cast Iron in Iron Foundries (Good Practice-Guide 58)*. Energy Efficiency Office-Department of The Environment.
- Gonzáles, J. (1998). *Reingeniería de Procesos Empresariales: Teoría y Práctica de la Empresa a Través de su Estrategia, sus Procesos y sus Valores Corporativos*. FC Editorial.
- Goovaerts, L., & Kenniscentrum, B. (2001). *BBT Voor de Gieterijen*. Academia Press.
- Groover, M. (1997). *Fundamentos de Manufactura Moderna: Materiales, Procesos y Sistemas*. Pearson Educación.
- Jurám, J., Gryna, F., & Bingham, R. (2005). *Manual de Control de Calidad*. España: Reverté.
- Kalpakjian, S., & Schmid, S. (2008). *Manufactura, Ingeniería y Tecnología*. Ciudad de México, México: Pearson Prentice Hall.
- Niebel, B. W., Freivalds, A., & Osuna, M. A. (2004). *Métodos, Estándares y Diseño del Trabajo*. Alfaomega.

- Red de CITEs. (2008). *Boletines:Ministerio de la Producción*. Recuperado el 28 de Mayo de 2016, de Ministerio de la producción:
<http://www.crecemype.pe/portal/images/stories/files/boletines/peru-innova/Suplemento-5S-Kaizen.pdf>