

UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO

FACULTAD DE INGENIERIA

PROGRAMA DE ESTUDIO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL



TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO INDUSTRIAL

“Aplicación de la metodología Lean Six Sigma para mejorar la productividad en el envasado de GLP de Costagas SAC, Trujillo – La Libertad”

Área de investigación:

Optimización de la producción

Autor (es):

Br. García Casas, Jean Pierre

Br. Luis García, Jorge Daniel

Jurado Evaluador:

Presidente: Ms. Robert, Neciosup Guibert

Secretario: Ms. Filiberto, De La Rosa Anhuaman

Vocal: Dr. Ing. Paul Estefan, Sato Nestares

Asesor:

Ing. Terrones Romero, Julio Milton

Código Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-2876-9746>

TRUJILLO, PERÚ

2022

Fecha de sustentación: 2022/07/25

UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO

FACULTAD DE INGENIERIA

PROGRAMA DE ESTUDIO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL



TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO INDUSTRIAL

“Aplicación de la metodología Lean Six Sigma para mejorar la productividad en el envasado de GLP de Costagas SAC, Trujillo – La Libertad”

Área de investigación:

Optimización de la producción

Autores:

Br. García Casas, Jean Pierre

Br. Luis García, Jorge Daniel

Jurado Evaluador:

Presidente: Ms. Robert, Neciosup Guibert

Secretario: Ms. Filiberto, De La Rosa Anhuaman

Vocal: Dr. Ing. Paul Estefan, Sato Nestares

Asesor:

Ing. Terrones Romero, Julio Milton

Código Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-2876-9746>

TRUJILLO, PERÚ

2022

Fecha de sustentación: 2022/07/25

UNIVERSIDAD PRIVADA ANTONOR ORREGO

FACULTAD DE INGENIERIA

PROGRAMA DE ESTUDIO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL



TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO INDUSTRIAL

“Aplicación de la metodología Lean Six Sigma para mejorar la
productividad en el envasado de GLP de Costagas SAC, Trujillo –
La Libertad”

APROBADA EN CONTENIDO Y ESTILO POR:

Presidente: Mg. Ing. Robert Neciosup Guibert
C.I.P.: 44864

Secretario: Mg. Ing. Filiberto De La Rosa Anhuman
C.I.P.: 90991

Vocal: Dr. Sato Nestares, Paul
C.I.P.: 24680

Asesor: Ing° Julio Milton Terrones Romero
C.I.P.:24877

DEDICATORIA

Dedico este trabajo principalmente a mis padres que a pesar de la distancia me brindan su apoyo incondicional, tanto profesional como personal. A mi hermano, quien es mi ejemplo e inspiración para asumir retos como persona.

Br. Luis García, Jorge Daniel

A mis padres por todo el amor, esfuerzo y apoyo que me brindan. A mis hermanos por su comprensión, ayuda y consejos durante mi etapa universitaria para cumplir lo que me propuse desde mi adolescencia.

Br. García Casas, Jean Pierre

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por la vida y salud, a mis padres por su apoyo en todo momento y a mi hermano por ser el que me acompaño en este recorrido. A mis docentes por impartir su conocimiento durante nuestra formación profesional y a nuestro asesor, por su apoyo incondicional en todo el trayecto de nuestra investigación.

Br. Luis García, Jorge Daniel

Agradezco inmensamente a Dios, por guiarme, ayudarme y acompañarme en cada etapa de mi vida. A mis padres por brindarme el amor y el soporte que necesité hasta el día de hoy, los quiero con todo mi corazón. Mi eterno agradecimiento a mi hermana por enseñarme el valor del sentimiento eterno que nos une como hermanos y mi hermano por cultivar el principio que la familia es primero.

Finalmente, agradezco a mis profesores por compartir su conocimiento durante los cinco años universitarios y a nuestro asesor por el apoyo constante que nos brindó.

Br. García Casas, Jean Pierre

RESUMEN

Costagas S.A.C. es una empresa del sector hidrocarburos, orientada al envasado de GLP y la distribución de válvulas reguladoras, productos a granel, balones de 10 Kg y balones de 45 Kg, siendo estos dos últimos productos, el objetivo de nuestra investigación. Luego de un análisis en el proceso de envasado, se determinó que la causa principal del problema es el desempeño subestándar de la mano de Obra, que tiene como efecto una baja producción. Se tiene como objetivo principal la aplicación de la metodología Lean Six Sigma para mejorar la productividad en el envasado de GLP. La investigación es de tipo aplicada, con un nivel explicativo y diseño cuasiexperimental. Se utiliza técnicas y herramientas como la observación de campo, análisis de contenido, recolección de datos, Minitab y Excel. Se determinó la productividad de la mano de obra en el segundo semestre del año 2020 en balones de 10 Kg con un resultado de 6.28 balones/hora-Hombre y para balones de 45 kg un resultado de 3.68 balones/hora-Hombre. Mediante Lean basado en el análisis de alternativas de la opinión de expertos, se identificó al desempeño subestándar como la principal causa de una baja productividad, seguidamente se desarrolló las fases de Six Sigma, en la cual se determinó los DPMO validados con la tabla de conversión Sigma para cada producto, con resultados nivel sigma de 3.612 (yield 98.2685%) y 3.146 (yield 94.9909%) en balones de 10 kg y 45 kg respectivamente. Luego de aplicar la propuesta se logró mejorar la productividad en 12.73.% para balones de 10 kg y 2.44% para balones 45 kg, esto se traduce en 12093 unidades y 454 unidades en el primer semestre del año 2021.

Palabras clave: Metodología Lean Six Sigma, Productividad.

ABSTRACT

Costagas S.A.C. is a company of the hydrocarbon sector, oriented to the packaging of LPG and the distribution of regulating valves, bulk products, 10 kg and 45 kg cylinders, being these last two products, the objective of our investigation. After an analysis of the packaging process, it was determined that the main cause of the problem is the substandard performance of the labor force, which has as an effect a low production. The main objective is the application of the Lean Six Sigma methodology to improve productivity in LPG packaging. The research is applied, with an explanatory level and quasi-experimental design. It uses techniques and tools such as field observation, content analysis, data collection, Minitab and Excel. Labor productivity was determined in the second semester of the year 2020 in 10 kg balls with a result of 6.28 balls/man-hour and for 45 kg balls with a result of 3.68 balls/man-hour. Through Lean based on the analysis of alternatives of expert opinion, substandard performance was identified as the main cause of low productivity, then the Six Sigma phases were developed, in which the DPMO were determined and validated with the Sigma conversion table for each product, with sigma level results of 3.612 (yield 98.2685%) and 3.146 (yield 94.9909%) in 10 kg and 45 kg balls respectively. After applying the proposal, productivity was improved by 12.73% for 10 kg balls and 2.44% for 45 kg balls, which translates into 12093 units and 454 units in the first half of the year 2021.

Key words: Lean Six Sigma methodology, Productivity.

PRESENTACIÓN

Señores integrantes del jurado:

De conformidad con las disposiciones establecidas del Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad Privada Antenor Orrego y al Reglamento Interno establecido por la Escuela Profesional de Ingeniería Industrial, para obtener el título profesional de Ingeniero Industrial nos es honoroso presentar para vuestra disposición la presente Tesis Titulada “APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA LEAN SIX SIGMA PARA MEJORAR LA PRODUCTIVIDAD EN EL ENVASADO DE GLP DE COSTAGAS SAC, TRUJILLO – LA LIBERTAD”, para optar el Título Profesional de Ingeniería Industrial, contando con la certeza de alcanzar una justa evaluación y dictamen.

El presente trabajo es resultado del esfuerzo y una minuciosa investigación, con el fin de contribuir en el aporte a su aplicación de la metodología Lean Six Sigma, ayudando a mejorar la productividad en la empresa COSTA GAS SAC.

Br. Luis García Jorge Daniel

Br. García Casas Jean Pierre

ÍNDICE DE CONTENIDO

	Pág.
DEDICATORIA.....	i
AGRADECIMIENTO.....	ii
RESUMEN	iii
ABSTRACT	iv
PRESENTACIÓN	v
I. INTRODUCCIÓN	14
1.1.Problema de investigación	14
1.2.Objetivos	18
1.3.Justificación del estudio.....	18
1.3.1 Justificación Teórica.....	18
1.3.2 Justificación Práctica.....	19
1.3.3 Justificación Económica	19
II. MARCO REFERENCIAL.....	20
2.1. Antecedentes del estudio	20
2.2. Marco teórico.....	31
2.2.1. Metodología Six Sigma	31
2.2.2. Origen	32
2.2.3. Enfoque del Six Sigma	32
2.2.4. Objetivos del Six Sigma	38
2.2.5. Principios del Six Sigma.....	38
2.2.6. Fases de Six Sigma	39
2.2.7. Beneficios.....	41
2.2.8. Lean Manufacturing	42
2.2.9. Origen	42
2.2.10 Objetivo.....	43
2.2.11. Enfoque de la Metodología	44
2.2.12. Pilares	45
2.2.13. Herramienta VSM.....	48
2.2.14. Herramientas de Lean Manufacturing:	48
2.2.15. Lean Six Sigma	51

2.2.16. Origen	52
2.2.17. Objetivo	52
2.2.18. Fundamentos de la metodología	52
2.2.19. Sinergia entre metodologías	53
2.2.20. Herramientas.....	53
2.2.21. Procedimiento de aplicación	55
2.2.22. La productividad.....	57
2.3. Marco conceptual	62
2.4. Sistema de hipótesis.....	64
2.4.1. Hipótesis	64
2.4.2. Variables e indicadores	64
2.4.3. Operacionalización de Variables.....	65
III. METODOLOGÍA EMPLEADA.....	68
3.1 Tipo y nivel de investigación.....	68
3.2 Población y muestra de estudio	68
3.3 Diseño de investigación.....	68
3.4 Técnicas e instrumentos de investigación	69
3.5 Procesamiento y análisis de datos	70
IV. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS.....	71
4.1. Análisis e interpretación de resultados	<i>¡Error! Marcador no definido.</i>
4.2. Ubicación	71
4.3. Organigrama	71
4.4. Misión.....	71
4.5. Visión	72
4.6. Proceso productivo	72
4.6.1 Distribución a granel.....	72
4.6.2 Distribución por envasado	73
4.6.3 Servicio.....	73
4.7. Desarrollo Objetivo 1: Determinar la productividad actual de mano de obra y maquinaria en la producción de balones envasados.....	77
4.8. Desarrollo Objetivo 2: Definir el despilfarro en el proceso de envasado de gas mediante el diagnóstico de Análisis de Alternativas basada en Opinión de Expertos.	81

4.9. Desarrollo Objetivo 3: Aplicar las etapas de la metodología Lean Six Sigma en la empresa Costagas SAC.	85
4.10. Desarrollo Objetivo 4: Calcular la nueva productividad de mano de obra y maquinaria en la producción de balones envasados.....	110
V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS:	112
VI. CONCLUSIONES	114
VII. RECOMENDACIONES:.....	115
VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	116
ANEXO.....	120

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1 Valores del Cp y su interpretación	150
Tabla 2 Defectos Por Millón de Oportunidades.....	150
Tabla 3 Características diferenciales según área funcional.....	151
Tabla 4 Detalles de desperdicios por defecto	152
Tabla 5 Sinergia entre Lean Manufacturing y Six Sigma	152
Tabla 6 Aporte entre metodologías.....	153
Tabla 7 Características de Lean y Six Sigma	153
Tabla 8 Técnicas e instrumentos de recolección de datos	69
Tabla 9 Técnicas, herramientas y su proceso en la investigación	70
Tabla 10 Datos del proceso productivo.....	154
Tabla 11 Producción del mes de Julio - S1.....	155
Tabla 12 Producción del mes de Julio - S2.....	155
Tabla 13 Producción del mes de Julio - S3.....	155
Tabla 14 Producción del mes de Julio - S4.....	156
Tabla 15 Producción del mes de Agosto - S1.....	156
Tabla 16 Producción del mes de Agosto - S2.....	157
Tabla 17 Producción del mes de Agosto - S3.....	157
Tabla 18 Producción del mes de Agosto - S4.....	158
Tabla 19 Producción del mes de septiembre - S1	158
Tabla 20 Producción del mes de Septiembre - S2.....	159
Tabla 21 Producción del mes de Septiembre - S3.....	159
Tabla 22 Producción del mes de Septiembre - S4.....	160
Tabla 23 Producción del mes de Octubre - S1	160
Tabla 24 Producción del mes de Octubre - S2	161
Tabla 25 Producción del mes de Octubre - S3	161
Tabla 26 Producción del mes de Octubre - S4	162
Tabla 27 Producción del mes de Noviembre - S1	162
Tabla 28 Producción del mes de Noviembre - S2.....	163
Tabla 29 Producción del mes de Noviembre - S3.....	163
Tabla 30 Producción del mes de Noviembre - S4.....	164
Tabla 31 Producción del mes de Diciembre - S1.....	164
Tabla 32 Producción del mes de Diciembre - S2.....	165
Tabla 33 Producción del mes de Diciembre - S3.....	165
Tabla 34 Producción del mes de Diciembre - S4.....	166
Tabla 35 Datos consolidados de producción julio – diciembre 2020.....	78
Tabla 36 Resumen de producción del periodo julio – diciembre 2020.....	79
Tabla 37 Horas diarias de producción	79
Tabla 38 Cantidad de trabajadores asignados y tiempo promedio de embasado	79
Tabla 39 Productividad de la mano de obra – julio S1.....	166
Tabla 40 Productividad de la mano de obra – julio S2.....	167

Tabla 41	<i>Productividad de la mano de obra – julio S3</i>	167
Tabla 42	<i>Productividad de la mano de obra – julio S4</i>	168
Tabla 43	<i>Productividad de la mano de obra – agosto S1</i>	168
Tabla 44	<i>Productividad de la mano de obra – agosto S2</i>	169
Tabla 45	<i>Productividad de la mano de obra – agosto S3</i>	169
Tabla 46	<i>Productividad de la mano de obra – agosto S4</i>	170
Tabla 47	<i>Productividad de la mano de obra – septiembre S1</i>	170
Tabla 48	<i>Productividad de la mano de obra – septiembre S2</i>	171
Tabla 49	<i>Productividad de la mano de obra – septiembre S3</i>	171
Tabla 50	<i>Productividad de la mano de obra – septiembre S4</i>	172
Tabla 51	<i>Productividad de la mano de obra – octubre S1</i>	172
Tabla 52	<i>Productividad de la mano de obra – octubre S2</i>	173
Tabla 53	<i>Productividad de la mano de obra – octubre S3</i>	173
Tabla 54	<i>Productividad de la mano de obra – octubre S4</i>	174
Tabla 55	<i>Productividad de la mano de obra – noviembre S1</i>	174
Tabla 56	<i>Productividad de la mano de obra – noviembre S2</i>	175
Tabla 57	<i>Productividad de la mano de obra – noviembre S3</i>	175
Tabla 58	<i>Productividad de la mano de obra – noviembre S4</i>	176
Tabla 59	<i>Productividad de la mano de obra – diciembre S1</i>	176
Tabla 60	<i>Productividad de la mano de obra – diciembre S2</i>	177
Tabla 61	<i>Productividad de la mano de obra – diciembre S3</i>	177
Tabla 62	<i>Productividad de la mano de obra – diciembre S4</i>	178
Tabla 63	<i>Productividad de semestre julio – diciembre 2020</i>	80
Tabla 64	<i>Detalles de expertos seleccionados</i>	81
Tabla 65	<i>Análisis de alternativas basada en opinión de expertos</i>	82
Tabla 66	<i>Definición de Six Sigma en Costagas</i>	86
Tabla 67	<i>Modelo B - aplicado en la fase definir</i>	89
Tabla 68	<i>Porcentaje de balones defectuosos/semana en balones de 10kg</i>	179
Tabla 69	<i>Porcentaje de balones defectuosos/semana en balones de 45kg</i>	180
Tabla 70	<i>Análisis de causas basada en opinión de expertos</i>	181
Tabla 71	<i>Tiempos por fase del envasado de gas</i>	106
Tabla 72	<i>Actividades del proceso y medidas de solución</i>	107
Tabla 73	<i>Producción semestral - antes y después de aplicar la mejora</i>	110
Tabla 74	<i>Productividad antes y después de aplicar la mejora</i>	111

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1 <i>Variación porcentual del PIB</i>	120
Figura 2 <i>Proyección del PBI 2021 respecto al año 2020</i>	120
Figura 3 <i>Extracción de petróleo, gas y minerales</i>	121
Figura 4 <i>PBI por sector industrial</i>	121
Figura 5 <i>Precios de referencia del GLP según Osinergmin</i>	122
Figura 6 <i>Producción de crudo al año 2018</i>	122
Figura 7 <i>Diagrama de Ishikawa</i>	123
Figura 8 <i>Costos de calidad en Ford Motor Company</i>	124
Figura 9 <i>Control estadísticos de los procesos (LCS y LCI)</i>	124
Figura 10 <i>Distribución Normal - Rango de especificaciones</i>	125
Figura 11 <i>Distribución Normal Centrada</i>	125
Figura 12 <i>Cuadro de mando interrelacionado - Six Sigma</i>	126
Figura 13 <i>Estructura organizacional típica del Six Sigma</i>	127
Figura 14 <i>Operacionalización del DMAMCE</i>	128
Figura 15 <i>Fases de la metodología Six Sigma</i>	128
Figura 16 <i>Herramientas de la Metodología Six Sigma</i>	129
Figura 17 <i>Capacidad del Proceso</i>	129
Figura 18 <i>Error de tipo I (α) y tipo II (β)</i>	130
Figura 19 <i>Niveles de Factores</i>	130
Figura 20 <i>Despilfarros Como Oportunidad de Mejora</i>	130
Figura 21 <i>Objetivos de Lean Manufacturing</i>	131
Figura 22 <i>Desperdicios de la metodología Lean Manufacturing</i>	131
Figura 23 <i>Sobreproducción en la empresa</i>	131
Figura 24 <i>Tiempo de espera en faja transportadora</i>	131
Figura 25 <i>Antes y después de un modelo de movimientos</i>	132
Figura 26 <i>Sobreprocesos de selladores</i>	132
Figura 27 <i>Despilfarros generado por un exceso de inventarios</i>	133
Figura 28 <i>Ejemplo de diagramación VSM en una empresa</i>	133
Figura 29 <i>Representación simbólica del VSM</i>	134
Figura 30 <i>Automatización con un toque humano</i>	134

Figura 31	<i>Tarjeta Kanban</i>	135
Figura 32	<i>Fundamentos de Lean Six Sigma</i>	135
Figura 33	<i>Sinergia entre Metodologías</i>	135
Figura 34	<i>Herramienta de los 5 Porque's</i>	136
Figura 35	<i>Proceso del Benchmarking</i>	136
Figura 36	<i>Generación de una idea de proyecto</i>	137
Figura 37	<i>Ciclo de un proyecto</i>	137
Figura 38	<i>Ciclo de adaptación y mejora</i>	138
Figura 39	<i>Modelo de transformación</i>	138
Figura 40	<i>Programas de capacitación</i>	139
Figura 41	<i>Herramientas Estratégicas</i>	139
Figura 42	<i>Herramientas tácticas</i>	140
Figura 43	<i>Procedimiento general de aplicación</i>	140
Figura 44	<i>Disminución de costos mediante la metodología propuesta</i>	141
Figura 45	<i>Mejora de la eficiencia con la metodología Lean Six Sigma</i>	141
Figura 46	<i>Beneficios generados</i>	141
Figura 47	<i>Ubicación de la planta</i>	142
Figura 48	<i>Organigrama de Costagas</i>	142
Figura 49	<i>Mapa de procesos</i>	143
Figura 50	<i>GLP- Granel</i>	143
Figura 51	<i>Productos</i>	144
Figura 52	<i>Válvulas</i>	144
Figura 53	<i>Cabina de pintado</i>	144
Figura 54	<i>Tarado de balones</i>	145
Figura 55	<i>Envasado de balones</i>	145
Figura 56	<i>Control de peso</i>	145
Figura 57	<i>Inspección de precintados</i>	146
Figura 58	<i>Diagrama del proceso de operaciones del envasado de GLP</i>	146
Figura 59	<i>Diagrama de operaciones del proceso(DOP), en envasado de GLP</i>	147
Figura 60	<i>Modelo A - aplicado en la fase definir</i>	87
Figura 61	<i>Modelo B - aplicado en la fase definir</i>	88
Figura 62	<i>Carta de control P de balones defectuosos</i>	91
Figura 63	<i>Carta de control P estándar</i>	92

Figura 64	<i>Análisis binomial de capacidad</i>	93
Figura 65	<i>Conversión de rendimiento a nivel sigma</i>	148
Figura 66	<i>Grafica p en balones defectuosos de 45kg</i>	94
Figura 67	<i>Carta de control p en balones de 45 kg</i>	95
Figura 68	<i>Análisis binomial de capacidad en balones de 45kg</i>	96
Figura 69	<i>Análisis Pareto de balones de 10kg</i>	97
Figura 70	<i>Análisis Pareto de balones de 45kg</i>	97
Figura 71	<i>Diagrama de Ishikawa en balones defectuosos</i>	149
Figura 72	<i>Estructura del AMFE en la actividad de envasado de gas</i>	98
Figura 73	<i>Matriz AMFE</i>	99
Figura 74	<i>Tarjeta Kanban - Actividad de producción</i>	103
Figura 75	<i>Tarjeta Kanban - Actividad de transporte</i>	103
Figura 76	<i>Tarjeta Kanban - Actividad de urgencia</i>	104
Figura 77	<i>Tarjeta Kanban - Actividad general</i>	104
Figura 78	<i>Diagrama de las fases del envasado de gas - VSM</i>	105
Figura 79	<i>Diagrama del tiempo planificado</i>	107
Figura 80	<i>Control de estabilidad</i>	108
Figura 81	<i>Control de estabilidad en balones de 45kg</i>	109

I. INTRODUCCIÓN

1.1. Problema de investigación

Realidad problemática

Lean Six Sigma establece la eliminación de los desperdicios y el control en la variabilidad de los procesos, con el fin de reducir al máximo los defectos encontrados. Esta metodología resulta un desafío al momento de su implementación, debido que presenta una serie de herramientas y teorías que se deben ajustar a la realidad de la empresa.

De acuerdo con (Banco Mundial, 2020), la economía mundial fue duramente golpeada a causa del coronavirus o COVID-19, con efecto de la reducción en 5.2% del PBI mundial (Ver Figura 1-Anexo).

De acuerdo con (Calcaneo, 2018) Asia pasará de una demanda de 38% de GLP en el 2019 a un 44% a finales del 2022, debido a un alto consumo de plásticos, por otro lado, la producción y la demanda en Estados Unidos caerá a 90,50 mil millones de pies cúbicos por día - Bcfd durante el 2021, pero se estima que para el próximo año aumente en 91.0 Bcfd por día, por otro lado, el precio a nivel internacional se eleva en 0.07 o 2.36% por kilo.

Asimismo, el (Banco Mundial, 2021), sostiene que, en Latinoamérica la producción y distribución de GLP se vería afectado debido al efecto de la pandemia, generando una disminución del 34% durante el 2020, la cual equivale a 50,15 mil millones de pies cubios por día. Esta medida afecta de manera directa al PBI de cada región (Ver Figura 2-Anexo), para ello, la ejecución de un plan de acción bien elaborado permitirá que los países puedan mitigar la pandemia y al mismo tiempo reactivar su económica, siendo un factor clave para su desarrollo.

El sector de hidrocarburos en Perú presenta una reducción del precio internacional del petróleo a causa de la disminución de la demanda energética generada por el COVID-19 (Ver Figura 3-Anexo), es decir; “la producción de hidrocarburos líquidos fue de 123 MBPD, siendo 1,1% inferior a la de noviembre del 2020 y 15.7% menor que diciembre del 2019” (Sociedad Nacional de Minería, Petróleo y Energía, 2020).

De acuerdo con (Osinergmin, 2021) El GLP es un combustible obtenido a partir de una mezcla de hidrocarburos, sometidos a una determinada presión hasta alcanzar un estado líquido y posterior tratamiento para el uso doméstico e industrial, para ello los productores destinan el 86% de su producción a las plantas envasadoras, éstas destinan un su vez un 12% a centrales, 14% a consumidores directos y el 58% a locales de venta de GLP para consumo doméstico, además (Petroperú, 2021) indica que la producción en el Perú se redujo en un 4.5%, dicho sector afecta el 1.4% del PBI nacional (Ver Figura 4-Anexo).

Felipe Cantuarias, presidente de la Sociedad Peruana de Hidrocarburos, señala: “En el Perú, más del 50% del mercado de GLP es informal, lo cual restringe el desarrollo de la industria; esta medida ha provocado pérdidas por más de 220 millones de dólares al país.” (Energiminas, 2020).

En el Perú los distribuidores y comercializadores de mayor parte del mercado de GLP: Petroperú, Zeta Gas, Solgas, Costagas, Repsol, La Libertad consume un 8,8% del GLP con respecto a la demanda anual.

Las empresas que producen, envasan y distribuyen GLP cuentan con 3 tipos de distribución: “Canalizado, envasado, a granel y vehicular”; debido a la crisis sanitaria que atravesó el Perú durante su periodo crítico 2020-2021, tuvo una disminución del 34% de la producción del tipo canalizado, equivalente a 52,180 barriles diarios a comparación del envasado que el uso doméstico e industrial, tuvo un incremento del 61% en su producción equivalente a 62,515 barriles por día. (Energiminas, 2020).

Durante el CADE 2019, Carlos Paredes Lanatta, presidente del Directorio de Peruvian Petroleum Company, enfatizó que la refinería más representativa es la Pampilla (Repsol) cuya participación es del 59,8% y seguida por la de Talara (Petroperú) con 31.3%, además indicó que el Proyecto de Modernización de la Refinería de Talara (PMRT) requiere de un financiamiento de mil millones de dólares, caso contrario el porcentaje de mercado se vería afectada de manera significativa.

De acuerdo con (Osinermin, 2021), El aumento del precio de GLP afecta directamente la producción y consumo del producto, así lo informó la Agencia Peruana de Consumidores y Usuarios (OPECU), cuyos importes en moneda nacional variaron un 74% entre diciembre de 2020 y agosto del 2021, debido a sus costos internacionales y alza del dólar (Ver Figura 5 y 6 -Anexo).

El efecto causado por una falta de estrategias para hacer frente a la baja producción el año 2020-2021, las empresas en el Perú tienden a innovar en sus planes para mitigar los efectos, es el caso de Petroperú que comenzó a operar en diciembre del 2021, luego de innumerables problemas en el proceso para su funcionamiento. La empresa peruana actualmente tiene una producción de 540 barriles por día – BPD en su primera fase de apertura.

Se muestra que este problema no solo afecta a Costagas S.A.C. ubicada en 557 Fnd, Carretera Panamericana Norte - Trujillo, una empresa de prestigio que ofrece productos que garantizan la seguridad y calidad en el uso diario, para ello se tiene: a granel, balones de 10 kg, balones de 45kg y por último servicios varios, representando un 45%, 40%, 10% y 5% de las ventas totales. La producción se encuentra determinada en un periodo de 7 días a la semana, para la cual se dispone de 15 trabajadores, los cuales están divididos en los procesos que intervienen en el envasado de gas y la distribución a granel.

De acuerdo con (Costagas S.A.C, 2020) la producción estimada en condiciones normales es de 18,100 y 4,100 balones de 10kg y 45kg al mes respectivamente, razón por la cual se concluye que se tiene una baja producción al comparar los reportes. Esto puede ser ocasionado por diferentes motivos, por ello se toman en cuenta las opiniones de expertos en el tema, así como de los responsables en el proceso de envasado, para el desarrollo del análisis de causa y efecto - Ishikawa (Ver Figura 7-Anexo), considerando: Material, Maquinaria, método, MO, Métodos de Trabajo y Clientes.

Este problema tiene las siguientes causas: falta de capacitación y bajo cumplimiento de la normativa, sobrecarga en el trabajo, equipos muy antiguos, ausencia de un plan de mantenimiento, ausencia de un control de stock, falta de estandarización en los procesos, reporte de indicadores basados en la experiencia, lo que nos lleva a determinar que la causa raíz radica en el bajo desempeño de la mano de obra específicamente por la falta de capacitación en el proceso de envasado, asimismo se toma en cuenta la reducción en el tiempo del cuello de botella y eliminar los balones defectuosos con el fin de aprovechar el tiempo disponible y el uso de los mismo recursos (condiciones de mano de obra durante el estudio no varían) para aumentar la producción.

Las causas en mención podrían inducir a tener efectos negativos a corto y largo plazo, tales como productos de mala calidad, pedidos fuera de plazo, clientes insatisfechos, reprocesos, mermas, mayor probabilidad de accidentes laborales, entre otros. Cabe resaltar que es indispensable la aplicación de Lean Six Sigma para eliminar los balones defectuosos y los desperdicios, ya que de no hacer nada, se incurriría en el mal uso de la mano de obra y materiales afectando a la productividad y generando incremento de los costos, pérdida de competitividad y la participación en el mercado.

Formulación del problema

¿La aplicación de la metodología Lean Six Sigma mejorará la productividad en el envasado de GLP en la empresa Costagas SAC?

1.2. Objetivos

Objetivo general

Aplicar la metodología Lean Six Sigma para mejorar la productividad en el envasado de GLP en la empresa Costagas S.A.C.

Objetivos específicos

OE1: Determinar la productividad actual de mano de obra en la producción de balones envasados.

OE2: Definir el despilfarro en el proceso de envasado de gas mediante el diagnóstico de Análisis de Alternativas basada en Opinión de Expertos.

OE3: Aplicar las etapas de la metodología Six Sigma en la empresa Costagas SAC.

OE4: Calcular la nueva productividad de mano de obra en la producción de balones envasados.

1.3. Justificación del estudio

1.3.1 Justificación Teórica

En la presente investigación se aplicará la metodología Lean Six Sigma con el fin de solucionar el problema de la baja productividad en el envasado de GLP.

1.3.2 Justificación Práctica

La aplicación de la metodología Lean Six Sigma en Costagas S.A.C permitirá optimizar los recursos, mejorar los procesos, cumplir con la entrega oportuna de los productos según requerimientos de los clientes, en conclusión, se incrementará los niveles de producción.

1.3.3 Justificación Económica

Se pretende que mediante la propuesta se incremente la producción y se mejore el indicador de mano de obra, logrando un incremento en los ingresos de Costagas S.A.C.

II. MARCO REFERENCIAL

2.1. Antecedentes del estudio

Internacionales:

(ORTEGA, 2018). *Propuesta de mejora al proceso de carga y despacho de GLP envasado en Centro de Distribución de Gasco* [Tesis para obtener el título de Ingeniero Civil Industrial en la Universidad Andrés Bello]. Repositorio de la Universidad de Andrés Bello – Chile.

Objetivo principal: Proponer la mejora en el proceso de carga y despacho de GLP envasado en Centro de Distribución de Gasco, ubicado en comuna de Quilicura, RM.

Problemática: Gasco, con 164 años de experiencia en distribución y envasado de gas vivo e industrial, debido a una mala gestión de la información o dos problemas importantes en el área de compensación, propuso mejorar el proceso de carga y distribución. La falta de capacitación del personal y el retraso de procesos clave en el área operativa es por lo que es necesario minimizar los problemas encontrados, es necesario proponer soluciones efectivas, a través del tiempo de diagnóstico, el uso de tecnología, herramientas, métodos y estándares. A partir de aquí, se deben aplicar herramientas de ingeniería industrial, que pueden mejorar la ventaja competitiva de la empresa, controlar mejor sus procesos y optimizar el uso de los recursos disponibles en la fábrica.

Técnicas y procedimientos: Para el desarrollo de la propuesta se hace uso de softwares, metodologías y recursos que se aplicaran en Gasco, los cuales ayudaran a optimizar los recursos, así como aumentar el valor de la empresa.

Resultados: Se estimó el incremento en el proceso de despacho en un 23%, también se logró reducir en un 50% la congestión del sistema, el tiempo promedio dentro del sistema de 60 min. a 23.8 min y el tiempo de espera en cola de 39.6 min a 10.6 min.

Aporte: La presente investigación tiene un proceso claro en el proceso de carga y despacho. Por lo tanto, tendremos una amplia visión para poder desarrollar nuestro proceso de envasado, observar el funcionamiento de la distribución actual de la empresa con el fin de analizar y ver la posibilidad de plantear la propuesta con las herramientas indicadas.

(GONZÁLEZ, 2018). Lean Six Sigma para mejorar la calidad en laboratorios de OIL and GAS. [Tesis para obtener la Especialización en Alta Gerencia en la Universidad Militar Nueva Granada]. Repositorio de la Universidad Militar Nueva Granada – Colombia.

Objetivo principal: Revisar y analizar la metodología Lean Six Sigma y su impacto en el mejoramiento de la calidad en la entrega de resultados en laboratorios de Oil and Gas.

Problemática: Los Laboratorios de Oil and Gas, presentan un gran problema en cuanto a la uniformidad de los procesos y su tiempo de entrega están fuera del plazo establecido, causando variabilidad en los procesos y pérdida de clientes. Es por ello por lo que se plantea dicha metodología para optimizar los procesos y cumplir con los requerimientos y tiempos que el cliente solicita.

Técnicas y procedimientos: El uso de diversos casos de éxito en la aplicación de la Metodología Lean Six Sigma y el desarrollo de los diversos pasos propios de la metodología.

Resultados: La implementación de la metodología, permitió reducir un 30% los tiempos durante el proceso, un mejor control sobre los recursos, una mayor satisfacción por parte de los clientes, así como la eliminación de procedimientos innecesarios para una mayor eficiencia de los procesos; por ende, se logró un trabajo sistémico en la organización.

Aporte: El presente proyecto, nos brinda un alcance en cuanto a la aplicación de la metodología, así como la utilización de sus diversas herramientas que nos permitieron ver su desarrollo para el planteamiento de una solución; Se debe tener en cuenta que fue indispensable para dicha solución el empleo de casos de éxitos en la aplicación de la metodología tomados como antecedentes.

(GÓMEZ, 2019). *Aplicación de un modelo Lean Six Sigma orientado a la mejora de la productividad en una empresa del sector cuero en Cali.* [Tesis para obtener el título de Ingeniero Industrial]. Repositorio de la Universidad Autónoma de Occidente – Santiago de Cali.

Objetivo principal: Proponer estrategias de mejoramiento de la productividad en la empresa “Calzado KRACK” de calzado para dama siguiendo un modelo marco (Proyecto MimoLeanss).

Problemática: La empresa de calzados para dama “KRACK” situada en Colombia, tiene problemas en cuanto a su sistema productivo, que les resulta deficiente para el control de los pedidos generando así, un mercado insatisfecho que va a dificultar la continuidad de los procesos, el cumplimiento de los objetivos y los requerimientos enmarcados. Además, la calidad de los productos no está conforme los requerimientos debido a los diversos problemas durante el proceso es por ello por lo que se propone la metodología para dar solución al problema.

Técnicas y procedimientos: La técnica corresponde al uso del proyecto MIMOLEANSS y los procedimientos que se emplean son propios de la metodología Lean Six Sigma.

Resultados: Se concluyó que la implementación del proyecto permitió mejorar en 11% con respecto a los procesos que originan el cuello de botella y la producción semanal se incrementó de 127 a 151 pares lo cual representa el 19% de mejora, logrando obtener un impacto económico de \$864,000 en ingresos.

Aporte: El proyecto nos brinda información detallada sobre la aplicación de las herramientas de la metodología Lean Six Sigma, la propuesta de una distribución de planta y su impacto positivo para el desarrollo de los procesos y su optimización de este, lo cual nos permite inferir que la inclusión de otras herramientas de ingeniería permitirá obtener resultados más fructíferos en la medida que el estudio se efectúe y desarrolle adecuadamente.

Nacionales

(VILLACREZ, L. & VILLANUEVA, D., 2019). *Aplicación de la Metodología Six Sigma para Mejorar el Proceso de registro y control de asistencia en el proyecto especial Corah 2019* [Tesis para obtener el título de Ingeniero de Sistemas]. Repositorio de la Universidad Privada de Pucallpa – Pucallpa.

Objetivo principal: Determinar la mejora del proceso de registro y control de asistencia en el Proyecto Especial CORAH, con la metodología Six Sigma.

Problemática: La empresa CORAH se dedica a la reducción del espacio coccalero a nivel nacional, presentando como problema la demora en la entrega y procesamiento de información de asistencia de las sedes descentralizadas del mismo. En la empresa se identifica que la causa principal es la demora en cuanto al registro de asistencia, desencadenando una serie de factores que dificultan el desarrollo del proceso.

Técnicas y procedimientos: Se emplearon diversas técnicas de recolección de datos tales como encuestas y cuestionarios, así como el uso de diversos softwares para el procesamiento de estos, permitiendo obtener información útil a partir de datos verídicos para el desarrollo de los procesos, así como el uso de las 6 etapas del Six Sigma que en conjunto nos ayudaron a optimizar el proceso.

Resultados: Se concluyó que luego de aplicar la metodología se pudo identificar las actividades críticas que generan el problema, proporcionando una solución eficaz que consta en la aplicación de KPI's y las herramientas de la metodología, logrando optimizar el proceso de registro y control de asistencias de la Subdirección de RR.HH.

Aporte: El proyecto nos brinda información sobre la aplicación de la metodología, así como una perspectiva de aplicación y utilidad más amplia ya que nos plantea un caso de aplicación de la metodología en otras áreas y procesos, como también se podría desarrollar el balance scorecard, el cual nos ayudaría a planificar y organizar los indicadores

para una correcta implementación y seguimiento de este, por ende, se podrán desarrollar los objetivos según los lineamientos pertinentes. Además, nos plantea la posibilidad de la implementación de un software para el procesamiento de datos que permitiría obtener mejores resultados en el proyecto.

(MELÉNDEZ, 2017). *Aplicación de la Metodología DMAIC para mejorar la productividad de la línea de envasado de GLP en la planta Lima Gas - Callao – 2016* [Tesis para obtener el título de Ingeniero Industrial]. Repositorio de la Universidad Cesar Vallejo – Lima.

Objetivo principal: Determinar como la aplicación de la metodología DMAIC mejora la productividad en la línea de envasado de GLP en la planta Lima Gas S.A – Callao – 2016.

Problemática: La empresa mantiene una baja productividad, razón por la cual se implementa la metodología DMAIC, identificando que la causa principal de dichos indicadores es el proceso en el peso neto, ocasionado principalmente por los siguientes factores; inestabilidad de la presión de llenado, inestabilidad natural de las llenadoras, dureza del material y falta de inspección. Además, se pretende determinar el impacto que genera la metodología DMAIC en la eficiencia y eficacia del proceso de la línea de envasado.

Técnicas y procedimientos: Las técnicas empleadas para la recolección de datos fue la ficha de registros y la observación indirecta, las cuales nos brindaron los datos requeridos de manera más estructurada para un posterior análisis descriptivo con la ayuda de Microsoft Excel y un análisis inferencial con el software SPSS 22.

Resultados: Con la aplicación de la metodología DMAIC se logró incrementar la productividad de 85,42% a 93,99%, del mismo modo se pudo incrementar la eficiencia y eficacia en 1.39% y 6.78% respectivamente. Además, dichos resultados durante el proceso de aplicación permitieron obtener un beneficio económico de S/. 147,000 en eficiencia y S/ 39,000 en eficacia a favor de la empresa.

Aporte: Este proyecto presenta información relevante en cuanto al proceso de envasado, la cual nos ayudará a tener una perspectiva más amplia debido a que tiene cierta similitud con los lineamientos que se están investigando. El proyecto nos servirá como una guía para el desarrollo de nuestro estudio, permitiéndonos plantear una mejor propuesta de aplicación en base a los temas que se desarrollan, también, nos orienta a tener en cuenta que el uso adecuado de las herramientas estadísticas en cualquier estudio, permitirán determinar parámetros que servirán para identificar la situación actual y saber si la aplicación de los temas a desarrollar, siguen los parámetros establecidos durante el proceso.

(IDROGO, L. & JULCA, S., 2018). *Propuesta de Implementación de mejora en el proceso de envasado de GLP utilizando herramientas de Lean Manufacturing para incrementar la productividad* [Tesis para obtener el título de Ingeniero Industrial]. Repositorio de la Universidad Privada del Norte – Cajamarca.

Objetivo principal: Incrementar la productividad en la empresa CAXAMARCA GAS, en base al diseño de una Propuesta de Mejora utilizando herramientas de Lean Manufacturing.

Problemática: La empresa Caxamarca Gas, presenta sus principales problemas del proceso, en los tiempos de espera, transporte, movimientos innecesarios de los operarios y distribución de planta, generando pérdida de tiempo y por ende bajos indicadores de productividad, producto de la ausencia de un estudio de tiempos y movimientos. Además, se genera la Muda durante todo el ciclo productivo generando otros tipos de problemas que necesitan de una solución efectiva, por ello se sugiere la implementación y el seguimiento adecuado de la metodología, a fin de dejar de incurrir en costos innecesarios y obtener una rentabilidad adecuada.

Técnicas y procedimientos: Las técnicas empleadas para la recolección de información fueron la guía de observación, entrevistas, análisis de contenido, toma de tiempos y medición de distancias (recorrido del

operario en sus actividades), siendo las entrevistas las que aportaron información más confiable y verídica. También, se hizo uso de los diversos softwares que ayudan a tener un mayor grado de confiabilidad en el desarrollo y nos permiten elaborar un mejor análisis con los resultados que nos brindan estos. Los procedimientos empleados son propios de la metodología Lean Manufacturing.

Resultados: Los resultados después de la propuesta de mejora son: reducción del tiempo de ciclo de 133.65 seg a 82,73 seg /balón envasado ,incremento de los niveles de eficiencia de mano de obra de 85% a 95% en el área de Pre taro, de 75% a 95% en el área de Pintura, de 94% a 98% en el área de Envasado, de 93% a 96% en el área de Control de Calidad y de 87% a 95% en el área de Post Taro, la reducción del tiempo de espera de 25 seg/balón envasado a 9 seg/balón envasado, las distancias recorridas entre cada área de trabajo se redujo de 23.3m a 13.1m y el porcentaje de utilización de Planta aumentó de 39% a 69%. Además, la evaluación económica de la propuesta de implementación en el proceso de envasado, a través del método de costo beneficio determinó que el proyecto es aceptado con un VAN de S/ 179,657.14 y un índice de rentabilidad de S/2.10.

Aporte: El proyecto nos brinda información sobre el ciclo productivo del producto, el cual se enmarca en las diversas herramientas que usa la metodología para el desarrollo de la investigación; por ende, recalcamos que la esencia de la investigación no es ajena a nuestro estudio debido a que se emplea la misma metodología con el fin de mejorar la productividad en los procesos que se están estudiando. También, lo que se recalca de esta investigación es la forma detallada en que se aplican los instrumentos para la recopilación y procesamiento de los datos de una forma clara y concisa, brindándonos diversas opciones de aplicación de la metodología sin desligarnos del tema central.

(CAMACHO, A. & MEIGGS, M., 2019). *Mejora de los procesos de almacenamiento mediante la implementación de Lean Six Sigma en una empresa de abarrotes en San Ramón - Chanchamayo: una revisión*

sistemática [Tesis para obtener el grado de Bachiller en Ingeniería Industrial]. Repositorio de la Universidad Privada del Norte – Lima.

Objetivo principal: Analizar el impacto del Lean Six Sigma en los procesos logísticos en las empresas consideradas en la presente investigación.

Problemática: Los problemas en la empresa San Ramón, son en cuanto a la gestión y entrega de sus productos, calidad del servicio y la falta de respuesta ante problemas generados en el proceso de distribución. Además, el área de almacén no cuenta con una coordinación adecuada con el vendedor, el cual debería detallar los productos con un mayor índice de salida, para tener mayor control de las existencias, las compras y almacenamiento, evitando acaparar productos que no están registrados como aquellos con mayor rotación.

Técnicas y procedimientos: La técnica empleada en la recopilación de la información fue la de búsqueda de actualización, la cual permitió el análisis de diferentes tesis que guardan relación al tema de estudio. Por otro lado, se recurrió a un formato con los requerimientos mínimos para la selección y el uso de las tesis, esto permitió identificar todos los estudios que tenían relación al enfoque del estudio.

Resultados: Con la elaboración del proyecto se logró conocer la realidad de los procesos críticos, los cuales fueron en la gestión y entrega de sus productos, la calidad del servicio y la falta de respuesta. El origen es causado por una falta de coordinación entre las áreas y una deficiente gestión logística, generando un aumento en los costos innecesarios que incurre la bodega. Se detalla que luego de aplicar la metodología se logró reducir el sobre costo en un intervalo de 8% a 27%, como también se mejoró la productividad en un intervalo de 10% a 30%.

Aporte: Detallamos que cada proceso identificado urge de una mejora para que el sistema trabaje de una manera coordinada y no se generen puntos críticos. El resultado investigación nos ayuda a determinar la secuencia óptima para su implementación en un modelo organizacional y así poder aplicar la metodología de una manera organizada, clara y efectiva de acuerdo con la realidad del tipo de negocio.

Locales

(RODRIGUEZ, 2020). *Metodología Six Sigma y su efecto en el índice de quejas de la empresa Avicesar S.A.C., Trujillo 2020* [Tesis para obtener el grado de Maestro en Dirección de Operaciones y Cadena de Abastecimiento]. Repositorio de la Universidad Privada del Norte – Trujillo.

Objetivo principal: Determinar el efecto de la metodología SIX SIGMA en el índice de quejas de la empresa AVICESAR S.A.C.

Problemática: La empresa AVICESAR S.A.C. pretende disminuir el índice de quejas que ésta presenta, debido a una deficiente atención de los pedidos que se generan, por otro lado, la empresa no contaba con una planificación de sus procesos, más aún no se contaba con el personal que controle y verifique el ciclo productivo; además, no se contaba con un acceso a la información en tiempo real durante la ejecución de las actividades y mucho menos de un análisis de los requerimientos de sus clientes.

Técnicas y procedimientos: Las técnicas y herramientas empleadas para la obtención de información, fueron el análisis documental y Hojas de resumen para las planillas de quejas. Se recurrió también al uso de softwares tales como Microsoft Excel y Minitab para el procesamiento de este. En el estudio se emplearon los procedimientos descritos en la metodología Six Sigma.

Resultados: Luego de un análisis minucioso en cada área de la empresa Avicesar S.A.C. se logró determinar las actividades que no generan valor, por lo cual se propuso el desarrollo de la metodología para eliminar los procesos críticos. Se logró disminuir en un 39% el índice de quejas, reduciéndolas de un total de 94 quejas mensuales a 58 quejas mensuales, mejorando la imagen de la empresa y salvaguardando su participación en el mercado.

Aporte: El proyecto nos sirve para realizar una correcta implementación de la metodología, ya que nos anticipa a dar solución a los problemas de atención al cliente, debido a que se emplean diversas herramientas que facilitan su correcta aplicación. Del mismo modo, nos sugiere que para la

implementación de la metodología se debe tener en cuenta el presupuesto destinado para dicho proyecto, con el propósito de no incurrir en costos excesivos. El estudio de esta investigación complementa el desarrollo de nuestro proyecto debido a que representa a la tercera parte de las operaciones de Costa Gas.

(HERNÁNDEZ, 2018). *Aplicación del Lean Manufacturing para reducir los costos en el área de producción de la empresa Dual Corporación de Servicios Generales* [Tesis para obtener el Título de Ingeniero Industrial]. Repositorio de la Universidad Nacional de Trujillo – Trujillo.

Objetivo principal: Determinar el efecto de la aplicación de Lean Manufacturing en los costos del área de producción de la empresa Dual Corporación de Servicios Generales.

Problemática: La empresa Dual Corporación de Servicios Generales S.A. presenta un grave problema en el área de producción, ya que se detecta un elevado incremento de los costos en dicha área, producto de la ausencia de una adecuada organización en el área de trabajo, además de la falta de procesos estandarizados y de un estudio de tiempos en dicha área, así como una base de datos con sus registros correspondientes.

Técnicas y procedimientos: Las técnicas y herramientas empleadas corresponden a la revisión bibliográfica, la observación y la investigación de campo. Se emplearon también, los procedimientos establecidos en la metodología Lean Manufacturing.

Resultados: La implementación de la metodología permitió incrementar la productividad de la empresa, optimizando el área de producción y logrando reducir el costo de los inventarios en 43.02%, los tiempos de fabricación en 11% y un aumento de la capacidad de producción en 26%. En general, las herramientas de la metodología generaron un impacto positivo en la empresa, causando un mayor impacto en los procesos de fabricación, logrando disminuir los costos y tiempos de producción en un 10% y 11% respectivamente.

Aporte: La metodología en aplicación es parte de nuestro estudio, por ello analizamos el uso de las herramientas que se enfocan en la realidad de

la empresa. El empleo de Lean Manufacturing en el proyecto, nos permite profundizar en los conocimientos relacionados al desarrollo y aplicación de una parte de nuestra metodología que aplicaremos a la empresa Costagtas, debido que mantiene una variable común presente en nuestro estudio.

(CUEVA, 2016). *Propuesta de un plan basado en Lean Six Sigma para mejorar la eficiencia del área de logística de la empresa minera La Arena S.A. – Año 2016* [Tesis para obtener el título de Licenciado en Administración]. Repositorio de la Universidad Nacional de Trujillo – Trujillo.

Objetivo principal: Propuesta de un plan basado en Lean Six Sigma para mejorar la eficiencia del área de logística de la empresa minera La Arena S.A. – Año 2016

Problemática: La empresa minera La Arena es deficiente en cuanto al requerimiento y abastecimiento de sus pedidos ya que no cuenta con una programación de compras debido a que los usuarios no identifican con claridad los procesos, recurriendo a la improvisación y generando desconformidades con los trabajadores ya que no se cumplieron con sus exigencias. Además, no se cuenta con un plan de transporte bien definido de los productos requeridos, ocasionando retrasos de entrega.

Técnicas y procedimientos: Para la obtención de información de fuentes primarias se usó una encuesta, así como distintas bibliografías y linkografías. Los procedimientos que se emplearon corresponden a la metodología, los cuales permitieron identificar los puntos claves que generan el problema dentro de la gestión Logística.

Resultados: Luego del estudio previo, se determinó que la minera La Arena no cuenta con un sistema logístico eficiente, por ende, no se cumplen los requerimientos del personal, generando un descontento hacia la empresa y ocasionando problemas en su productividad. También, recalcamos que el resultado de la encuesta aplicada a los trabajadores nos advierte sobre la falta de un programa logístico, confirmando las deficiencias en dicha área.

Aporte: El proyecto nos sirve para identificar las etapas claves en los procesos de transporte, permitiéndonos conocer la realidad anterior y posterior a la aplicación de la metodología; el desarrollo de cada apartado nos permite tomar decisiones que permitan salvaguardar la integridad de nuestros trabajadores, es así que enmarcamos nuestro proyecto en casos previamente analizados para seleccionar y estudiar los procesos claves y los que aún tienen deficiencias, para nosotros poder proponer medidas que enriquezcan cada propuesta de solución.

2.2. Marco teórico

Según (Harrington, 1991) en el libro “Business Process Improvement”, nos brinda un concepto más acertado del significado de un “proceso” dentro de una industria, entendiéndose que es cualquier actividad que acepta insumos (Input), les agrega valor y genera resultados (Output) para los clientes internos o externos, utilizando así los recursos de la organización para producir resultados específicos. Del mismo modo nos expone que desde el punto de vista empresarial, los procesos de producción pueden ser: gerenciales, organizacionales y de negocios.

Luego de realizar un análisis concreto, determinamos que se ajusta al tipo de “Proceso de Negocios”, por integrar actividades que generan valor hacia sus clientes, una vez identificado el tipo de proceso al que pertenece la empresa se pretende implementar y dar seguimiento a la metodología Lean Six Sigma en la empresa Costagas S.A.C.

2.2.1. Metodología Six Sigma

Según (Pérez Bergher, 2016), es una metodología que contribuye a mejorar los procesos, con el objetivo de reducir la variabilidad e indicar los defectos para luego eliminarlos y así satisfacer las necesidades de los clientes.

2.2.2. Origen

La metodología Six Sigma fue desarrollada en los años 80 por Motorola, donde se originó el nombre debido al objetivo de la empresa por alcanzar seis desviaciones estándar en su proceso de fabricación. Bill Smith, ingeniero de Motorola hace un análisis en miles de procesos y fabricación, mostrando estadísticamente que hay seis desviaciones de las expectativas del cliente por cada millón de piezas fabricadas en el producto fuera de línea.

Aporte de la metodología

Según (Edward, 1987) los resultados obtenidos en Motorola, hoy en día se traducen en un aumento de la productividad anual de 12,3%; reducción de costos de mala calidad en más del 84%; eliminación de defectos en el proceso en 99,7%; ahorro en más de 11 billones de dólares estadounidenses en costos de fabricación y un crecimiento anual de 17% compuesto sobre las ganancias, ingresos y valor de las acciones. Además, en la empresa Ford Motor Company se obtuvieron notables resultados tales como la mejora de la calidad, incremento del índice de satisfacción del cliente, reducción de impacto ambiental y la reducción significativa de sus costos (Ver Figura 8-Anexo).

2.2.3. Enfoque del Six Sigma

Se debe conocer el término de la capacidad en un proceso (perspectiva de la calidad). En este contexto, las causas fundamentales de los cambios se pueden dividir en dos categorías: cambios inherentes en el proceso o cambios debido a causas comunes en el sistema.

Nos referimos a un *cambio por causas* comunes en el sistema, cuando el cambio es causado por un motivo especial, por lo que el proceso está fuera de control o es inestable y su comportamiento es impredecible, por otro lado, hablamos de un *cambio inherente en el proceso*, cuando este es ocasionado por una causa común o es inherente.

El proceso está bajo control, cuando cumplen los límites indicados: límite de control superior (LCS) y límite de control inferior (LCI) (Ver Figura 9-Anexo); sin embargo, durante un proceso pueden existir valores que superan estas especificaciones (Cariño Garay, 2002).

La capacidad del proceso se determina por el grado de aptitud, es decir si este es capaz de satisfacer las especificaciones que generalmente se establecen con el cliente. Al tomar características o valores de un proceso, se asume que el comportamiento corresponde a una distribución normal (Ver Figura 10-Anexo).

Función de la distribución:

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} e^{-\left(\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}\right)}$$

En donde μ es la media y σ es la desviación estándar

Capacidad del proceso

La tabla nos indica la evaluación mixta del índice Cp (Ver Tabla 1-Anexo).

✓ *Índice de capacidad potencial del proceso (Cp)*

Evalúa si el proceso es capaz de cumplir con los requisitos del cliente.

$$Cp = \frac{ES - EI}{6\sigma}$$

σ =Desviación estándar del proceso;

Se espera que el índice Cp del proceso sea mayor a 1, por el contrario, si es menor que 1, existe evidencia suficiente de que el proceso no cumplirá con la especificación

✓ *Índice de capacidad real del proceso (Cpk)*

Evaluar las capacidades de procesos no centrados, para ellos se utilizan dos indicadores complementarios: Cpi y Cps. Estos evaluarán el proceso de acuerdo con cada límite del proceso.

Cpi: Mide la capacidad del proceso para cumplir con especificaciones inferiores.

$$Cpi = \frac{u - EI}{3\sigma}$$

Cps: Mide la capacidad del proceso para cumplir con especificaciones superiores

$$Cps = \frac{ES - u}{3\sigma}$$

Para expresar la capacidad global del proceso, se considera un caso menos favorable: el menor valor entre Cpi y Cps.

$$Cpk = \min(Cpi; Cps),$$

considerando las siguientes especificaciones:

- Cp, siempre positivo
- Si el proceso está centrado Cpk = Cp
- Cpk puede ser positivo, cero o negativo
- Si Cpk es cero, el 50% del producto está fuera de especificación
- Si Cpk es negativo, más del 50% del producto está fuera de especificación

CP/PCK: No se evidencia, si la distribución de la característica en calidad está centrada con respecto a las especificaciones o no.

✓ *Índice de centrado del proceso (K)*

Mide la diferencia entre su media y el valor objetivo (nominal).

$$K = \frac{u - N}{\frac{1}{2}(ES - EI)} * 100\%$$

Para obtener productos y servicios de alta calidad, se requiere un control de los procesos, garantizando resultados confiables. La capacidad de medir nuestros procesos será uno de los pilares de nuestra propuesta, de tal manera que el concepto de mejora continua y la gestión logística.

Métricas de Six Sigma

Six Sigma (6σ):

Seis sigmas (6σ), es decir seis veces la distribución estándar, afirma que: $u \pm 3 \sigma$ se encuentra en el 99.73% de los valores de una variable de distribución normal.

Para definir el nivel de Sigma de una empresa, se aplica una medida de desempeño denominada, Defectos por Millón de Oportunidades (DPMO), la cual se puede utilizar como punto de referencia para la comparación de calidad y defectos. Las empresas que implementan la metodología Six Sigma buscan diseñar procesos para lograr una aceptación del 99,99% o a un nivel de 3,4 defectos por millón de oportunidades (Ver Tabla 2-Anexo), para garantizar que se satisfagan las necesidades del cliente y se reduzcan los costes operativos.

Unidad (U): Es un lote de artículos fabricados o procesados que necesitan someterse en auditorías de calidad.

Defecto(D): Cualquier evento que no cumpla la especificación de una CTQ (la cual es definida por el cliente).

Defectuoso: Unidad producida que tiene uno o más defectos.

Defectos por unidad (DPU): Es la cantidad de defectos en un producto y se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$DPU = \frac{D}{U}$$

Oportunidad de defectos (O): Es cualquier atributo o especificación que pueda apreciarse o medirse y que ofrece una oportunidad de no satisfacer un requisito del cliente (CTQ).

Defectos por oportunidad (DPO):

$$DPO = \frac{D}{U * O}$$

Defectos por millón de oportunidades (DPMO's): Es el número de defectos encontrados en un lote de inspección, afectado por el número de oportunidades para ofrecer un defecto, en un millón de unidades.

$$DPMO'S = \frac{D}{U * O} * 1000000$$

La variación a lo largo del tiempo está centrada en el proceso, provocando que la medida de distribución tenga un desplazamiento de $\pm 1,5\sigma$ (Ver Figura 11-Anexo).

Pasos para gráficas p con n variables

- ✓ Se procede con la recolección de datos.
- ✓ Se desarrolla el cálculo de la proporción con defectos de cada subgrupo.

$$p_i = \frac{D_i}{n_i}$$

- ✓ Se determina el promedio de la proporción defectuosa.

$$p = \frac{\sum D_i}{\sum n_i}$$

- ✓ Posteriormente se determina el LCS y LCI para cada subgrupo.

$$LC = p \pm 3 \sqrt{\frac{p * (1 - p)}{n}}$$

- ✓ Finalmente se elabora la gráfica, la interpretación y el análisis de datos, en donde se emplean los límites de control superior e inferior, además del promedio de defectos en proporción.

2.2.4. Objetivos del Six Sigma

Está basada en reducir desviaciones y mejorar el desempeño tanto de los procesos y los productos de la organización, orientado a identificar, medir y minimizar los errores, defectos y retrasos que afectan directamente a los costos y la satisfacción del cliente. Además, permite eliminar actividades que no generan valor, maximizar la calidad y aumentar la rentabilidad de la organización. (S. Pande, P. Neuman, & R. Cavanagh, 2004).

- ✓ Mejora la satisfacción del cliente
- ✓ Reducir el tiempo de ciclo
- ✓ Reducir los defectos

2.2.5. Principios del Six Sigma

- a. Liderazgo comprometido de arriba hacia abajo
- b. Apoyada en una estructura directiva
- c. Entrenamiento

Cada actor del Proyecto Six Sigma requiere una formación especializada y algunos de ellos deben recibir una formación exhaustiva, que se denomina curriculum en black belt. Para desarrollar una estructura adecuada se debe tener en cuenta la estructura del cuadro de mando (Ver Figura 12-13 Anexo).

- d. Orientada al cliente y enfocada a los procesos

La metodología tiene como objetivo principal, garantizar que todos los procesos cumplan con los requisitos del cliente y que los niveles de calidad y rendimiento cumplan con un estándar.

e. Direccionada con data

f. Apoyada en una metodología robusta

2.2.6. Fases de Six Sigma

Tiene las siguientes fases: Definir, Medir, Analizar, Mejorar, Controlar y Entregar (DMAMC) (Ver Figura 14 y 15 -Anexo). Así mismo, se emplean una serie de herramientas a fin de dar una respuesta iterativa para cada etapa (Ver Figura 16-Anexo).

a. Definir

Se define los objetivos del proyecto, mediante una planeación que involucre las expectativas y necesidades de los clientes, la identificación del proceso y sus interrelaciones, así como las variables críticas; algunas de sus herramientas son:

- ✓ Diagramas de flujo
- ✓ Encuestas
- ✓ Tormenta de ideas

b. Medir

Es la etapa que nos permite identificar los procesos internos que influyen en las características de calidad, las cuales se encuentran definidas por los clientes. Todo este previo análisis permitirá medir los defectos generados y mostrar las principales variables: características del producto, mano de obra, tiempo del ciclo y materiales. Algunas de sus herramientas son:

- ✓ Diagrama de Pareto
- ✓ Cálculo del nivel Sigma
- ✓ Histograma
- ✓ Rendimiento de un proceso

c. Analizar

Es la etapa más importante de la metodología, debido a la aplicación de las herramientas estadísticas que se van ajustando a la realidad. El principal aporte de esta fase es la eliminación de la brecha entre el desempeño actual y el objetivo deseado, con el propósito de entender porque se generan los defectos. Algunas de sus herramientas son:

- ✓ Diagrama de Ishikawa
- ✓ Capacidad del proceso: Según (Bothe, D., 2010) en su libro “Measuring Process Capability: Techniques and Calculations for Quality and Manufacturing Engineers” define capacidad de procesos como la habilidad de cumplir y medir, qué parte se ajusta a las expectativas del cliente. (Ver Figura 17-Anexo).

d. Mejorar

El propósito es identificar las variables que se pueden controlar y gestionar como resultado de nuestro proceso de calidad. Una vez señalada la variable, es posible asegurar la medición del cambio y ajustar el margen para permanecer dentro del rango permitido. Algunas de las herramientas:

- ✓ Diseño de Experimentos
- ✓ Tabla Anova: Según (Greyna , F. & Hytinen, A., 2007), La prueba la hipótesis de que las medias de dos o más

poblaciones son iguales. La hipótesis nula establece que todas las medias de la población son iguales mientras que la hipótesis alternativa establece que al menos una es diferente (Ver Figura 18-Anexo).

- ✓ Experimento Factorial: Según (Minitab, 2019), el diseño contiene dos o más factores, cada uno de los cuales tiene un valor o nivel diferente (Ver Figura 19-Anexo).
- ✓ Análisis de Interrelaciones

e. Controlar.

Esta fase permite asegurar el proceso modificado, lo que permitirá que las variables estén dentro del rango aceptable de variación, para ello se utilizan herramientas de calidad con base en los resultados obtenidos y las herramientas utilizadas, para identificar las razones que afectan y permitir soluciones apropiadas.

- ✓ Gráficos de Control Univariados
- ✓ Gráficos de Control Multivariado

2.2.7. Beneficios

- ✓ Mejora de la lealtad del cliente (PEX, 2013).
- ✓ Gestión del tiempo, Comunidad IEBS (2013).
- ✓ Reducción del ciclo del tiempo (PEX, 2013).
- ✓ Motivación del empleado, Comunidad IEBS (2013).
- ✓ Planificación estratégica, (PEX, 2013).
- ✓ Gestión de la cadena de suministros, Comunidad IEBS (2013).

2.2.8. Lean Manufacturing

Según (Gonzales, 2007), la metodología Lean Manufacturing, también conocida como Manufactura Esbelta o Producción Ajustada, es un modelo de gestión enfocada a la eliminación de desperdicios o despilfarros empleando la mínima cantidad de recursos disponibles y mediante la aplicación de sus herramientas, permite un incremento de la calidad, disminución de tiempos de producción y la reducción de costos de producción.

Habitualmente, las tareas que contribuyen a incrementar el valor del producto no superan el 1% de todo el proceso productivo y el 99% restante de las operaciones no tienen valor agregado y por lo tanto constituyen desperdicio. (Ver Figura 20-Anexo).

2.2.9. Origen

La filosofía Lean Manufacturing fue propuesta por la industria automotriz japonesa "Toyota", bajo el desafío de reconstruir la economía después de la Segunda Guerra Mundial, dichas industrias pensaban que para competir con los gigantes automotrices estadounidenses Ford, General Motors y Chrysler, se debería trabajar de manera más inteligente.

Toyota personalizó la máquina de acuerdo con las necesidades reales e introdujo medidas a prueba de errores para garantizar la calidad y adoptó un sistema de proceso de reemplazo rápido para producir una pequeña cantidad de piezas.

El término Lean se utilizó por primera vez en el libro "La máquina que cambió el mundo" de Womack Roos (1990), donde Lean es el desarrollo de TPS. Posteriormente Jones &

Womack (1996) en el "Lean Thinking", describen cinco principios lean:

- ✓ Identificar la cadena de valor de cada producto.
- ✓ Mapear la cadena de valor.
- ✓ Hacer fluir el producto de forma continua a través del proceso.
- ✓ Introducir un concepto de flujo continuo de producción sin cuellos de botella, sistema pull, entre todos los procesos en los que es posible un flujo continuo.
- ✓ Gestionar hacia la perfección de manera que el número de pasos, el tiempo de producción invertido y la información necesaria para servir al cliente caiga continuamente.

Según (Rajadell & Sánchez García, 2010), la racionalización del flujo de trabajo significa el principio de "fábrica mínima", que aboga por la reducción de inventarios, materiales, equipos y se complementa con el principio de "fábrica flexible" basado en la asignación de operaciones de fabricación. Se utiliza para flujo continuo y respuesta rápida a la demanda.

2.2.10. Objetivo

En el libro titulado "Lean Manufacturing Evidencia de una Necesidad" de (Rajadell & Sánchez García, 2010), el lean Manufacturing tiende a eliminar el desperdicio mediante el uso de una serie de herramientas desarrolladas principalmente en Japón.

Los pilares de este enfoque son: el concepto de mejora continua, control de calidad total, eliminación de desperdicios, aprovechamiento de todo el potencial en la cadena de valor y participación del operador (Ver Figura 21-Anexo).

Implementar Lean Manufacturing en una fábrica requiere conocimiento, herramientas y tecnología para lograr tres objetivos:

- ✓ Rentabilidad
- ✓ Competitividad
- ✓ Satisfacción de todos los clientes

2.2.11. Enfoque de la Metodología

a) Enfoque práctico:

Se enfoca en el análisis del entorno, debido a su interés de explicar lo siguiente: dos empresas tienen diferentes características sociales o culturales en sus respectivos países / regiones, difícilmente tendrán la misma o muy similar organización y gestión de producción.

En un entorno empresarial se pueden agrupar otras características diferentes según áreas funcionales y se selecciona la gestión convencional, comercial y de producción. (Ver Tabla 3-Anexo).

b) Enfoque Alternativo

Según (Giralt, 2019), “Lean Manufacturing es utilizar los recursos necesarios y el tiempo mínimo para hacer justo lo que se requiere en el tiempo establecido”. Este modelo nos proporciona 3 aspectos de óptica sistémica:

- ✓ Los principios se definen como las hipótesis del modelo en estudio.

- ✓ La metodología se define como el método de trabajo, es decir los procedimientos que incluyen cada aspecto.
- ✓ Las herramientas en conjunto forman un modelo sistémico, que contribuyen con el objetivo final del modelo.

Toyota define lean como un conjunto de sistemas integrados entre sí para eliminar por completo el desperdicio, que conduce a la creación de métodos más efectivos para perseguir incansablemente MUDA.

2.2.12. Pilares

- ✓ Primer pilar (Kaizen): Es un proceso de mejora continua que implica realizar cambios que generen un impacto positivo, en el área financiera, la cultura de la empresa y buscando mejores prácticas de manera continua.
- ✓ Segundo pilar (Control total de la calidad): Una empresa que mantiene un enfoque de control total de la calidad, busca cumplir con los requerimientos del cliente para que se logre su satisfacción.
- ✓ Tercer pilar: “Just in time”: Sistema de producción creado con el propósito de maximizar ingresos y reducir costos a través de la eliminación de despilfarros.

De acuerdo con (Jones, D. & Woman, J., 2019) “En el Instituto de Tecnología de Massachusetts (MIT) hicieron estudios sobre la industria automotriz con el fin de establecer una cultura de calidad desde las herramientas y el desarrollo de empresas sanas y ágiles eliminando todo tipo de desperdicio. El estudio se realizó para comparar las mejores prácticas de trabajo en

los Estados Unidos, Japón y otros países para comprender las diferencias, similitudes y, especialmente, los factores de éxito y fracaso de las empresas que desean implementarlas”.

Se infiere que Lean Manufacturing puede definirse como: “proceso continuo y sistemático de identificación y eliminación de los ocho tipos de desperdicios (Ver Figura 22-Anexo).

a) Despilfarro por sobreproducción

Es el resultado de fabricar más de lo requerido, invertir o diseñar equipos con mayor capacidad de la necesaria, considerado como un desperdicio fatal (Ver Figura 23-Anexo).

b) Despilfarro por “Tiempo de espera” o “Tiempo vacío”

Los procesos asignados pueden provocar la saturación y pare en los operarios, causando que los clientes difieran de un pago por el tiempo que pierden en el proceso de fabricación, por lo que es necesario estudiar cómo aprovechar este tiempo o cómo eliminarlo (Ver Figura 24-Anexo).

c) Despilfarro por Transporte y Movimientos Innecesarios

El resultado de un manejo o movimiento de material innecesario, que puede ser causado por un diseño de distribución inadecuado (Ver Figura 25-Anexo).

d) Despilfarro por sobre proceso

Es el resultado de asignar más valor agregado al producto y no a las expectativas del cliente, realizando procesos inútiles tales como: verificación adicional, aplicación innecesaria de pintura, algunos trabajos de limpieza y así sucesivamente. (Ver Figura 26-Anexo).

e) Despilfarro por no utilización del talento de las personas

Se considera uno de los peores desperdicios que se pueden encontrar, debido a que las consecuencias o efectos no son fáciles de observar, ya que se presentan en graves situaciones donde se va perdiendo calidad y los clientes son quienes lo van notando.

f) Despilfarros por exceso de inventario

Consiste en contar con un exceso de insumos o existencias para satisfacer las necesidades más próximas, indicando sobre la discontinuidad del proceso y un stock innecesario debido a la acumulación de las existencias antes, durante y después del proceso (Ver Figura 27-Anexo).

g) Desperdicio por defectos

Causado por errores, se considera aceptable en el mundo de hoy, sin embargo, esto supone una enorme pérdida de productividad porque incluye trabajo adicional que debe realizarse por no realizar el proceso de producción correctamente la primera vez. (Ver Tabla 4-Anexo).

2.2.13. Herramienta Value Stream Mapping (VSM)

La aplicación de esta técnica llamada Value Stream Mapping (VSM) nos permite una comprensión profunda de los procesos que se desarrollan dentro de la organización. Esta tarea no es necesariamente una actividad separada, porque involucra a todos los miembros partícipes en el proyecto de implementación del sistema (Ver Figura 28-Anexo).

a) Objetivo de la técnica VSM:

Identificar de manera amplia las actividades que no agregan valor al proceso y del mismo modo conocer el tiempo asociado a cada una de estas actividades (Ver Figura 29-Anexo).

b) Metodología del VSM:

- ✓ Seleccionar una familia de productos.
- ✓ Realizar el mapa de la situación actual.
- ✓ Plantear ideas de mejora.
- ✓ Realizar el mapa de la situación futura.
- ✓ Identificar los bucles pull en el mapa de situación futura.
- ✓ Confeccionar un plan de mejora de la corriente de valor.

2.2.14. Herramientas de Lean Manufacturing:

La mejor manera de obtener una visión simplificada, ordenada y coherente de las herramientas más importantes es dividir las en categorías según su aplicación.

a) Herramienta 5'S:

Hace referencia a Seiri, seiton, seiso, seiketsu y shitsuke que significan eliminar, ordenar, inspeccionar, estandarizar y la creación del hábito.

b) Herramientas SMED:

La metodología se fundamenta en una filosofía de eliminar los desperdicios, según (Pensa, 2021) afirma que, "Es un conjunto de técnicas que permiten realizar el cambio de modelo en una línea de producción, con el fin de reducir tiempos en el cambio de herramienta".

Según (Paredes, 2019), los objetivos de la herramienta son:

- ✓ Eliminar el tiempo externo, logrando una planificación adecuada, es decir no dejar nada al azar.
- ✓ Investigar los métodos de trabajo y tiempos
- ✓ Eliminar los ajustes, que deben ser sustituidos por la siguiente frase, "no hay fallos", esto permite recrear operaciones con el fin de agregar valor a cada proceso realizado.

c) Estandarización:

Es un proceso en donde una serie o conjunto de procesos, se ajustan a un estándar establecido con el propósito de adaptar un proceso determinado a uno que fue establecido como ejemplo o referencia.

d) Mantenimiento Productivo Total (TPM):

El TPM surge alrededor de 1960 en Japón, dicha herramienta fue creada en base a las 5'S y reforzada con 8 pilares que sirven de apoyo. El mantenimiento productivo total es un programa desarrollado con el propósito de generar un nuevo concepto para el mantenimiento de plantas y equipos industriales, la cual permite aumentar la cantidad de producción y generar una mayor motivación y satisfacción en los colaboradores.

e) Jidoka:

Técnica basada en la incorporación de sistemas y dispositivos que otorgan a las máquinas la capacidad de detectar errores. La calidad total es satisfacer plenamente las necesidades de los clientes, empleados internos y externos con un costo mínimo. (Ver Figura 30-Anexo).

f) Técnicas de calidad

Son un conjunto de herramientas que fueron agrupadas por Ishikawa y se encuentran difundidas como una forma de optimizar los procesos en la empresa, razón por la cual, hoy en día resultan de utilidad en sistemas de gestión para mejorar los procesos y servicios.

g) Sistemas de Participación del Personal (SPP):

Orienta eficazmente a la supervisión y mejora del sistema lean, con tecnologías asociadas al éxito de la tecnología JIT en la industria automotriz, además dependen del tipo de producto y del tipo de sistema de producción.

h) Heijunka

Conjunto de técnicas que sirven para planificar y nivelar la demanda de clientes en volumen y variedad, durante un periodo de tiempo y que permiten la evolución en la producción de flujo continuo es decir pieza a pieza.

i) Kanban

Según (IPEA, 2017), “Se define como una herramienta que permite ajustar los flujos de producción entre proveedores, procesos y clientes. Esto nos ayuda a proveer flujos y recursos necesarios para el proceso, el medio por el cual efectuamos el reconocimiento en las señales de alerta, esto permitirá que cada proceso produzca lo necesario tomando materiales de fase anterior”. El plan de acción debe ser considerado a largo plazo para lograr un cambio cultural y pasar a formar parte de la tecnología propia de la empresa (Ver Figura 31-Anexo).

2.2.15. Lean Six Sigma

Según (Luis C. & Reato C., 2019) estima que entre el 7% y el 10% de las empresas que emprenden este viaje y adoptan un sistema Lean Six Sigma, pueden lograr sus objetivos y lograr resultados sostenidos a largo plazo, para ello se debe tener en cuenta una visión clara con estrategias didácticas, dinámicas y de acceso para todo el personal, así obtendremos los resultados deseados (Socconini & Reato, Lean Six Sigma Sistema de Gestión para Liderar Empresas, 2019, pág. 13)

De acuerdo con (Socconini & Reato, Lean Six Sigma Sistema de Gestión para Liderar Empresas, 2019, pág. 17), En el

pasado, cuando una empresa quería mejorar su balance, se limitaba a subir los precios para obtener mayores ganancias, es decir si el cliente acepta la oferta, la operación es exitosa, y durante mucho tiempo se ha considerado la forma más adecuada de aumentar las ganancias o reducir las pérdidas en un momento dado.

2.2.16. Origen

Las dos corrientes nacieron con veinte años de diferencia: en 1960, las fábricas japonesas adoptaron TPS (Toyota Production System) como la primera aplicación estandarizada para la fabricación ajustada a gran escala. En 1980, los ingenieros de Motorola comenzaron a utilizar el método "Six Sigma" y apareció por primera vez la métrica "Six Sigma".

La combinación de las dos perspectivas se convirtió en un punto brillante a principios de este siglo, cuando un grupo de consultores estadounidenses del Grupo George comenzó a optimizar los procesos de las grandes empresas globales.

2.2.17. Objetivo

Lean Six Sigma es una metodología cuyo propósito es mejorar el proceso para incrementar su rentabilidad y productividad.

2.2.18. Fundamentos de la metodología

La implementación se da desde el sistema de producción Toyota, en donde se logra identificar la base de la metodología (Ver Figura 32-Anexo).

- ✓ Filosofía
- ✓ Proceso
- ✓ Público y Colaboradores
- ✓ Resolución del problema

2.2.19. Sinergia entre metodologías

Las metodologías Lean y Six Sigma presentan una relación conjunta que conllevan a un fin de estrategias en común, logrando un enfoque en el sistema de producción y el cliente respectivamente (Ver Tabla 5,6 y 7-Anexo) y (Ver Figura 33-Anexo).

2.2.20. Herramientas

a) 5 Porque's

Según (Michalski, 2014), indica que es una herramienta para la resolución de problemas del sistema. (Ver Figura 34-Anexo).

b) Benchmarking

Según (Fernández, 2019), es el proceso de recopilar información y obtener nuevas ideas comparando todos los aspectos de la empresa con los líderes o competidores más fuertes del mercado (Ver Figura 35-Anexo).

c) Gestión de proyectos

La preparación y evaluación de proyectos se ha convertido en una herramienta prioritaria entre las entidades económicas que participan en la asignación de recursos

para implementar planes de inversión en cualquier etapa (Ver Figura 36-37 Anexo). (Sapag Chain & Sapag Chain, Preparación y Evaluación de Proyectos, 2008, pág. 5).

- a) GSP (grupo de solución de problemas) y CCC (círculos de control de calidad):

La herramienta del GSP, resulta de gran utilidad dentro de una metodología de mejora continua, siendo muy efectiva para la rápida identificación de las causas de un problema.

- b) MASP – método de análisis y solución de problemas:

Es una herramienta de mejora continua que permite la identificación de los problemas y la elaboración de acciones que permitan corregir y prevenir dichos sucesos, a fin de eliminarlas o minimizarlas, identificando 8 etapas que la conforman:

- ✓ Identificación del Problema
- ✓ Análisis de las características del problema
- ✓ Análisis de las causas principales
- ✓ Diseño de un plan de acción
- ✓ Actuación y acción
- ✓ Verificación de las acciones tomadas
- ✓ Estandarización
- ✓ Conclusión

- c) Plan de acción anual:

Es una herramienta gerencial dirigida a la gestión, programación y control, en donde su elaboración se establece las metas a mediano y largo plazo.

d) QFD despliegue de la función de calidad:

Es una herramienta de gestión de la calidad que consiste en identificar las demandas y preferencias del cliente para seleccionar y priorizar los puntos más relevantes en función de su importancia a fin de implementar las acciones que permitan satisfacer dichas expectativas del cliente.

2.2.21. Procedimiento de aplicación

a) Implementación de lean Six Sigma

El siguiente modelo es muy útil para entender el desarrollo en la empresa y cómo diseñar, evaluar y mejorar a través del ciclo de adaptación y mejora. (Ver Figura 38-Anexo).

b) Modelo de transformación

El sistema se extiende a todas las áreas y niveles de la organización, que tiene un componente estratégico y táctico cuyas herramientas que se usan están descritas anteriormente. (Ver Figura 39-Anexo).

c) Implementación

Lean Six Sigma es una metodología que requiere de mucho compromiso a nivel sistémico, por ende, se debe atender a las principales limitaciones de esta para realizar una implementación adecuada, para ello se indica que se debe usar lo siguiente:

d) Programas de capacitación:

Es necesario que los profesionales que implementen esta metodología tengan una capacitación / certificación de los procesos de formación (Ver Figura 40-Anexo).

e) Herramientas estratégicas:

Una estrategia es un plan de alto nivel destinado a lograr un objetivo. Para que un proyecto sea exitoso es necesario contar con un plan estratégico lo más detallado posible y ejecutarlo de manera ordenada.

Despliegue estratégico

La planificación estratégica se basa en la creación de una propuesta de valor que involucra una variedad de actividades diferentes. (Ver Figura 41-Anexo).

f) Herramientas tácticas:

Son métodos empleados con el fin de obtener un objetivo. Luego del proceso de transformación el equipo debe utilizar las herramientas de gestión Lean Six Sigma de acuerdo con sus planes, condiciones reales y resultados de la evaluación de la implementación (Ver Figura 42-43-Anexo).

Beneficios:

La implementación establece beneficios mediables debido al gran número de herramientas de ingeniería que ésta comprende (Ver Figura 44-45 y 46 Anexo).

Caso de estudio:

Los beneficios que resulta la aplicación de lean Six sigma son innumerables, pero para este caso de estudio presentaremos los datos que se recopilaron de 82 empresas; dentro de estas se tiene a Boeing y General Motors:

- ✓ Reducción de los plazos de entrega en un 50 %.
- ✓ Reducción del inventario en un 49 %.
- ✓ Incremento de los beneficios netos en un 40 %.
- ✓ Mejora de las entregas a tiempo en un 44 %.
- ✓ Aumento de las ventas en un 63 %.

2.2.22. La productividad

Capacidad de producción

(Heizer, J. & Render, B., 2007), refiere a la cantidad máxima de bienes o servicios que una unidad de producción puede acomodar, recibir, almacenar o producir en un período de tiempo dado en condiciones normales de operación.

De acuerdo con (Garcia Gonzalez, Dominguez Machuca, Ruiz Jimenez, Alvarez Gil, & Dominguez Machuca, Dirección de Operaciones, 2003, pág. 158), La unidad de medida utilizada dependerá del tipo de configuración productiva de cada empresa, con procesos repetitivos estará expresada en unidades producidas por periodo de tiempo output, (coche/año o paciente/día) y unidades de entrada (horas/máquina/día u horas/persona/día).

a. Mejor Nivel De Operación

“Este es el nivel de capacidad para el que está diseñado el proceso, se refiere al volumen de producción en el que se minimiza el costo promedio por unidad. (B. Chase, Jacobs, & Aquilano, Administración de Operaciones, 2009, pág. 73).

b. Índice de utilización de la capacidad

“Muestra qué tan cerca está el punto de operación óptimo, expresado como un porcentaje y requiere que el numerador y el denominador se midan en unidades y períodos iguales (horas máquina/día, barriles de petróleo/día o dólares de producto/día)”. (B. Chase, Jacobs, & Aquilano, Administración de Operaciones, 2009, pág. 73).

$$\begin{aligned} & \textit{Índice de utilización de la capacidad} \\ & = \frac{\textit{capacidad utilizada}}{\textit{mejor nivel de operación}} \times 100 \end{aligned}$$

De acuerdo con Arias y Minguela (2018):

c. Capacidad proyectada o teórica

“Se refiere a la producción que una empresa puede lograr mediante el uso de todos los recursos dentro de un cierto período de tiempo en condiciones ideales”. (Arias Aranda & Minguela Rata, Dirección de la Producción y Operaciones, 2018, pág. 162).

d. Capacidad real o disponible

“Se refiere a la cantidad de producción realmente lograda teniendo en cuenta todas las ineficiencias que puedan ocurrir durante la jornada laboral”. (p.162)

✓ Evaluación de alternativas

“Se podrán utilizar criterios económico-financieros, que reflejarán la capacidad de considerar variables para facilitar las decisiones de inversión. Por otra parte, métodos como los diagramas de punto de equilibrio, el valor del capital (VAN) o la tasa interna de retorno (TIR) también son de gran utilidad, considerando los costos, ingresos y gastos en que incurren”. (Arias Aranda & Minguela Rata, Dirección de la Producción y Operaciones, 2018, pág. 171).

Productividad

“La productividad es la relación entre la producción de salida (bienes y servicios) y los factores de entrada de producción (recursos como mano de obra o capital). Aumentar la productividad significa aumentar la eficiencia, logrando de dos maneras: reduciendo los factores de producción manteniendo constante la producción o aumentando la producción manteniendo constantes los factores. Desde un punto de vista económico, ambos representan un aumento de la productividad”. (Heizer & Render, 2007, pág. 15).

$$Productividad = \frac{salidas}{entradas}$$

a. Tipos de productividad

Según Heizer y Render (2015), “Indican que hay tres formas de medir la productividad”:

Productividad unifactorial

“Indica el cociente entre los bienes y servicios producidos (outputs/producción) y un cierto recurso (input/factor productivo) utilizado en su producción”. (Heizer & Render, 2007, pág. 17).

$$Productividad = \frac{\textit{unidades producidas}}{\textit{cantidad de factor utilizado}}$$

Productividad multifactorial

“Supone una visión más amplia, que incluye dos o más factores productivos (por ejemplo y capital, o trabajo, material y energía)”. (Heizer & Render, 2007, pág. 17).

$$Productividad = \frac{\textit{producto (output)}}{\textit{trabajo + material + energia}}$$

Productividad total

“Se utiliza para describir la productividad de la organización entera o hasta de un país e incluye todos los factores que intervienen en el costo del producto”. (Heizer & Render, 2007, pág. 17).

$$Productividad = \frac{\textit{producto (output)}}{\textit{trabajo + material + energia + capital + varios}}$$

b. Variables de la productividad

Según Heizer y Barry (2015), “Los incrementos de la productividad depende de tres variables de productividad:

Trabajo, que aporta en torno al 10% del incremento anual, Capital, que aporta en torno al 38% del incremento anual y Gestión, que aporta en torno al 52% del incremento anual”.

Estos factores son indispensables para una mejora en la productividad. En las siguientes áreas se puede tomar acciones:

✓ Trabajo

Para Heizer y Barry (2015), “La mayor contribución del trabajo a la productividad es el resultado de una fuerza laboral más saludable, mejor capacitada y alimentada. Históricamente alrededor del 10 % del aumento anual de la productividad es atribuible a mejoras en la calidad del trabajo”. (Heizer & Render, 2007, pág. 19)

Los tres factores de oro, que ayudan a una efectiva mejora de la productividad laboral:

- Capacitación para desarrollar una fuerza de trabajo capaz de rendir al máximo.
- Desarrollo de la fuerza de trabajo.
- Acceso a infraestructura social adecuada para que haya mano de obra disponible.

✓ Capital

“En una batalla por mejorar la productividad, suele ser necesario, pero rara vez es un requisito suficiente. El crecimiento entre el capital y el trabajo es continuo, cuanto mayor sea el costo del capital o el riesgo percibido, más "restringidos" serán los proyectos que requieren financiamiento, y los administradores ajustan los planes de inversión en función de los cambios en el costo del capital y el riesgo”. (Heizer & Render, 2007, pág. 20).

✓ Gestión

“Factor de producción y recurso económico responsable de asegurar el uso eficiente de la mano de obra y el capital para aumentar la productividad, se considera que ayuda a más de la mitad del crecimiento anual de la productividad, incluidas las mejoras en conocimiento y tecnología”. (Heizer & Render, 2007, pág. 20).

2.3. Marco conceptual

Pronóstico de la demanda

“Consiste en predecir o proyectar una demanda futura en base a la demanda pasada y así alinear las capacidades de producción”. (N. Chapman, 2006)

Tiempo estándar

“Ajuste al tiempo normal total; el ajuste proporciona las holguras por necesidades personales, demoras inevitables del trabajo y fatiga”. (Heizer, J. & Render, B., 2007).

Lote económico

“Técnica que permite establecer pedidos teniendo en cuenta la estimación de la demanda, el costo de preparación o pedido y el costo de mantener el inventario a fin de mantener un inventario de seguridad que responda ante una variabilidad de la demanda”. (B. Chase, Jacobs, & Aquilano, Administración de Operaciones, 2009).

Capacidad de producción

“Monto de producción que un sistema es capaz de alcanzar en un periodo específico”. (B. Chase, Jacobs, & Aquilano, Administración de Operaciones, 2009).

El mejor nivel de operación

“Nivel de capacidad para el que se diseñó el proceso y por ende se refiere al volumen de producción en el cual se reduce al mínimo el costo promedio por unidad”. (B. Chase, Jacobs, & Aquilano, Administración de Operaciones, 2009).

Índice de utilización de la capacidad

“Mide cuánto se acerca la empresa a su mejor nivel de operación”. (B. Chase, Jacobs, & Aquilano, Administración de Operaciones, 2009).

Productividad

“Es el resultado de dividir las salidas (bienes y servicios) entre una o más entradas (tales como mano de obra, capital administración)”. (Heizer, J. & Render, B., 2007).

2.4. Sistema de hipótesis

2.4.1. Hipótesis

La aplicación de la metodología Lean Six Sigma mejorará la productividad en la línea de envasado de la empresa Costagas SAC.

2.4.2. Variables e indicadores

Variable Independiente: Lean Six Sigma

Variable Dependiente: Productividad

2.4.3. Operacionalización de Variables

VARIABLE	DEF. CONCEPTUAL	DEF. OPERACIONAL	DIMENSIÓN	INDICADOR
INDEPENDIENTE METODOLOGÍA LEAN SIX SIGMA	Según Alvarado F. (2018), "Lean Six Sigma es una metodología cuyo objetivo es la mejora de los procesos para incrementar la rentabilidad y productividad, reduciendo su variabilidad y generando el empleo de diferentes herramientas estadísticas, eliminando las características que impidan la adecuación de los requerimientos del cliente."	Permitirá eliminar la cantidad de balones defectuosos y eliminar los tiempos improductivos, con el fin de mejorar la productividad aplicando herramientas de ingeniería que obedecen a un orden según la fase correspondiente.	✓ Metodología VSM	✓ Registro de flujo de producción
				✓ Gráfico de resultados
				✓ Defectos/Und. Ref.
			✓ Evaluación de defectos DPU / DPMO	✓ UND. PROD. / H.
			✓ Indicadores de capacidad	✓ $NS=3*CPK=\min((LES - Prom.- Lei)/SIGMA),(PROM. - LEI)/SIGMA)$
			✓ Diagrama de Pareto	
			✓ Nivel Sigma	✓ $Pi=Di/ni, LC = p \pm 3 \sqrt{\frac{p*(1-p)}{n}}$
			✓ Diagrama de causa efecto	✓ DEF./PROD.
			✓ Gráficas de Control	
			✓ SMED	✓ Estado = check list * periodo de t.
✓ Estandarización	✓ Avance = N. und. Aten. * día			
✓ Kanban	✓ Nivel de cumplimiento			

✓ Gráficos de Control

✓ Picos fuera de L.C. por periodo

✓ Varianza y nivel de confianza

Nota. Descripción teórica, operacional, dimensión e indicador de la metodología propuesta.

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIÓN	INDICADOR
DEPENDIENTE PRODUCTIVIDAD	Según la OCEE, "Productividad es el cociente que se obtiene al dividir la producción por uno de los factores de producción. De esta forma es posible hablar de la productividad del capital, de la inversión o de la materia prima según si lo que se produjo se toma en cuenta respecto al capital, a la inversión o a la cantidad de materia prima".	Consiste en calcular el número de balones envasados y el total de horas-Hombre del periodo en estudio, para definirlo a través del cálculo de la razón producción/h-H.	Productividad	$= \frac{\textit{Producción obtenida}}{\textit{Cant. de factor utilizado}}$
			Productividad Individual	$= \frac{\textit{Producción obtenida}}{\textit{Hrs. H. empleadas}}$
			Productividad Parcial	$= \frac{\textit{Producción obtenida mensual}}{\textit{Recurso Empleado x mes}}$

Nota. Descripción teórica, operacional, dimensión e indicador de la metodología propuesta.

III. METODOLOGÍA EMPLEADA

3.1 Tipo y nivel de investigación

✓ Tipo de Investigación

Aplicada, porque buscamos mejorar un indicador de productividad a través de la aplicación de un conocimiento científico.

✓ Nivel de Investigación

Explicativa, porque luego de conocer la realidad problemática y determinar las causas de esta, proponemos una metodología para dar solución al problema.

3.2 Población y muestra de estudio

✓ Población

Todas las líneas de producción de Costagas S.A.C (balones de 10kg, balones de 45kg y sistema a granel)

✓ Muestra

Se utilizó el muestreo No Probabilístico por conveniencia y se obtuvo como muestra la Línea de producción de balones de 10kg y 45kg.

3.3 Diseño de investigación

Obedece a un diseño Cuasiexperimental debido a que el problema de esta investigación está basado en métodos cuantitativos, logrando establecer un diseño Cuasiexperimental a nivel explicativo, a través de técnicas de observación, entrevistas y encuestas, utilizando sus propias herramientas de recolección de datos, listas de ordenamiento y entrevistas.

Modelo gráfico

G.E: *Grupo experimental*

G.C: *Grupo de control*

0₁ y 0₃ *Pretest*

0₂, 0₄, y 0₆ *Post test*

X: *Manipulación de la variable independiente*

GE: 0₁	x	0₂
<hr/>		
GC: 0₃		0₄
<hr/>		
GE:	x	0₅
<hr/>		
GC:		0₆

Se debe tener en cuenta que, elegimos un estudio explicativo porque nuestra investigación se centró en la relación entre las variables y su cuantificación, en este caso la aplicación del método Lean Six Sigma en Costa gas.

3.4 Técnicas e instrumentos de investigación

Tabla 1

Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Técnica	Instrumento	Fuente	Ventajas
Observación de campo	Escala de estimación (análisis de datos)	Informante: investigador.	La realidad es el medio que se usa como contacto, es una forma directa y objetiva.
Análisis de contenido	Cuadro de registros (EffiWork, Google Analytics)	Fuentes: Primaria (entrevistas, cuestionario y la observación).	No depende de terceros

Recolección de Información	Hojas de registro de Microsoft Excel o Google	o Suceso de interés	u Facilita la recolección de los datos
Hojas de Cálculo	Microsoft Excel o Google	Bases de Datos	Permite efectuar cálculos de una manera rápida.

3.5 Procesamiento y análisis de datos

Tabla 2

Técnicas, herramientas y su proceso en la investigación

Técnicas y herramientas	Procesamiento	Análisis
Microsoft Excel	Bases de datos	Gráficos
Microsoft Word	Información	Informes
Bizagi	Información	Diagramas de flujos
AutoCAD	Áreas y Perímetros	Distribución de Planta
Encuestas	Información	Diagrama de Causas Efecto
Microsoft PowerPoint	Información	Gráficos e información
Minitab	Bases de datos	Herramientas Estadísticas

IV. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

4.1. Análisis e interpretación de resultados

Generalidades de la empresa

Costagas S.A.C. es una empresa del rubro de hidrocarburos, dedicada al envasado y distribución de gas doméstico e industrial, con RUC N° 20133577735 y es representada actualmente por Marco Vásquez Wong. Esta empresa inició sus operaciones en el año 1979, con el objetivo de brindar productos de alta calidad, resguardando la seguridad e integridad de sus colaboradores y clientes.

4.2. Ubicación

Se encuentra en el Km. 1-C carretera a Laredo La Libertad - Trujillo – Trujillo (Ver Figura 47-Anexo).

4.3. Organigrama

Se presenta la estructura jerárquica de la empresa Costagas S.A.C (Ver Figura 48 - Anexo).

4.4. Misión

Satisfacer a nuestros clientes de GLP brindando productos y servicios seguros, de calidad y responsables con la comunidad, gracias al compromiso de nuestro equipo humano.

Fuente. <http://www.costagas.com.pe>

4.5. Visión

Ser una empresa reconocida en el ámbito nacional por su alto nivel de competitividad y eficiencia, logrando ubicarse entre las 5 empresas líderes del sector.

Fuente. <http://www.costagas.com.pe>

4.6. Proceso productivo

El proceso del envasado de GLP se efectúa cuando los camiones cisterna inician la descarga hacia los tanques principales de la envasadora, teniendo en cuenta una rigurosa guía de seguridad con el fin de prevenir cualquier accidente. Luego de verificar los protocolos se realiza la descarga hasta llenar a un 85% de su capacidad y se deja el 15% como medida de seguridad según la (NFPA 58, 90 psi y 23°C) Según las condiciones del tamaño de la cisterna (Ver Figura 49 - Anexo). Los procesos se dividen de acuerdo con el tipo de distribución de gas:

- ✓ Distribución a granel
- ✓ Distribución por envasado
- ✓ Servicios

4.6.1 Distribución a granel

De acuerdo con Costagas S.A.C., su reporte del 2019/T2-2020/T1-2 es la principal forma de distribución que nos proporciona un 65% de las ventas totales. Su sector se enfoca en el segmento comercial o relacionado a la venta corporativa de GLP, donde el 55% del GLP-Granel es vendido a los principales grifos de la ciudad, el 25% a las diversas avícolas, el 15% a empresas industriales y el 5% a otras pequeñas empresas que usan este combustible para realizar sus operaciones (Ver Figura 50-Anexo).

4.6.2 Distribución por envasado

La siguiente forma de distribución es mediante los productos GLP envasado en dos tipos:

Los balones clásicos de 10 kg orientados para hogares y el producto de 45 kg destinado a las pequeñas empresas que requieren de un mayor consumo. Los balones clásicos de 10 kg representan el 50 % de las ventas de Costagas S.A.C. y los de 45 kg nos proporcionan un 10 %.

4.6.3 Servicio

Solo representan el 5% de las ventas totales, considerando los dos tipos de válvulas para el uso de balones; la clásica y la premium, además la empresa brinda instalación de tanques de almacenamiento fijos, mantenimiento de equipos relacionados con el negocio, gasoductos (avícola), etc.

Productos

Balones de 10kg y 45kg

Estos productos son envasados bajo ciertas normas de seguridad y calidad (Ver Figura 51-Anexo).

Reguladores

Se ofrecen dos tipos de reguladores los normales o válvulas Fisher y la válvula premium Costagas, la cual proporciona mayor seguridad en la reducción cualquier de fugas de gas.

Proceso productivo del envasado de gas

1. Etapas generales

Costagas S.A.C. opera bajo actividades de: recepción de la materia prima (GLP), almacenamiento, despacho a granel, envasado y distribución de sus principales productos de 10kg y 45kg, por último, la prestación de servicios (venta de válvulas) (Ver Figura 52 - Anexo).

2. Envasado de GLP

La investigación se enfoca en esta etapa, ya que representa nuestro objetivo de estudio en balones de 10kg y 45kg, para ello se tiene una composición de 6 procesos claves que la empresa realiza durante el proceso productivo.

a. Lavado de balones:

Inicio del proceso de la línea de envasado, donde el operario se encarga de una limpieza superficial quitando el polvo, residuos de pintura, óxido y zonas dañadas para luego dejarlo secar durante un tiempo designado por tipo de balón y por último enviarlo a la cabina de pintura.

b. Pintado y emblemado de balones:

El operador pinta los balones en la cabina de acuerdo con el color de la empresa, confirma que el cilindro esté en la correcta posición para que se prenda el compresor de aire y lo coloque en la silla giratoria de la cabina de pintura. Pasado cierto tiempo que dependerá del tipo de producto (balón de 10 y/o 45 kg), se procederá a apagar la máquina para completar el proceso con el sellado o etiquetado, para luego pasar al siguiente proceso (Ver Figura 53 - Anexo).

c. Tarado de balones

Luego que el operador recibe los balones pintados se procede a llevar a una balanza electrónica para comprobar el peso actual de cada balón y según su resultado se registra con una tiza en cada producto. Este proceso es considerado clave dentro del envasado de GLP, porque va a indicar que la cantidad correcta o incorrecta que al largo plazo se traduce en pérdidas monetarias (Ver Figura 54 - Anexo).

d. Envasado de balones

Una vez que el operador ha pesado los cilindros de gas (tara), se lleva a la balanza mecánica equipada con el software CUC, el cual debe ser colocado con el peso o tara del balón para luego colocar la pistola de llenado en el puerto y luego presionar el botón de llenado para comenzar con el proceso indicado.

Después de llenar los 10 kg, los operarios responsables realizan el procedimiento de cerrar la llave y desconectarla del puerto en el cilindro (Ver Figura 55 - Anexo).

e. Control de peso

Durante este proceso se verificará el peso del balón envasado y de la tara para comprobar con los detalles que el producto ofrece. Cabe resaltar que hay estándares establecidos por OSINERGMIN en los cilindros de 10kg, los cuales no se puede exceder el rango del 2.5% que muestra el peso antes del llenado, peso neto y peso total del cilindro (Ver Figura 56 - Anexo).

f. Inspección de fuga y precintado de balones

Ultimo proceso, los responsables realizan un procedimiento de inspección que consiste en colocar agua con jabón en la válvula para ver si existe fuga de gas, caso contrario el balón deberá ser trasegado. Por último, se coloca un precinto de seguridad de material PVC termo contraíble para sellarlo con aire caliente que permita adherir a la válvula del balón (Ver Figura 57 - Anexo).

3. Datos del proceso

Las etapas del envasado de GLP se encuentran divididas en 6 estaciones de trabajo (Ver Tabla 10-Anexo).

Estaciones de trabajo:

- ✓ PT=Producto Terminado
- ✓ MP=Materia Prima
- ✓ E1= Lavado de balones
- ✓ E2= Pintado de balones y emblemado
- ✓ E3= Tara de balones
- ✓ E4= Envasado de balones
- ✓ E5= Control de peso
- ✓ E6= Inspección de fuga y precintado

Asimismo, se tiene el tiempo del cuello de botella (fase de envasado) dentro del proceso en mención.

4. Diagrama de procesos

La siguiente figura nos muestra el diagrama de operaciones del envasado de GLP en los balones de 10kg y 45kg, para ello se tiene un total de 27 actividades que desarrollan a inicios de la investigación (Ver Figura 58 – 59 Anexo).

4.7. Resultado del objetivo específico 1: Determinar la productividad actual de mano de obra en la producción de balones envasados.

$$\text{Productividad} = \frac{\text{Producción}}{\text{Mano de obra}}$$

Cantidades producidas en el segundo semestre del año 2020, distribuidas de manera semanal y mensual (Ver Tabla 11-34 Anexo), agrupadas en una tabla resumen de producción semanal según la Tabla 35.

Tabla 3*Datos consolidados de producción julio – diciembre 2020*

<i>Mes</i>	<i>Producto</i>	<i>Unidad</i>	<i>Semana 1</i>	<i>Semana2</i>	<i>Semana 3</i>	<i>Semana 4</i>	<i>Total Mensual</i>
Julio	unidades	Balón (10 kg)	3955	3950	3952	3956	15813
	unidades	Balón (45 kg)	767	772	778	773	3090
Agosto	unidades	Balón (10 kg)	3963	3967	3954	3949	15833
	unidades	Balón (45 kg)	775	773	773	776	3097
Septiembre	unidades	Balón (10 kg)	3956	3967	3959	3956	15838
	unidades	Balón (45 kg)	771	777	773	775	3096
Octubre	unidades	Balón (10 kg)	3954	3959	3969	3960	15842
	unidades	Balón (45 kg)	777	772	774	773	3096
Noviembre	unidades	Balón (10 kg)	3963	3965	3956	3958	15842
	unidades	Balón (45 kg)	771	770	781	778	3100
Diciembre	unidades	Balón (10 kg)	3961	3964	3961	3953	15839
	unidades	Balón (45 kg)	774	781	777	775	3107

Nota. La producción mensual se concentra en los meses de octubre y noviembre correspondiente a balones de 10kg.

Tabla 4

Resumen de producción del periodo julio – diciembre 2020

Producto	Formato	Total del semestre
Balón (10 kg)	unidades	95,007
Balón (45 kg)	unidades	18,586

Nota. La producción está concentrada en balones de 10kg.

Seguidamente presentamos información sobre la mano de obra, según la Tabla 37.

Tabla 5

Horas diarias de producción

Producto	Hora	Total de horas x día de producción
Balón (10 kg)	6	8
Balón (45 kg)	2	

Nota. La mayor cantidad de horas se concentra en balones de 10kg.

Tabla 68

Cantidad de trabajadores asignados y tiempo promedio de envasado

Producto	Número de trabajadores	Tiempo de producción (minutos)
Balón (10 kg)	15	3.354
Balón (45 kg)		6.592

Nota. Información otorgada por el área de producción de la empresa Costagas S.A.C.

PRODUCTIVIDAD – MANO DE OBRA

El resultado del semestre de estudio se muestra en la Tabla 63, la cual se alimenta de las Tablas 39-62 Anexo.

Tabla 7

Productividad del semestre Julio – diciembre 2020

Producto	Productividad (balones / hora-Hombre)
Balones de 10kg (Unidades)	6.28
Balones de 45kg (Unidades)	3.68

Nota: La productividad de la Mano de obra es mayor en la producción en balones de 10 Kg en proporción de 1.71 con respecto a los balones de 45Kg.

4.8. Resultado del objetivo específico 2: Definir el despilfarro en el proceso de envasado de gas mediante el diagnóstico de Análisis de Alternativas basada en Opinión de Expertos.

Este objetivo se logró con la convocatoria de tres expertos en el área de producción, cuyas opiniones están asociadas a una escala de Likert la cual nos permitió cuantificar la valoración de las alternativas consideradas y encontrar el despilfarro del proceso de envasado, tal como se muestra en la Tabla 64 y Tabla 65.

Tabla 8

Detalles de expertos seleccionados

EXPERTO	CENTRO DE TRABAJO	ÁREA	CARGO	TIEMPO DE SERVICIO
1	Danper	Producción	Jefe de Turno	10 años
2	Solgas	Calidad	Jefe de Área	15 años
3	Costagas	Producción	Jefe de Planta	12 años

Nota: Los expertos fueron seleccionados en base al conocimiento y tiempo de experiencia sobre el tema de estudio.

Tabla 9*Análisis de alternativas basada en opinión de expertos*

CAUSAS	SOLUCIONES	CRITERIOS					TOTAL	
		Factor	Causa directa	Solución	Factible	Medible		Bajo costo
MANO DE OBRA	SOLUCIÓN							
Falta de supervisión	Contratar un supervisor para cada turno de producción.	3	3	2	3	3	2	16
Capacitación Deficiente	Implementación de programa de capacitación interno.	2	2	2	3	1	5	15
Desempeño subestándar	Desarrollar una metodología del control total de calidad, relacionada con una herramienta Lean Manufacturing.	4	5	5	4	3	2	23
Bajos niveles de disciplina	Dar seguimiento al RIT y seguir procedimientos	1	1	2	3	1	5	13
MAQUINARIA	SOLUCIÓN							

Equipos antiguos	Elaboración de un estudio económico para adquirir una nueva maquinaria	2	2	3	2	2	2	13
Equipos sin mantenimiento	Elaborar un programa de mantenimiento Preventivo y Correctivo	2	2	3	3	2	3	15
MATERIA PRIMA	SOLUCIÓN							
Alteración del producto	Mantener un control de calidad Total durante el flujo de proceso	3	3	3	3	2	2	16
Desabastecimiento de MP	Elaborar pedidos incluyendo un stock de seguridad.	3	2	2	3	3	2	15
PROCESO	SOLUCIÓN							
Reportes ausentes	Implementar y dar seguimiento a reportes digitales en app QMCLOUD	3	1	3	3	3	3	16
Ausencia de estudio de tiempos y movimientos	Implementar un estudio de tiempos y movimientos	2	3	3	3	3	4	18
METODO	SOLUCIÓN							

Métodos inadecuados	Implementar un estudio de métodos	2	3	3	2	3	4	17
Procesos sin estandarizar	Elaboración de estándares de cada etapa del proceso.	2	3	2	2	3	4	16
CLIENTES	SOLUCION							
Cambios de pedidos	Cerrar contratos sin opción de modificar orden de pedido.	3	2	2	3	3	4	17
Cancelación de pedidos	Mantener una política de pagos que cubran los costos por cancelación de pedido.	1	2	1	3	2	3	12

Nota: La escala de valoración empleada es del 1 al 5, en donde 1 representa el valor con menos beneficio y 5 el valor con más beneficio.

Luego de un consenso de los expertos se determinó la calificación de las categorías juntamente con sus causas bajo los factores determinados, tal como se muestra en la Tabla 65.

De acuerdo con los resultados del análisis de alternativas, se determinó que la principal causa es el desempeño subestándar considerándolo como el Despilfarro del proceso productivo de la empresa Costagas, por consiguiente, propusimos la aplicación la de herramienta Lean Six Sigma, la cual permitirá dar solución de manera efectiva al problema en mención.

4.9. Resultado del objetivo específico 3: Aplicar las etapas de la metodología Six Sigma en la empresa Costagas SAC.

Fases de la metodología Six Sigma:

FASE 1: Definir

La primera fase tiene una determinación en los siguientes pasos:

Tabla 10

Definición de Six Sigma en Costagas


Acción	Guía	Información de Costagas
Determinar Especificar resultados, lo que se el costo debe mejorar y el rendimiento Problema específico	¿Cuál es el problema?	En el segundo semestre del año 2020, se reportó una variabilidad en la producción relacionado con un bajo desempeño de la mano obra.
	¿Dónde ocurre el problema?	En la actividad de envasado de gas en balones.
	¿Hace cuánto existe el problema?	Los reportes se dan hace 1 año, pero se elige la data del segundo semestre del año 2020.
	¿Quién es el cliente más perjudicado por el problema?	Distribuidores, industrias y hogares.
	Determinar las características de los resultados que mejorarán si se soluciona el problema.	Mejorar el desempeño de la obra Estandarizar el proceso de envasado de gas.
	Identificar la principal métrica para cada variable	Desviación estándar
	Estimar la magnitud del problema utilizando el rendimiento base	Se incrementará los reclamos y la pérdida de clientes.
	Identificar los centros que se beneficiaran por este proyecto	Costagas S.A.C., distribuidores, industrias y hogares.

Nota. Esta información tiene un carácter cualitativo.

Se usó el siguiente formato para analizar sus efectos:

Figura 1

Modelo A - aplicado en la fase definir

			
Importancia del Problema en la organización: El bajo desempeño de la mano de obra y por consiguiente una baja producción			
Efecto Interno	Tipo de relación		Efecto Externo
	Alta	Baja	
Baja producción	*		Reclamos y pérdida de clientes (Distribuidores, industrias y hogares)
Metas y Objetivos	Observaciones	Responsable en la Organización	
Incrementar la producción y envasar un promedio de 108000 balones de gas en balones de 10kg y 20 000 en balones de 45 kg, en el primer semestre del 2021.		Jefe de Producción	
		Jefe de Turno	
Fecha de Aprobación del Proyecto			
Diciembre 13 del 2020			
Planteamiento del Problema			
¿La aplicación de la metodología Lean Six Sigma mejorará la productividad en el envasado de GLP en la empresa Costagas SAC?			
Etapas del Seis Sigma	Fechas Establecidas para cada de las etapas	Funcionario Responsable de la actividad	


Definir	Enero 04 de 2021	Gerencia
Medir	Enero 25 de 2021	Jefe de Producción
Analizar	Abril 26 de 2021	Jefes de Turno
Mejorar	Mayo 17 de 2021	Jefe de turno y Calidad
Controlar	Desde junio de 2021	Auxiliar de Producción

Fuente. Formato proporcionado por Costagas S.A.C.

Seguidamente se aplica la ingeniería de la actividad del envasado de gas:

Figura 2

Modelo B - aplicado en la fase definir

		Código: --	
Versión:1	Fecha		
Caracterización del Proceso Productivo			
Objeto: Llegar a un total promedio de 108000 balón envasados de 10kg y 20 000 en balones de 45 kg.		Documentos y Registros	
		Internos:	
		Formato de control de productividad en envasado de balones de formato de 10 kg y 45 kg	
		Externos:	
		Los establecidos por Osinergmin	
Entrada		Actividades	Salida
Orden de Producción liberada Registro de Operarios Envases de balones Materia Prima almacenada		- Lavado de Balones - Pintado de balones	Balones de gas Reporte de Producción

Interrelación con los otros procesos	<ul style="list-style-type: none"> - Tarado de Balones - Envasado de balones - Control de Peso - Inspección de fuga 	Responsable en la Organización
Tara de balones, control de fuga y precintado, control de calidad, almacenamiento.		Jefe de Producción
		Jefes de Turno
Recursos de la Organización (Humanos y Tecnológicos)	Requisitos para cumplir	
Medición y Seguimiento		
Envasado de balones con capacidad de 10Kg y 45 Kg		
Comunicación		
El compromiso y soporte de la alta dirección garantizarán el éxito de la aplicación de la metodología		

Fuente. Formato proporcionado por Costagas S.A.C

A continuación, se hace uso de un formato de lluvia de ideas:

Tabla 11

Modelo B - aplicado en la fase definir

Costagas S.A.C.	Brainstorming	--
¿cómo mejorar el desempeño de la mano de obra con la metodología six sigma?		
Aplicación de herramientas de ingeniería		
N.º	Ideas	Ventajas
1	Realizar un benchmarking del producto y flujo de trabajo.	Contar con información y conocer el trabajo de los competidores.
2	Implementar la herramienta Smed.	Maximizar aprovechamiento de tiempos.
3	Lograr la estandarización de los procesos mejorados	Uniformizar las actividades para evitar desviaciones

5	Incorporar la herramienta Kanban.	Permite ajustar los flujos de producción.
6	Implementar un formato de productividad diario.	Crear un registro del comportamiento de la productividad en el tiempo.
7	Mantener un control de productividad.	Evitar desviaciones y aplicar medidas preventivas y correctivas.
10	Implementar un plan de acción periódico.	Permite programar y controlar el avance de cumplimiento de metas.

Nota. Información de carácter cualitativo, consensuada por los investigadores.

FASE 2: Medir

Se realiza mediante la cantidad de balones defectuosos en 24 lotes/semana de producción. Dado el comportamiento de calidad expresado en defectos por lote y teniendo un tamaño de muestra variable, es el grafico por atributos P el que nos va a permitir la medición correspondiente.

Para balones de 10kg

✓ Proporción defectuosa

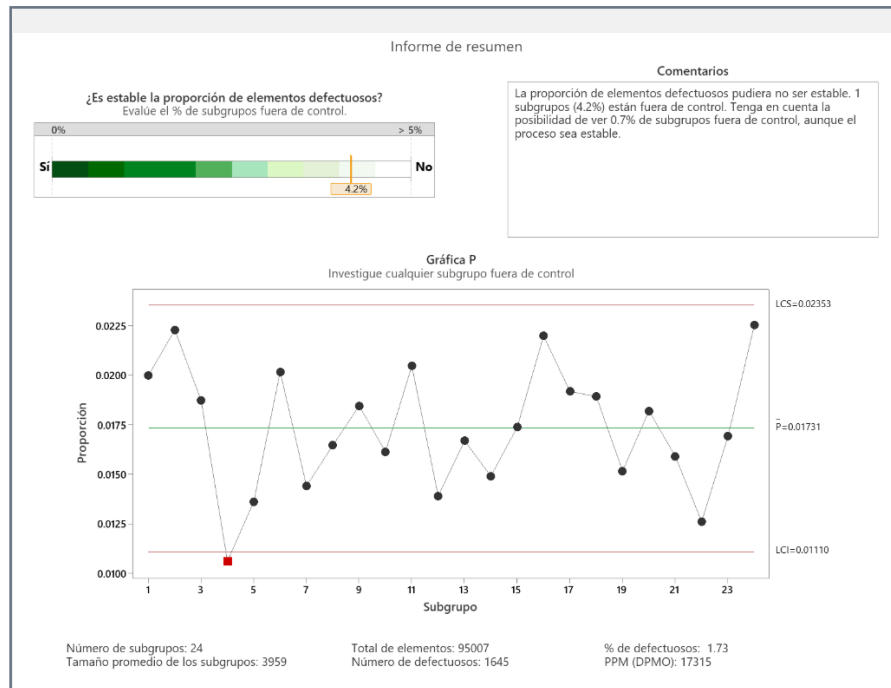
Calcula a través de la siguiente fórmula:

$$\bar{p} = \frac{1645 \text{ balones defectuosos (en 24 semanas)}}{95007 \text{ balones envasados (en 24 semanas)}} * 100$$

$$\bar{p} = 1.73\%$$

Figura 3

Carta de control P de balones defectuosos



Nota. El proceso de envasado esta fuera de control, resaltándose en la semana 4, con una proporción de 1.06%.

✓ **Promedio y desviación estándar de los balones defectuosos**

Se tiene en cuenta las siguientes consideraciones de cálculo para las 24 semanas:

Total = 1645 balones defectuosos

Promedio = 69 balones defectuosos

Desviación estándar = 12 balones defectuosos

✓ **Cálculo del n (muestra)**

Se considera el límite superior para su desarrollo:

$$✓ UCLi = \bar{p} + 3 \sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{ni}}$$

$$UCLi = (\text{promedio} + \text{desviación}) \text{ de balones defectuosos}$$

$$UCLi = 69 + 12$$

$$UCLi = 81 \text{ balones defectuosos}$$

$$UCLi = 1.73\% + \sqrt[3]{\frac{1.73\% * (1 - 1.73\%)}{ni}}$$

$$81 \text{ balones defectuosos} = 1.73\% + \sqrt[3]{\frac{1.73\% * (1 - 1.73\%)}{ni}}$$

$$81 \text{ balones defectuosos} - 1.73\% = \sqrt[3]{\frac{1.73\% * (1 - 1.73\%)}{ni}}$$

$$(81 \text{ balones defectuosos} - 1.73\%)^3 = \frac{1.73\% * (1 - 1.73\%)}{ni}$$

$$ni * (81 \text{ balones defectuosos} - 1.73\%)^3 = 1.73\% * (1 - 1.73\%)$$

$$ni = 3.20 \times 10^{-8}$$

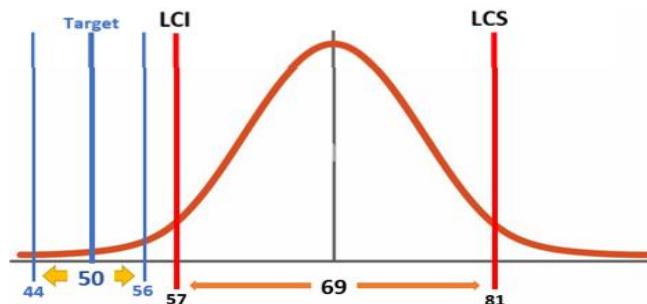
Por teoría del límite central, en la medida que el tamaño de muestra sea cada vez más grande, esta se va a comportar como una distribuir normal, por consiguiente, tómanos la data de las 24 semanas y no de 1 como especifica el tamaño de muestra.

✓ **Cantidad estándar o target (defectos)**

Costagas S.A.C tiene una política que acepta un total de 50 balones defectuosos de 10kg por lote de producción semanal.

Figura 4

Carta de control p estándar



Nota. Promedio de productos defectuosos con desviación estándar de ± 12 unidades versus target promedio aceptable de $50 \pm DE$ (6 und).

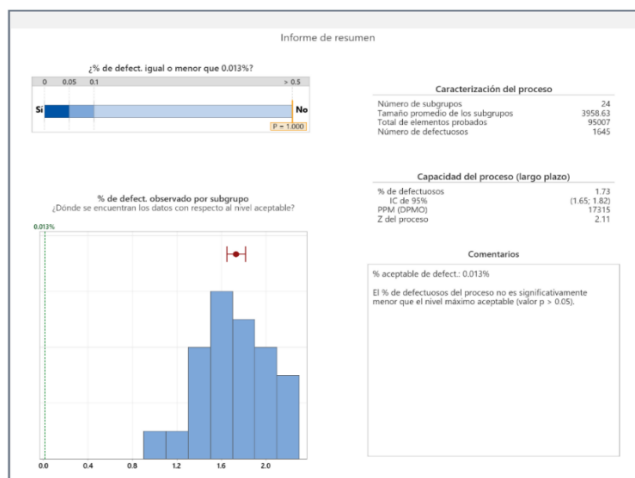
Optamos por el tamaño de muestra de las 24 semanas, por lo tanto, se considera que la producción está fuera de límites de especificación.

✓ **Análisis de capacidad**

Se determina mediante:

Figura 5

Análisis binomial de capacidad



Nota. El porcentaje aceptable de defectos por Costagas S.A.C es de 1,200 balones durante 24 semanas, con una proporción de 1.26%.

✓ **Nivel sigma**

La actividad de envasado de gas en glp cuenta con un DPMO con valor 17,315 balones, el cual se valida con la Figura 65 – Anexo, como resultado de ello se tiene un nivel sigma de 3.612 y un yield de 98.2685%

Para balones de 45kg

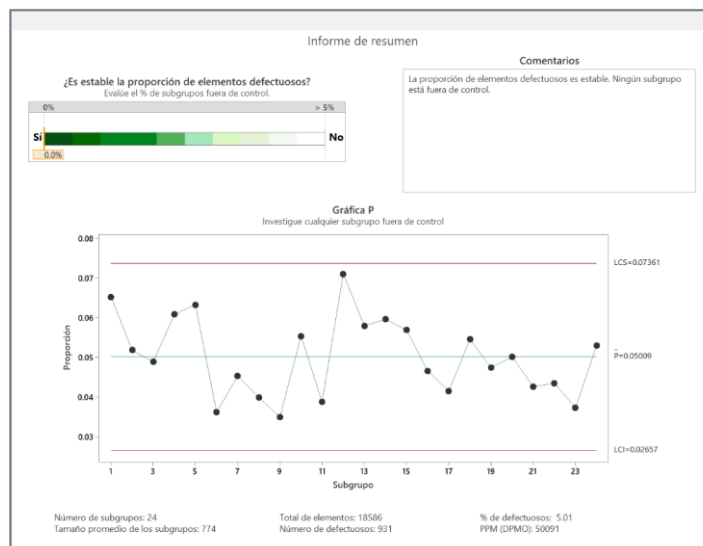
✓ **Proporción defectuosa**

$$\bar{p} = \frac{931 \text{ defectos} * \text{semestre (en 24 semanas)}}{18586 \text{ balones} * \text{semestre (en 24 semanas)}} * 100$$

$$\bar{p} = 5.01\%$$

Figura 6

Carta de control P de balones defectuosos



Nota. La muestra está dentro de los límites de especificación.

✓ **Promedio y desviación estándar de los balones defectuosos**

Balones de 45kg

Total = 931 balones defectuosos

Promedio = 39 balones defectuosos

Desviación estándar = 8 balones defectuosos

✓ **Cálculo del n (muestra)**

Se considera el límite superior para su desarrollo:

$$✓ UCLi = \bar{p} + \sqrt[3]{\frac{\bar{p}*(1-\bar{p})}{ni}}$$

UCLi = (promedio + desviación estandar) de balones defectuosos

UCLi = 39 balones defectuosos + 8 balones defectuosos

UCLi = 47 balones defectuosos

$$UCLi = 5.01\% + \sqrt[3]{\frac{5.01\%*(1-5.01\%)}{ni}}$$

$$47 \text{ balones defectuosos} = 5.01\% + \sqrt[3]{\frac{5.01\%*(1-5.01\%)}{ni}}$$

$$47 \text{ balones defectuosos} - 5.01\% = \sqrt[3]{\frac{5.01\%*(1-5.01\%)}{ni}}$$

$$(47 \text{ balones defectuosos} - 5.01\%)^3 = \frac{5.01\%*(1-5.01\%)}{ni}$$

$$ni * (47 \text{ balones defectuosos} - 5.01\%)^3 = 5.01\% * (1 - 5.01\%)$$

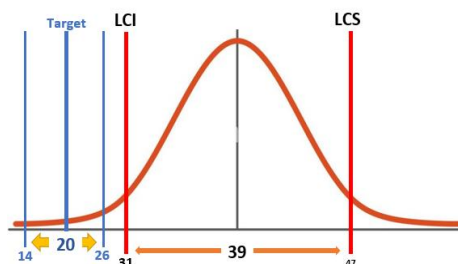
$$ni = 4.59 \times 10^{-7}$$

✓ **Cantidad estándar o target (defectos)**

Costagas S.A.C tiene una política que acepta un total de 20 balones defectuosos de 45kg por lote de producción semanal.

Figura 7

Carta de control p en balones de 45 kg



Nota. Promedio de productos defectuosos con desviación estándar de ± 8 unidades versus target promedio aceptable de $20 \pm DE$ (6 und).

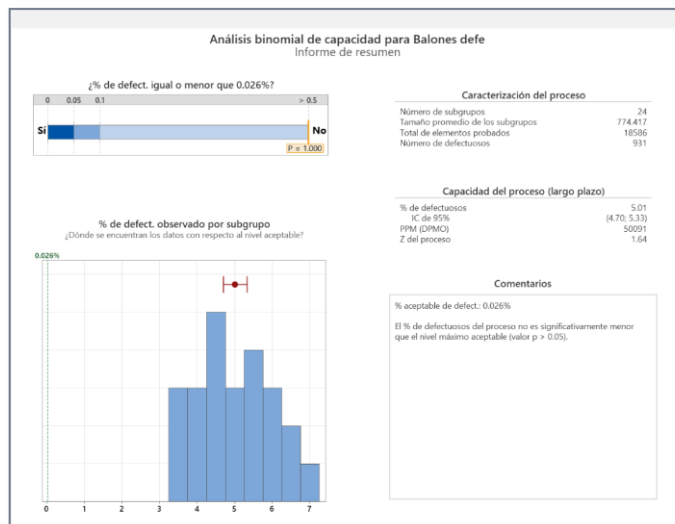
Se determina para balones de 45kg que el tamaño de muestra es menor a 1, por lo tanto, se precisa usar la muestra de las 24 semanas del periodo de investigación.

✓ **Análisis de capacidad**

Se determina mediante:

Figura 8

Análisis binomial de capacidad en balones de 45kg



Nota. El porcentaje aceptable de defectos por Costagas S.A.C es de 480 balones durante 24 semanas, con una proporción de 2.58%.

✓ **Nivel sigma**

La actividad de envasado de gas en glp cuenta con un DPMO con valor 50,091 balones, el cual se valida con la Figura 65 – Anexo, como resultado de ello se tiene un nivel sigma de 3.1461 y un yield de 94.9909%

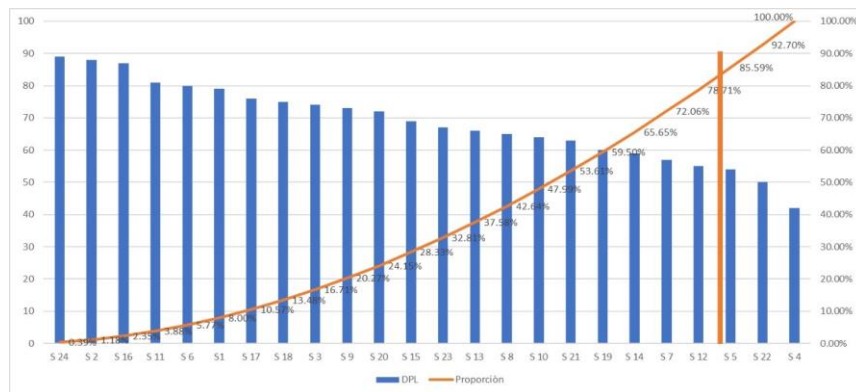
FASE 3: Analizar

Análisis mediante Pareto

Se identifica el porcentaje acumulado de balones defectuosos, durante la producción de las 24 semanas correspondiente al segundo semestre del año 2020. (Ver Tabla 68 y 69 -Anexo).

Figura 9

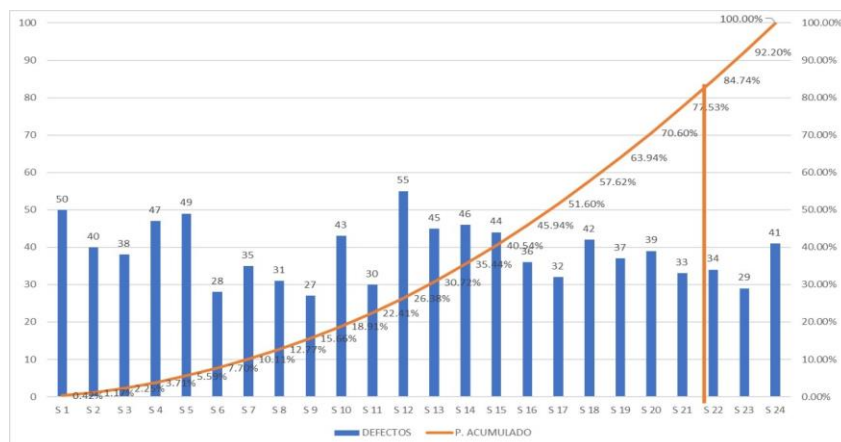
Análisis Pareto de balones de 10kg



Nota. Se observa que entre la semana 12 y 5 se tiene el 80% de los defectos que se obtiene en la actividad en envasado de glp.

Figura 10

Análisis Pareto de balones de 45kg



Nota. Se observa que entre la semana 21 y 22 se tiene el 80% de los defectos que se obtiene en la actividad en envasado de glp.

Análisis mediante diagrama de Ishikawa

Problemas en el bajo desempeño de la Mano de Obra

Se identificó las principales causas que afectan de manera directa en proceso y el producto terminado, para los balones de capacidad 10 Kg y 45kg. (Ver Figura 71-Anexo), la cual se encuentra establecida por una escala de Likert (Ver Tabla 70 - Anexo), con mayor resultado en las causas de Mano de Obra (15 puntos).

Análisis mediante AMFE

Se desarrolla el Análisis Modal de Fallos y Efectos en las fases de la actividad de envasado, según la Figura 72-73.

Figura 11

Estructura del AMFE en la actividad de envasado de gas



Fuente. Estructura extraída de IngenioEmpresa/FMA

Figura 12

Matriz AMFE

ANÁLISIS MODAL DE FALLOS Y EFECTOS							
N°	Proceso	Función o propósito	Fallo			Controles actuales	
			Modo	Efecto	Causa		
1	Lavado y limpieza de balones	Unidades libre polvo	Residuos de polvo y cuerpos extraños en válvula y asas del cilindro	- Retrabajo en proceso de limpieza - tiempos improductivos dentro del proceso	Mal procedimiento de limpieza Omisión de proceso de limpieza del balón	Inspección visual Clasificación de cilindros	
			Impurezas externas con adhesivo de etiquetas	- Pérdida de recursos - tiempos improductivos dentro del proceso	Personal no calificado Presión de agua de lavado insuficiente	Supervisión de actividades Cartilla con niveles de presión estandarizados	
			Balones sin óxido	Restos de óxido	- Grietas del envase - avance de la oxidación en el envase - riesgo de lesión en operarios	Personal distraído	Supervisión de actividades
						Ubicación de oxidación en área poco visible	Inspección visual
		Aumento de corrosión filiforme		- Descarte de balón - pérdida de recursos	Oxidación de grado 1	Inspección visual	
					Ubicación de oxidación en área poco visible	Inspección visual	
					Oxidación de grado 1	Inspección visual	

		Balones sin restos de pintura	Balones con pintura	- Quitar pintura	Mal proceso de remoción de pintura	Inspección visual
2	Pintado y emblema de balones	Identificación de formato de balones	Tinta o escritura borrosa	- Confusión en la identificación de cilindros - pérdida de tiempo en la identificación	Malaca calidad de tinta empleada	Requerimiento de compras por logística
			Cilindros mal identificados	- Pérdida de tiempo en la identificación	Método de pintado incorrecto	Supervisión de actividades
				Operario no calificado para proceso de pintado	Supervisión de actividades	
		Identidad de marca	Tinta o escritura desvanecida	- Cilindros sin identificación - unidades producidas sin identificación de fabricante	Calidad de tinta	Requerimiento de compras por logística
					Operario no calificado para proceso de emblema	Supervisión de actividades
					Método de emblema incorrecto	Supervisión de actividades
		Balones pintados acorde a la empresa	Pintura desvanecida	- Estética de cilindros en mal estado	Calidad de pintura	Requerimiento de compras por logística
			Pintura incompleta	- Retrabajo en proceso de pintado	Método de pintado incorrecto	Supervisión de actividades

3	Tarado de balones	Control de peso de cilindros	Tara de cilindros desviado	- Peso impreciso de los cilindros de glp	Balanza defectuosa	Calibración de balanzas
					Uso incorrecto de balanza	Supervisión de actividades

					Observación equivocada del operario	Supervisión de actividades
4	Envasado de balones	Balones envasados de glp	Fugas de glp en cilindros	<ul style="list-style-type: none"> - Pérdida de peso en balones - Productos inseguros - Riesgos a la salud y seguridad de las personas - Costos de pérdida generados por cilindro y glp 	Mal sellado de envases	Inspección de fuga
					Puerto del cilindro defectuoso	Inspección de fuga
					Operario no calificado para el puesto de trabajo	Supervisión de actividades
					Cuerpo del cilindro defectuoso	Inspección de fuga y visual
5	Control de peso de balones	Balones con peso exacto	Peso insuficiente	<ul style="list-style-type: none"> - Productos de baja calidad - Desviaciones de peso en los productos de la empresa - Futura incomodidad de clientes 	Balanza defectuosa	Calibración de balanzas
					Error de programación de envasado	Supervisión de actividades
					Fugas de glp en el cilindro	Inspección de fuga y visual
					Puerto del cilindro en mal estado	Inspección de fuga
6	Inspección de fuga y precintado de balones	Fabricación de productos seguros	Unidades con fugas	<ul style="list-style-type: none"> - Trasegado de balones - Pérdida de recursos - Costos por mermas - Productos inseguros 	Grado de inspección deficiente	Supervisión de actividades
					Precinto termal mal aplicado	Inspección de fuga
					Falta de calor en etapa de adhesión de precinto	Inspección de fuga

					Proceso de inspección inadecuado	Supervisión de actividades
		Productos de calidad	Peso insuficiente	- Desviaciones de calidad de productos	Proceso de control de peso inadecuado	Supervisión de actividades
			Pintura desvanecida	- Desviaciones de calidad de productos	Proceso de pintado y emblema de balones inadecuado	Supervisión de actividades
			Fugas de glp en cilindros	- Desviaciones de calidad de productos	Deficiente proceso de inspección de fuga y/o precintado	Supervisión de actividades
			Cilindros con mal proceso de lavado	- Desviaciones de calidad de productos	Deficiente lavado y limpieza de balones	Supervisión de actividades

Nota. Información de carácter cualitativo, consensuada por los investigadores.

FASE 4: Mejorar

Kanban

Se establecieron tarjetas Kanban para las principales actividades que se realizan, con el objetivo de reducir los tiempos de ciclo (cuello de botella) y los balones defectuosos (peso).

Figura 13

Tarjeta Kanban - Actividad de producción

The image shows a physical Kanban card on the left and a mobile app interface on the right. The card is titled "ACTIVIDAD DE PRODUCCIÓN" and contains fields for "FECHA:", "ORDEN:", "ACTIVIDAD:", "UAURAI O", and "RESPONSABLE". It also features a QR code labeled "ID:" and a green button labeled "ACT. PROD.". The mobile app interface, titled "PRODUCCIÓN", displays "Nº 1 - ACTIVIDAD DE PRODUCCIÓN" and includes input fields for "FECHA", "ORDEN", "ACTIVIDAD", and "RESPONSABLE", along with "ACEPTAR" and "CANCELAR" buttons. The app background features a stack of beer cans with the "COSTAGAS" logo.

Nota. Tarjeta Kanban electrónica con QR-App.

Figura 14

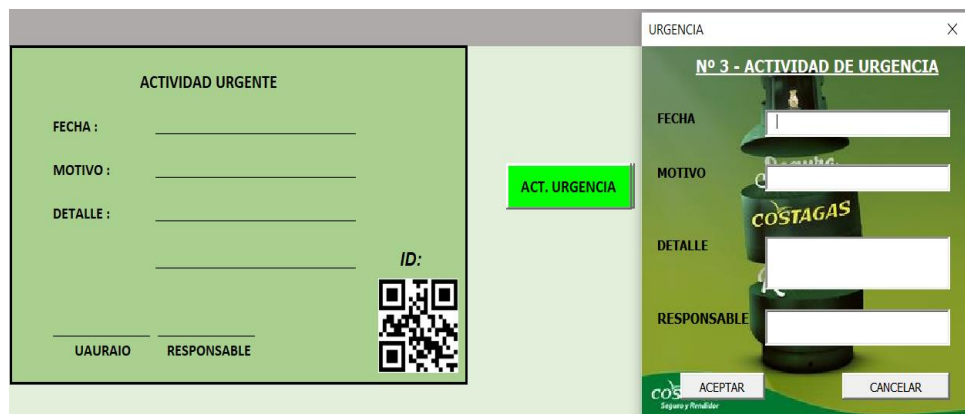
Tarjeta Kanban - Actividad de transporte

The image shows a physical Kanban card on the left and a mobile app interface on the right. The card is titled "ACTIVIDAD DE TRANSPORTE" and contains fields for "FECHA:", "ORIGEN:", "DESTINO:", "DETALLE:", "UAURAI O", and "RESPONSABLE". It also features a QR code labeled "ID:" and a green button labeled "ACT. TRANSPORTE". The mobile app interface, titled "TRANSPORTE", displays "Nº 2 - ACTIVIDAD DE TRANSPORTE" and includes input fields for "FECHA", "ORIGEN", "DESTINO", "DETALLE", and "RESPONSABLE", along with "ACEPTAR" and "CANCELAR" buttons. The app background features a stack of beer cans with the "COSTAGAS" logo.

Nota. Tarjeta Kanban electrónica con QR-App.

Figura 15

Tarjeta Kanban - Actividad de urgencia



Nota. Tarjeta Kanban electrónica con QR-App.

Figura 16

Tarjeta Kanban - Actividad general



Nota. Tarjeta Kanban electrónica con QR-App.

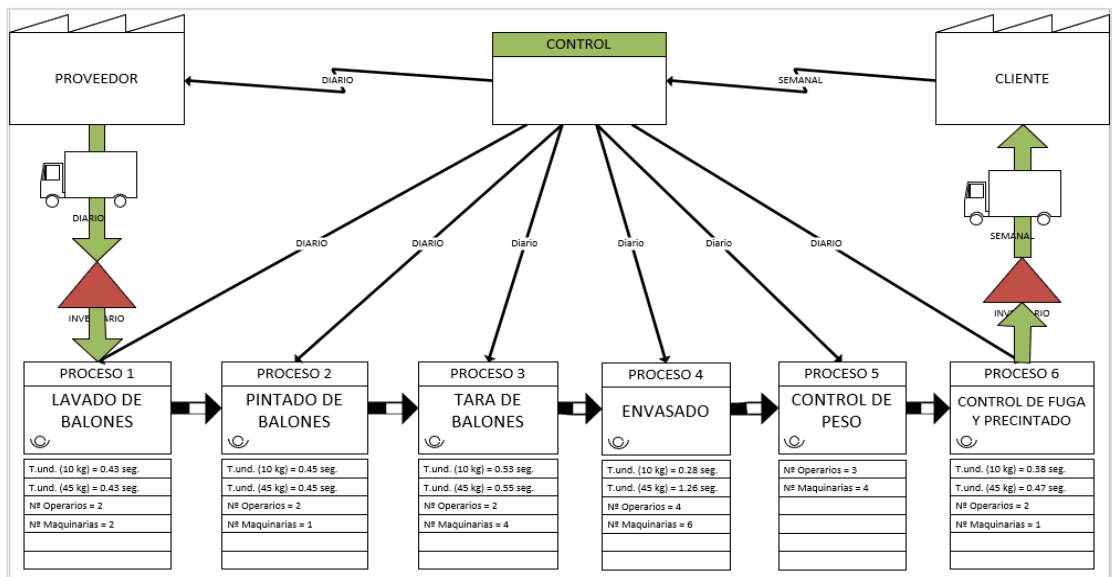
Las tarjetas Kanban electrónicas que se plantean con el escáner QR, permiten automatizar las actividades e incrementar la eficiencia del proceso.

Value Stream Mapping (VSM)

Con la mejora del desempeño de la mano de obra y la aplicación Value Stream Mapping se establece disminuir y eliminar los tiempos improductivos, así como establecer el tiempo necesario para la actividad de envasado.

Figura 17

Diagrama de las fases del envasado de gas - VSM



Nota. Las fases del envasado están en relación de 0,29 y de 0,59 para balones de 10 Kg y 45Kg respecto al tiempo total de envasado. La ampliación del desarrollo es del diagrama de proceso.

Single-Minute Exchange of Die (Smed)

Se clasifican las actividades con sus respectivos tiempos, así mismo se determina el tiempo actual y el tiempo propuesto de envasado.

Tabla 12*Tiempos por fase del envasado de gas*

Nº	Operaciones o actividades	Operación		Capacidad de balones		Tiempos propuestos		Propuestas de mejora
		Externa	Interna	10 kg	45 kg	10 kg	45 kg	
1	Lavado de balones	Externa		0.43	0.43	0.43	0.43	Mantenimiento preventivo
2	Pintado	Externa		0.45	0.55	0.45	0.55	Actividad programada entre balones
3	Tara de balones	Externa		0.76	0.80	0.76	0.8	Programación de inspección
4	Envasado	Externa		0.998	3.98	0.67	2.75	Mantenimiento preventivo
5	Control de fuga y precintado	Externa		0.38	0.47	0.38	0.47	Mantenimiento preventivo
6	Almacén		Interna	0.39	0.45	0.39	0.45	Mantenimiento preventivo
	Total			3.408	6.680	3.08	5.450	

Nota. Tiempos obtenidos por medición a través de cronometro.

Se establecen medidas de solución en la siguiente tabla.

Tabla 13

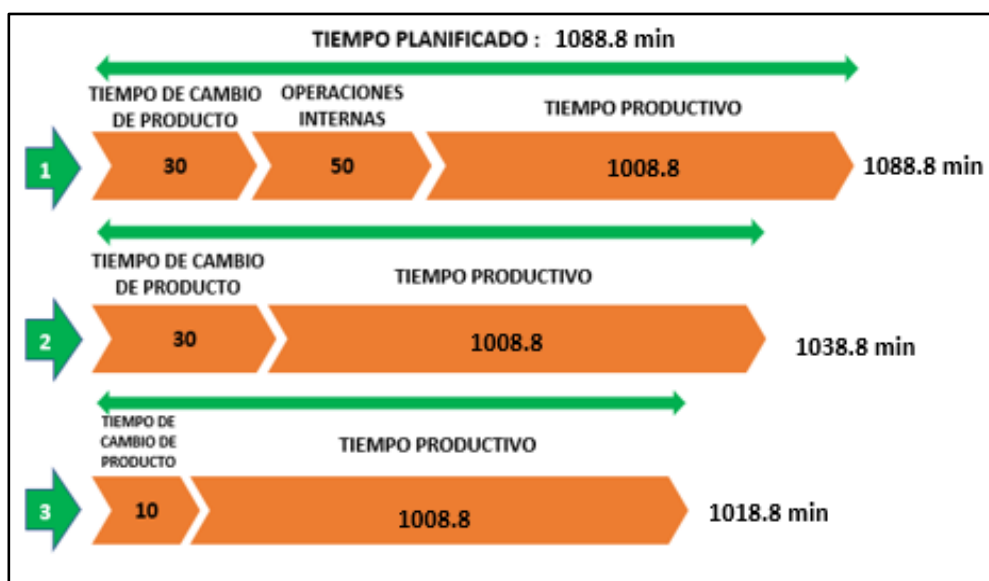
Actividades del proceso y medidas de solución

Nº	Operaciones internas	Medidas
1	Cambio de faja de goma	Mantenimiento preventivo
2	Abastecimiento de pintura a pistola	Actividad programada entre balones
3	Verificación de maquinaria	Programación de inspección
4	Abastecimiento de químicos para lavado	Actividad programada entre balones
5	Limpieza de pistola de pintura	Mantenimiento preventivo
6	Inspección de envasadoras	Mantenimiento preventivo
7	Calibración de balanzas	Mantenimiento preventivo

Nota. Información de carácter cualitativo, consensuada por los investigadores.

Figura 18

Diagrama del tiempo planificado



Nota. Tiempo establecido en minutos.

El tiempo planificado establece que por cada 100 productos de ambas capacidades se tiene un tiempo total establecido de 1018.80 min.

FASE 5: Controlar

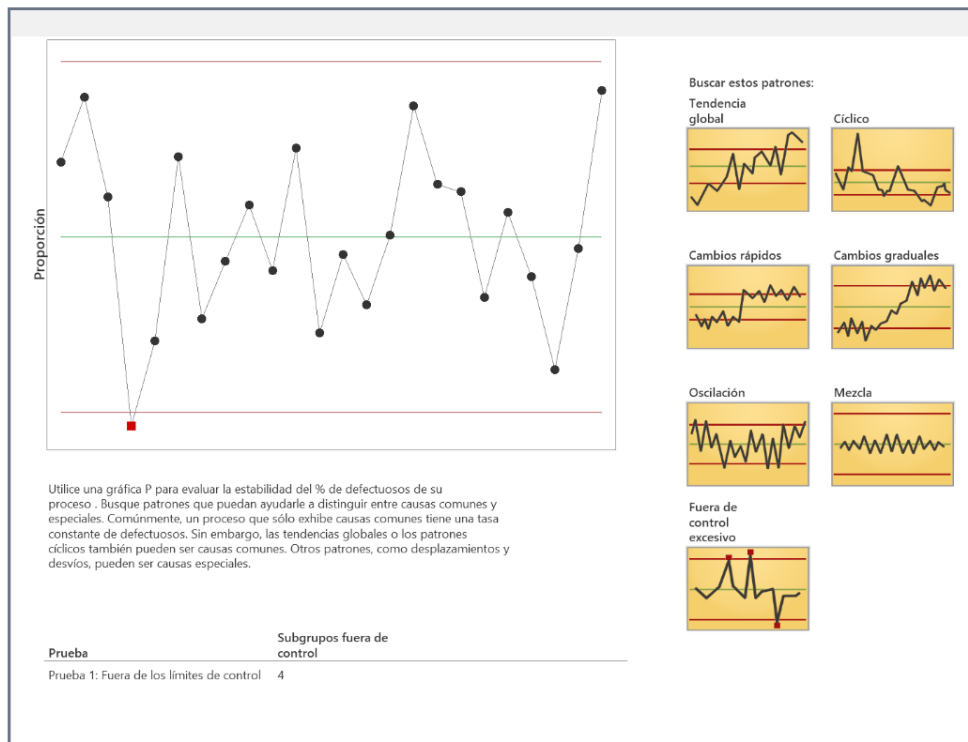
Antes de aplicar las mejoras

Se usa el tipo de carta p, tomando en cuenta los datos de producción de las 24 semanas en el segundo semestre del año 2020.

Para balones de 10kg

Figura 19

Control de estabilidad



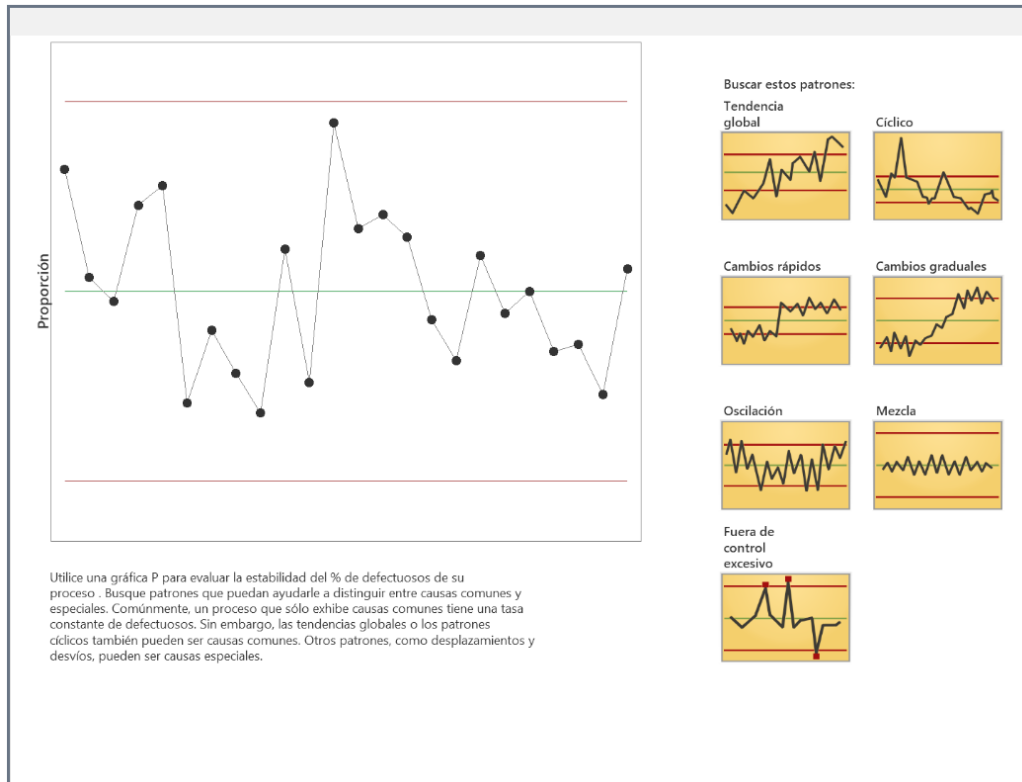
Nota. La muestra 4 está fuera del límite inferior de especificación, el cual establece una proporción de 1.06% con respecto al total.

Se establece que el patrón de tendencia sigue un modelo de oscilación el cual se muestra en la figura 79.

Para balones de 45kg

Figura 20

Control de estabilidad en balones de 45kg



Nota. La proporción de defectos es estable en este modelo.

Se establece que el patrón de tendencia sigue un modelo de Mezcla el cual se muestra en la figura 80.

4.10. Resultado del objetivo específico 4: Calcular la nueva productividad de mano de obra en la producción de balones envasados.

La distribución de los productos y la asignación de data se consigna en la siguiente información:

- ✓ El cálculo de la nueva productividad fue considerado en base a la misma cantidad de trabajadores y horas laborables al día que la situación inicial.

Se consideran los siguientes datos:

Tabla 14

Producción semestral - antes y después de aplicar la mejora

Resultados	Producto (unidades)	
	Balón (10 kg)	Balón (45 kg)
Antes de la mejora	95,007	18,586
Después de la mejora	107,100	19,040
% de Variación	12.73%	2.44%
Variación en unidades	12,093	454

Nota. La producción presenta mayor crecimiento en los balones de 10 Kg.

La proporción de mejora en balones de 10 Kg es de 0.11 balones y de 0.02 para balones de 45 Kg.

PRODUCTIVIDAD LUEGO DE APLICAR LA MEJORA – MANO DE OBRA

Se consideró la misma cantidad de trabajadores, horas diarias por capacidad de balones y días laborados. Para obtener el resultado se divide de la producción entre las h-hombre disponibles.

Tabla 15

Productividad antes y después de aplicar la mejora

Resultados	Producto (unidades)	
	Balón (10 kg)	Balón (45 kg)
Antes de la mejora	6.28	3.68
Después de la mejora	7.03	4.01
% de Variación	12.73%	2.44%

Nota. La productividad tiene un mayor porcentaje de variación en los formatos de 10Kg.

V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS:

Respecto al objetivo específico 1: “Determinar la productividad actual de mano de obra en la producción de balones envasados”.

Se realizó el cálculo de la productividad del periodo Julio - Diciembre, a partir de la producción obtenida durante el periodo y el cálculo de las horas hombre empleadas, procedimiento que fue empleado por los autores que tomamos como antecedentes en la presente Tesis, como es el caso de la tesis de (Idrogo & Julca, 2018) titulada: “propuesta de implementación de mejora en el proceso de envasado de GLP utilizando herramientas de Lean Manufacturing para incrementar la productividad”, en donde se obtuvo, la productividad de mano de obra a partir de la recolección de datos durante el periodo de estudio y calculando las horas hombre empleadas para cada capacidad de balones.

Respecto al objetivo específico 2: “Definir el despilfarro en el proceso de envasado de gas mediante el diagnóstico de Análisis de Alternativas basada en Opinión de Expertos”.

Para la definición del despilfarro se realizó un Análisis de alternativas basado en la Opinión de los expertos, donde se identificaron las causas a través de un consenso para luego calificarlas en base al análisis de cada experto, determinando que la causa con mayor impacto en el problema es el bajo desempeño, logrando una calificación de 23 puntos, dichos resultados difieren de la tesis de (Hernández, M. 2018) titulada: “Aplicación del Lean Manufacturing para reducir los costos en el área de producción de la empresa Dual Corporación de Servicios Generales”, en donde se obtuvo la relación de causas con mayor impacto en los costos, bajo las herramientas de Ishikawa y Diagrama de Pareto.

Respecto al objetivo específico 3: “Aplicar las etapas de la metodología Six Sigma en la empresa Costagas SAC”.

Se emplearon herramientas de ingeniería de carácter cualitativas y cuantitativas propias de la metodología, con el objetivo de identificar oportunidades de mejora en la reducción de balones defectuosos, eliminar la muda y la reducción del tiempo estándar. Se tiene una reducción del 34.62% (423 unidades) y 70.83% (386 unidades) para balones de 10 Kg y 45 Kg respectivamente. Los resultados obtenidos convergen con los de la tesis de (González, A. 2018) Titulada “ Lean Six Sigma para mejorar la calidad en laboratorios de OIL and GAS”, en donde a través del análisis de la situación actual y la identificación de oportunidades de mejora, se logró reducir un 30% los tiempos durante el proceso, un mejor control sobre los recursos, una mayor satisfacción por parte de los colaboradores, así como la eliminación de procedimientos innecesarios para una mayor eficiencia de los procesos; por ende, se logró un trabajo sistémico en la organización.

Respecto al objetivo específico 4: “Calcular la nueva productividad de mano de obra en la producción de balones envasados”.

Los resultados antes de aplicar la mejora sirvieron para el análisis previo, luego se utilizó diversas herramientas de Lean Six Sigma las cuales ayudaron a mejorar la producción y productividad en 12.73% y 2.44% para balones de 10kg y 45kg respectivamente, esto traducido en unidades se tiene 12093 y 453 para los balones respectivamente. Los resultados obtenidos coinciden con la tesis de (Meléndez, R. 2017) titulada: “Aplicación de la Metodología DMAIC para mejorar la productividad de la línea de envasado de GLP en la planta Lima Gas - Callao”, en donde se obtuvo el incremento de la productividad de 85,42% a 93,99%, del mismo modo se pudo incrementar la eficiencia y eficacia en 1.39% y 6.78% respectivamente.

VI. CONCLUSIONES

- Para determinar la productividad actual, se debe contar con los registros de producción del periodo en estudio, así como el detalle de horas hombre empleadas para la fabricación de cada capacidad de balones de gas y registros de días de producción empleados, determinando la productividad actual del semestre en las capacidades de 10kg y 45kg con un valor de 3.68 balones / hora-Hombre y 6.28 balones / hora-Hombre respectivamente, asimismo se estimó que el mayor valor se da en balones de 10 Kg con una proporción de 1.71 con respecto a los balones de 45Kg.
- Se estableció la herramienta Lean para encontrar el despilfarro en el proceso de envasado de gas, basándose en el análisis de alternativas según la opinión de expertos, obtenidos a través de la valorización de variables cualitativas, resultando el desempeño subestándar (23) con el mayor valor del análisis, el cual identificó la causa con mayor impacto en la baja productividad.
- La aplicación de Six Sigma en sus 5 fases, determino el nivel de sigma en el proceso de envasado de gas en ambas capacidades, así mismo se recurre al tamaño de muestra de 24 semanas de balones defectuosos, ya que por Teoría de Limite central en la medida que el tamaño de muestra sea cada vez más grande, esta se va a comportar como una distribuir normal. Los resultados en DPMO validados con la tabla de conversión Sigma para cada producto, con resultados nivel sigma de 3.612 (Yield 98.2685%) y 3.146 (Yield 94.9909%) en balones de 10 kg y 45 kg respectivamente.
- La metodología propuesta mejoró la productividad en un periodo semestral, logrando un incremento de la producción, manteniendo el factor de h-H con respecto a la situación inicial, resultando en un incremento de la productividad de 12.73% y 2.44% para balones de 10kg y 45kg respectivamente.

VII. RECOMENDACIONES:

- Mantener una base de datos con la información detallada basada en la variabilidad de procesos, así como el detalle de registros de producción diaria.
- Implementar la auditoria de procesos por capas (LPA), con el fin de obtener estándares verificados en sistemas de calidad en clientes y/o proveedores, retroalimentando las áreas de bajo rendimiento.
- Realizar un análisis para adquirir un sistema Big-data el cual permita informar en tiempo real los datos e indicadores.
- Realizar un análisis de tiempos y movimientos, localización y distribución de planta con un sistema de seguridad.
- Realizar círculos de calidad, con el fin de identificar la autonomía de los procesos y las mejoras de estos.
- Realizar un control más profundo de la información de cada producto, con el fin de mejorar el análisis y obtener resultados que superen los encontrados en esta investigación; a fin de mantener la filosofía de mejora continua de los procesos.

VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acosta, R & Herrera, J. (2014). *Seis Sigma Métodos Estadísticos y Sus Aplicaciones*.
- Arias Aranda, D., & Minguela Rata, B. (2018). *Dirección de la Producción y Operaciones*. Madrid: Pirámide.
- Arias Aranda, D., & Minguela Rata, B. (2018). *Dirección de la Producción y Operaciones*. Madrid: Pirámide.
- B. Chase, R., Jacobs, R., & Aquilano, N. (2009). *Administración de Operaciones*. Mexico DC: McGRAW-HILL.
- B. Chase, R., Jacobs, R., & Aquilano, N. (2009). *Administración de Operaciones*. Mexico DC: McGRAW-HILL.
- Banco Mundial. (Junio de 2020). Banco Mundial. Obtenido de Banco Mundial: <https://www.bancomundial.org/es/news/press-release/2020/06/08/covid-19-to-plunge-global-economy-into-worst-recession-since-world-war-ii>
- Banco Mundial. (5 de Enero de 2021). BANCO MUNDIAL BIRF - AIF. Obtenido de BANCO MUNDIAL BIRF - AIF: <https://www.bancomundial.org/es/news/press-release/2021/01/05/global-economy-to-expand-by-4-percent-in-2021-vaccine-deployment-and-investment-key-to-sustaining-the-recovery>
- Bothe, D. (2010). *Measuring Process Capability*. Productivity & Quality Publishing Pvt. Ltd. (1 Enero 1899).
- CAMACHO, A. & MEIGGS, M. (2019). *Mejora de los procesos de almacenamiento mediante la implementación de Lean Six Sigma en una empresa de abarrotes en San Ramón - Chanchamayo: una revisión sistemática*. LIMA, PERÚ: UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE.
- Cantuarias, F. (08 de 08 de 2018). *Felipe Cantuarias: más del 50% del mercado de gas licuado es informal y limita el desarrollo de la industria*. (E. G. Noticias, Entrevistador)
- Cariño Garay, R. I. (2002). *Seis Sigma y la capacidad del proceso en Tendencias Tecnológicas*, 10.
- CEPAL. (2020). *Balance Preliminar de las Economías de América Latina y el Caribe - 2020*.
- Ciufuci, D. (15 de 08 de 2020). *La Pandemia del Covid-19 no Afectó Demasiado el Consumo del GLP*. (A. I. PETROLEO, Entrevistador)
- Comunidad IEBS. (14 de Noviembre de 2013). Comunidad IEBS. Obtenido de Comunidad IEBS: <https://comunidad.iebschool.com/valentinavolpe/2013/11/14/seis-modos-en-que-six-sigma-puede-beneficiar-su-empresa/>
- Correa, F. G. (2007). *Manufactura Esbelta (Lean Manufacturing) Principales Herramientas*. Revista Panorama Administrativo, 30.
- CUEVA, F. (2016). *Propuesta de un plan basado en Lean Six Sigma para mejorar la eficiencia del área de logística de la empresa minera La Arena S.A. – Año 2016*. TRUJILLO, PERÚ.: UNIVERSIDAD NACIONAL DE TRUJILLO.
- Edward, J. (1987). *JUSTO A TIEMPO*. NORMA.
- Fernández, H. (2019). *Qué es el Benchmarking*.

- Forrest Breyfogle, W. (1946). *Implementing Six Sigma*.
- Fortuny-Santos, J., Cuatrecasas Arbós, L., Cuatrecasas-Castellsaques, O., & Oliverilla Nadal, J. (2008). *Metodología de Implementación de la Gestión Lean en Plantas Industriales*. *Universia Business Review*, 15.
- García González, S., Domínguez Machuca, M. A., Ruiz Jiménez, A., Álvarez Gil, J., & Domínguez Machuca, J. (2003). *Dirección de Operaciones*. Madrid: McGraw-Hill.
- García González, S., Domínguez Machuca, M. A., Ruiz Jiménez, A., Álvarez Gil, J., & Domínguez Machuca, J. (2003). *Dirección de Operaciones*. Madrid: McGraw-Hill.
- Giralt, L. (2019). *Publicacions científiques . l'Escola Politècnica Superior* .
- GÓMEZ, C. (2019). *Aplicación de un modelo Lean Six Sigma orientado a la mejora de la productividad en una empresa del sector cuero en Cali* . SANTIAGO DE CALI, COLOMBIA: UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE OCCIDENTE.
- Gonzales, F. (2007). *Manufactura Esbelta, herramientas*. RePEc: Beachmold México S. de RL de CV .
- GONZÁLEZ, A. (2018). *Lean Six Sigma para mejorar la calidad en laboratorios de OIL and GAS*. COLOMBIA, BOGOTÁ: UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA.
- GREYNA, F. & HYTINEN, A. (2007). *Manual de control de calidad*. 1775.
- Harrington, J. (1991). *Business Process Improvement*. McGraw Hill; 1er edición (22 Abril 1991).
- Hay, E. J. (1987). *Justo a Tiempo*. Norma.
- Heizer, J. & Render, B. (2007). *Dirección de la Producción y de Operaciones*. Madrid: Prentice Hall.
- Heizer, J., & Render, B. (2007). *Dirección de la Producción y de Operaciones*. Madrid: Prentice Hall.
- HERNÁNDEZ, M. (2018). *Aplicación del Lean Manufacturing para reducir los costos en el área de producción de la empresa Dual Corporación de Servicios Generales*. TRUJILLO, PERÚ: UNIVERSIDAD NACIONAL DE TRUJILLO.
- IDROGO, L. & JULCA, S. (2018). *Propuesta de Implementación de mejora en el proceso de envasado de GLP utilizando herramientas de Lean Manufacturing para incrementar la productividad* . 2018: UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE.
- IPEA. (2017). *herramientas se emplean en Lean Manufacturing*.
- Ipinza, D. (2008). *El Proceso Estratégico Un Enfoque de Gerencia*. Juarez: Pearson Educación.
- Ipinza, D. (2008). *El Proceso Estratégico Un Enfoque de Gerencia*. Juarez: Pearson Educación.
- Jacobs, R. & Chase, B. (2014). *ADMINISTRACIÓN DE LAS OPERACIONES*. ESPALÑA: MCGRAW-HILL/INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V.
- Jones, D. & Womack, J. (2019). *Lean Thinking*.
- Jones, W. & (1996). *Lean Thinking*. New York: Gestion 2000.
- Luis C. & Reato C. (2019). *Lean Six Sigma. Sistema de gestión para liderar empresas*. MARGE-BOOK.

- MELÉNDEZ, R. (2017). *Aplicación de la Metodología DMAIC para mejorar la productividad de la línea de envasado de GLP en la planta Lima Gas - Callao – 2016*. LIMA, PERÚ: UCV.
- Michalski, W. (2014). *Herramientas de calidad*.
- Minitab. (2019). *Crear un diseño de experimento*. Obtenido de <https://support.minitab.com/es-mx/minitab/18/getting-started/designing-an-experiment/#:~:text=Elija%20Estad%C3%ADsticas%20%3E%20DOE%20%3E%20Factorial%20%3E,clic%20en%20Mostrar%20dise%C3%B1os%20disponibles>.
- ORTEGA, P. (2018). *Propuesta de mejora al proceso de carga y despacho de GLP envasado en Centro de Distribución de Gasco*. CHILE: UNIVERSIDAD ANDRES BELLO.
- Paredes, R. (2019). *smed*.
- Pensa, G. (2021). *SMED: una metodología para acortar los set-ups*. ATLAS CONSULTURA.
- PÉREZ BERGHER, L. A. (2016). *USO DE LA METODOLOGÍA LEAN SIX SIGMA PARA EL ÁREA*.
- PEX. (2013). *Process Excellence Network*. Obtenido de <https://www.processexcellencenetwork.com/>
- Process Excellence Network. (30 de Octubre de 2013). *Process Excellence Network (PEX)*. Obtenido de *Process Excellence Network (PEX)*: <https://www.processexcellencenetwork.com/lean-six-sigma-business-performance/articles/6-ways-six-sigma-can-benefit-your-company>
- Rajadell, M., & Sánchez García, J. (2010). *Lean Manufacturing La Evidencia de una Necesidad*. Madrid: Diaz de Santos.
- RODRIGUEZ, A. (2020). *Metodología Six Sigma y su efecto en el índice de quejas de la empresa Avicesar S.A.C., Trujillo 2020*. TRUJILLO, PERÚ: UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE.
- S. Pande, P., P. Neuman, R., & R. Cavanagh, R. (2004). *"The Six Sigma Way*. Nueva York: McGraw-Hill.
- Sapag Chain, N., & Sapag Chain, R. (2008). *Preparación y Evaluación de Proyectos*. Bogota: Mc Graw Hill.
- Sapag Chain, N., & Sapag Chain, R. (2008). *Preparación y Evaluación de Proyectos*. Bogota: Mc Graw Hill.
- Socconini, L., & Reato, C. (2019). *Lean Six Sigma Sistema de Gestión para Liderar Empresas*. Valencia: Marge Books.
- Socconini, L., & Reato, C. (2019). *Lean Six Sigma Sistema de Gestión para Liderar Empresas*. Valencia: Marge Books.
- Sociedad Nacional de Minería, Petróleo y Energía. (Diciembre de 2020). *Sociedad Nacional de Minería, Petróleo y Energía*. Obtenido de *Sociedad Nacional de Minería, Petróleo y Energía*: <https://www.snmpe.org.pe/informes-y-publicaciones/boletin-estadistico-mensual/hidrocarburos/6607-bolet%C3%ADn-estad%C3%ADstico-mensual-hidrocarburos-diciembre-2020.html>
- UNMSM. (03 de JUNIO de 2020). *OESSP*. Obtenido de *OESSP*: <http://economyassolidarias.unmsm.edu.pe/?q=noticia/impacto-del-covid-19-en-la-econom-mundial-y-latinoamericana>

VILLACREZ, L. & VILLANUEVA, D. (2019). *Aplicación de la Metodología Six Sigma para Mejorar el Proceso de registro y control de asistencia en el proyecto especial Corah 2019*. PUCALLPA, PERÚ.: UNIVERSIDAD PRIVADA DE PUCALLPA.

Womack Roos, J. (1990). *La Maquina que Cambió el Mundo*. Profit Editorial.

ANEXO

Figura 21

Variación porcentual del PBI

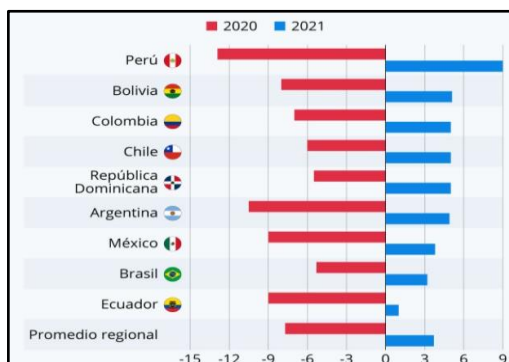
	2018	2019	2020e	2021f	2022f	2020e	2021f
Todo el mundo	3,0	2,3	-4,3	4,0	3,8	0,9	-0,2
Economías avanzadas	2,2	1,6	-5,4	3,3	3,5	1,6	-0,6
United States	3,0	2,2	-3,6	3,5	3,3	2,5	-0,5
Euro area	1,9	1,3	-7,4	3,6	4,0	1,7	-0,9
Japan	0,6	0,3	-5,3	2,5	2,3	0,8	0,0
 Mercados emergentes y economías en desarrollo (MEED)	4,3	3,6	-2,6	5,0	4,2	-0,1	0,4
MEED excepto China	3,2	2,3	-5,0	3,4	3,6	-0,7	0,1
MEED exportadores de productos básicos	2,0	1,6	-4,8	3,0	3,2	0,1	0,0
Otros MEED	5,7	4,8	-1,3	6,1	4,8	-0,2	0,6
Otros MEED excepto China	4,8	3,2	-5,3	3,9	4,1	-1,7	0,1
Asia oriental y el Pacífico	6,3	5,8	0,9	7,4	5,2	0,4	0,8
China	6,6	6,1	2,0	7,9	5,2	1,0	1,0
Indonesia	5,2	5,0	-2,2	4,4	4,8	-2,2	-0,4
Tailandia	4,1	2,4	-6,5	4,0	4,7	-1,5	-0,1
Europa y Asia central	3,4	2,3	-2,9	3,3	3,9	1,8	-0,3
Russian Federation	2,5	1,3	-4,0	2,6	3,0	2,0	-0,1
Turkey	3,0	0,9	0,5	4,5	5,0	4,3	-0,5
Poland	5,4	4,5	-3,4	3,5	4,3	0,8	0,7
América Latina y el Caribe	1,9	1,0	-6,9	3,7	2,8	0,3	0,9
Brasil	1,8	1,4	-4,5	3,0	2,5	3,5	0,8
México	2,2	-0,1	-9,0	3,7	2,6	-1,5	0,7
Argentina	-2,6	-2,1	-10,6	4,9	1,9	-3,3	2,8
Oriente Medio y Norte de África	0,5	0,1	-5,0	2,1	3,1	-0,8	-0,2
Arabia Saudita	2,4	0,3	-5,4	2,0	2,2	-1,6	-0,5
Rep. Islámica de Irán ³	-6,0	-6,8	-3,7	1,5	1,7	1,6	-0,6
Rep. Árabe de Egipto ²	5,3	5,6	3,6	2,7	5,8	0,6	0,6
Asia meridional	6,5	4,4	-6,7	3,3	3,8	-4,0	0,5
India ³	6,1	4,2	-9,6	5,4	5,2	-6,4	2,3
Pakistán ²	5,5	1,9	-1,5	0,5	2,0	1,1	0,7
Bangladesh ²	7,9	8,2	2,0	1,6	3,4	0,4	0,6
África al sur del Sahara	2,6	2,4	-3,7	2,7	3,3	-0,9	-0,4
Nigeria	1,9	2,2	-4,1	1,1	1,8	-0,9	-0,6
Sudáfrica	0,8	0,2	-7,8	3,3	1,7	-0,7	0,4
Angola	-2,0	-0,9	-4,0	0,9	3,5	0,0	-2,2

Nota. Proyección del PIB para los años 2021-2022 de las principales potencias a nivel global.

Fuente: (Banco Mundial, 2021).

Figura 22

Proyección del PBI 2021 respecto al año 2020.



Nota. Comparación del PBI de países de América Latina. El PBI de Perú se proyecta crecer en 9% en el año 2021.

Fuente: (Cepal, 2020).

Figura 23

Extracción de petróleo, gas y minerales

(Variación porcentual del índice de volumen físico respecto al mismo período del año anterior)
Valores a precios constantes de 2007

Actividad	2019/2018					2020/2019				
	I Trim.	II Trim.	III Trim.	Acumulado al III Trim.	4 últimos Trim. ^{1/}	I Trim.	II Trim.	III Trim.	Acumulado al III Trim.	4 últimos Trim. ^{1/}
Extracción de petróleo, gas y minerales	-0,7	-2,5	0,2	-1,0	-1,3	-5,2	-33,8	-9,8	-16,3	-11,6
Petróleo, gas natural y servicios conexos	9,3	-8,0	14,3	4,7	4,2	0,2	-17,8	-13,8	-10,5	-6,9
Minerales y servicios conexos	-2,4	-1,5	-2,2	-2,0	-2,3	-6,3	-36,7	-9,0	-17,4	-12,5

Nota. Cifras trimestrales de la extracción de gas en el Perú durante el año 2018-2020.

Fuente: INEI – 2020.

Figura 24

PBI por sector industrial

(Var. % real anual)

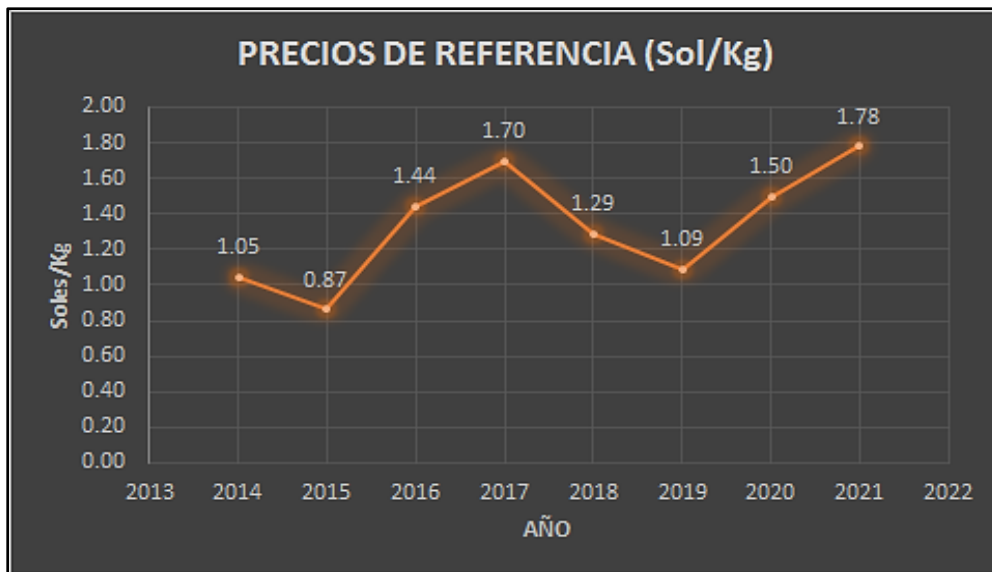
	Peso del año base 2007	2020	2021	Promedio 2022-2024
Agropecuario	6,0	2,2	4,5	4,0
Agrícola	3,8	3,0	4,9	4,1
Pecuario	2,2	1,2	4,0	4,0
Pesca	0,7	4,6	10,4	2,4
Minería e hidrocarburos	14,4	-10,8	14,4	3,3
Minería metálica	12,1	-10,9	15,1	3,8
Hidrocarburos	2,2	-10,2	10,0	0,0
Manufactura	16,5	-13,3	13,3	5,4
Primaria	4,1	0,4	13,4	4,7
No primaria	12,4	-18,2	13,2	5,7
Electricidad y agua	1,7	-7,2	6,2	4,5
Construcción	5,1	-23,2	22,0	6,4
Comercio	10,2	-20,7	12,0	4,4
Servicios	37,1	-9,9	7,2	4,5
PBI	100,0	-12,0	10,0	4,5
PBI primario	25,2	-5,6	11,4	3,7
PBI no primario³	66,5	-13,7	9,7	4,8

Nota. Proyecciones del PBI para los años 2022-2024, en los sectores de hidrocarburos, pesca, manufactura, entre otros.

Fuente: MEF-2020.

Figura 25

Precios de referencia del glp según OSINERGMIN

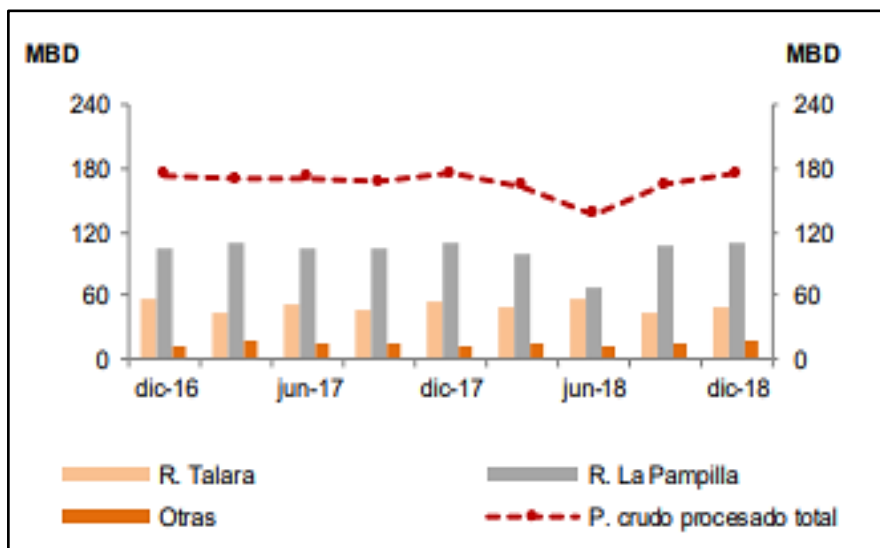


Nota. Variación de los precios del GLP referente a las unidades de sol/kg en el periodo 2014-2021.

Fuente: Osinergmin-2021.

Figura 26

Producción de crudo al año 2018

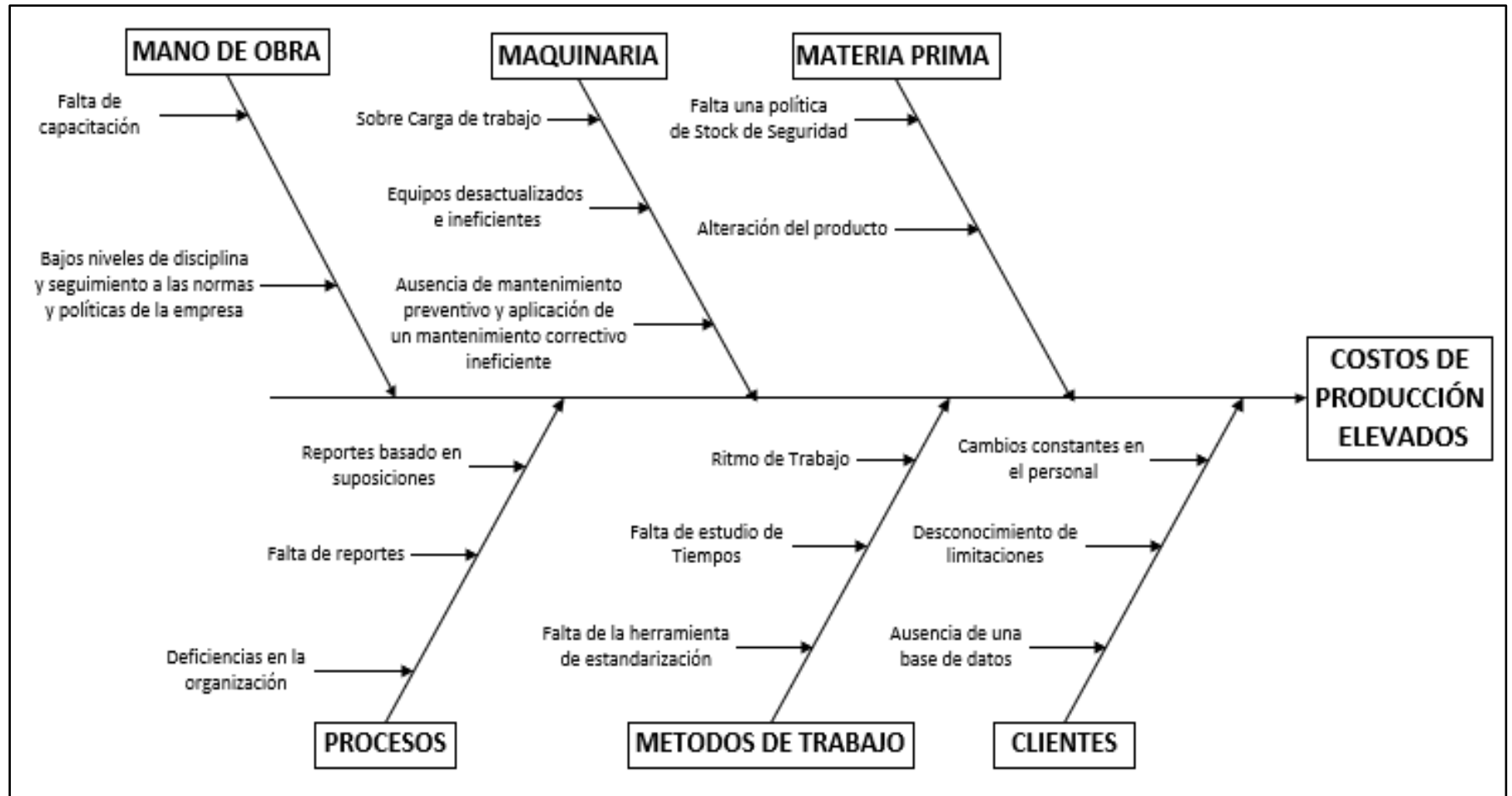


Nota. Se muestra la producción del crudo en diversas plantas, durante el periodo de 2016-2018.

Fuente: SMV-2019.

Figura 27

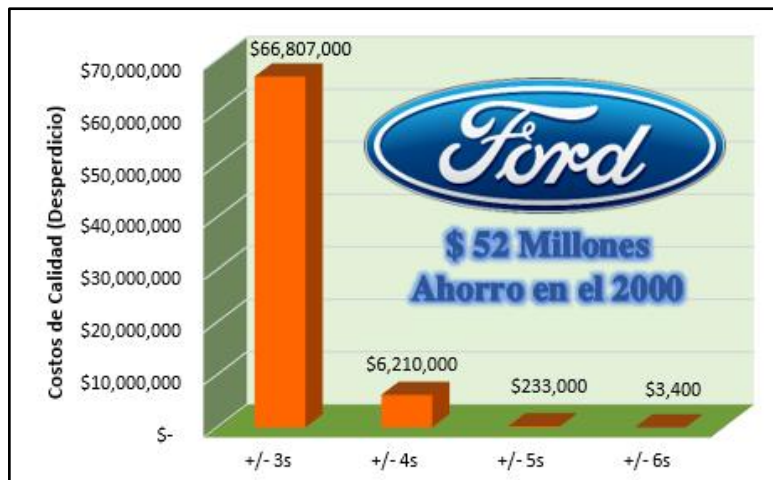
Diagrama de Ishikawa



Nota. Causas del elevado costo de producción.

Figura 28

Costos de calidad en Ford Motor Company

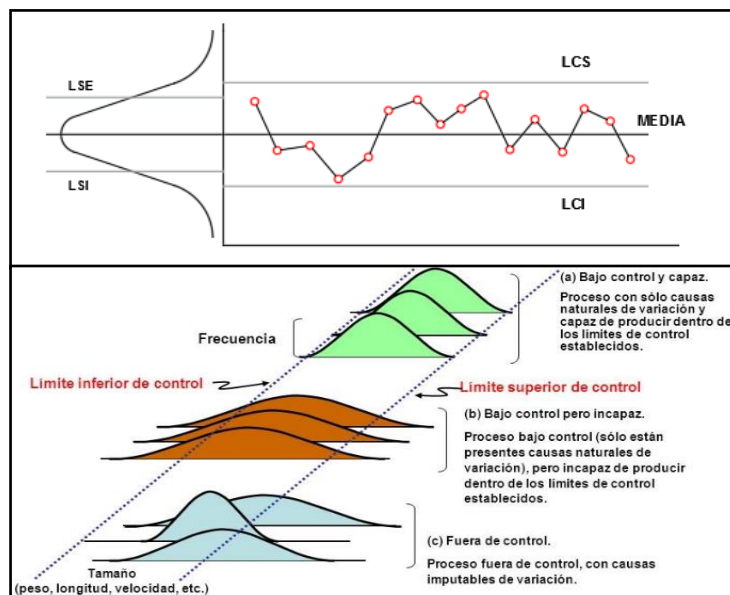


Nota. Se muestra la variación de los Costos de calidad(desperdicio/ahorro) durante el año 2020.

Fuente: LSS Instituto.

Figura 29

Control estadísticos de los procesos (LCS Y LCI)

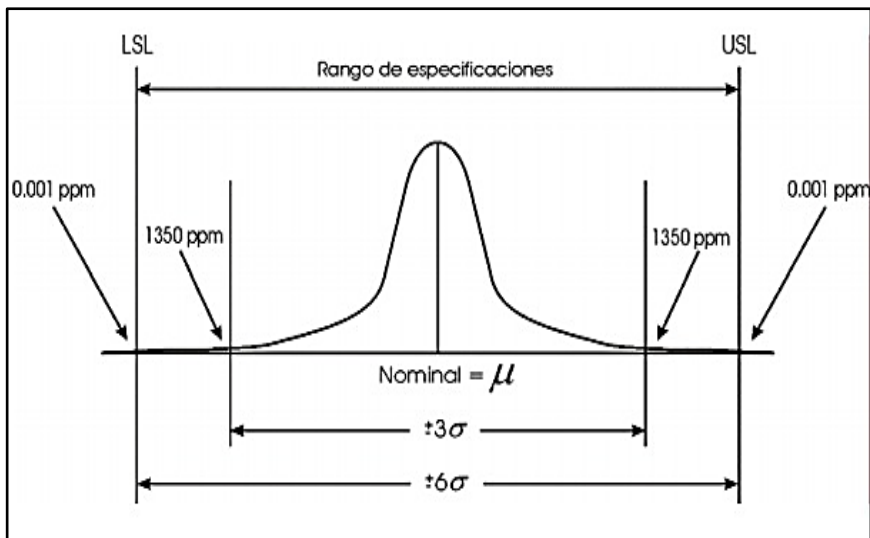


Nota. Se muestran los límites de control en dos formatos: gráfico y secuencial.

Fuente: Navarro.orgfree-2019.

Figura 30

Distribución Normal - Rango de especificaciones

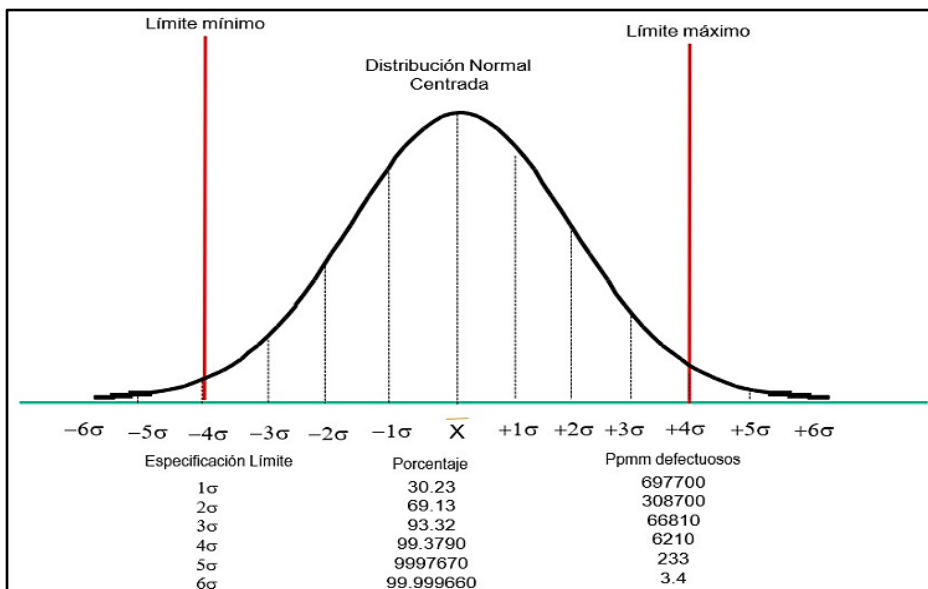


Nota. Modelo estadístico para determinar medias y rangos.

Fuente: (Forrest breyfogle, 1946).

Figura 31

Distribución Normal Centrada

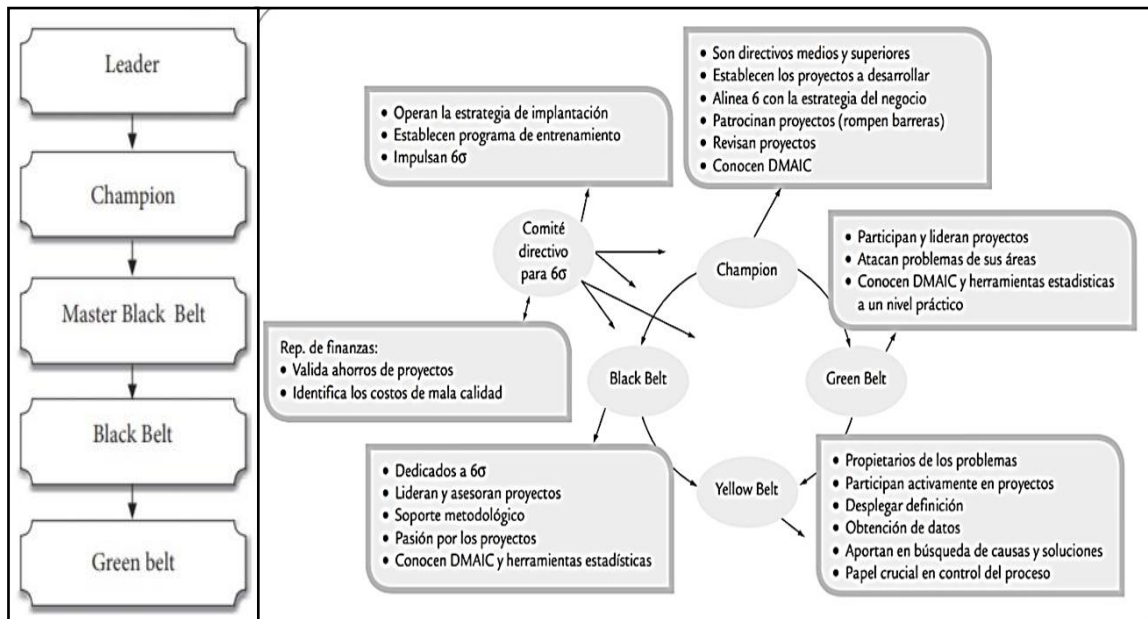


Nota. Modelo gráfico de la distribución normal.

Fuente: Control Estadístico de la Calidad y Six Sigma de Román De La Vara Salazar-2019.

Figura 32

Cuadro de mando interrelacionado - Six Sigma



Nota. Estructura directiva LSS.

Fuente: Gutiérrez Pulido H. 2020.

Figura 33

Estructura organizacional típica del Six Sigma

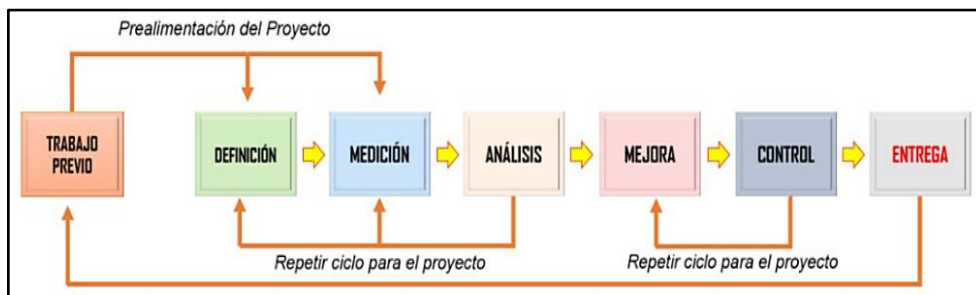
NOMBRE	ROL	CARACTERÍSTICAS	CAPACITACIÓN A RECIBIR	ACREDITACIÓN
Líder de implementación	Dirección del comité directivo para 6σ. Suele tener una jerarquía sólo por abajo del máximo líder ejecutivo de la organización.	Profesional con experiencia en la mejora empresarial en calidad, es muy respetado en la estructura directiva.	Liderazgo, calidad, conocimiento estadístico básico (pensamiento estadístico); entendimiento del programa 6σ y de su metodología (DMAMC).	
<i>Champions</i> y/o patrocinadores	Gerentes de planta y gerentes de área, son los dueños de los problemas; establecen problemas y prioridades. Responsables de garantizar el éxito de la implementación de 6σ en sus áreas de influencia.	Dedicación, entusiasmo, fe en sus proyectos, capacidad para administrar.	Liderazgo, calidad, conocimiento estadístico básico, y un buen entendimiento del programa Seis Sigma, así como de su metodología de desarrollo de proyecto (DMAMC).	Aprobar examen teórico-práctico acerca de las generalidades de 6σ y el proceso DMAMC.
<i>Master black belt</i> (MBB)	Dedicados 100% a 6σ, brindan asesoría y tienen la responsabilidad de mantener una cultura de calidad dentro de la empresa. Dirigen o asesoran proyectos clave. Son mentores de los BB.	Habilidades y conocimientos técnicos, estadísticos y en liderazgo de proyectos.	Requieren amplia formación en estadística y en los métodos de 6σ (de preferencia Maestría en estadística o calidad), y recibir el entrenamiento BB.	Haber dirigido cuando menos un proyecto exitoso y asesorado 20 proyectos exitosos. Aprobar examen teórico-práctico acerca de currículo BB y aspectos críticos de 6σ.
<i>Black belt</i> (BB)	Gente dedicada de tiempo completo a Seis Sigma, realizan y asesoran proyectos.	Capacidad de comunicación. Reconocido por el personal por su experiencia y conocimientos. Gente con futuro en la empresa.	Recibir el entrenamiento BB con una base estadística sólida.	Haber dirigido dos proyectos exitosos y asesorado cuatro. Aprobar examen teórico-práctico acerca del currículo BB y aspectos críticos de 6σ.
<i>Green belt</i>	Ingenieros, analistas financieros, expertos técnicos en el negocio; atacan problemas de sus áreas y están dedicados de tiempo parcial a 6σ. Participan y lideran equipos Seis Sigma.	Trabajo en equipo, motivación, aplicación de métodos (DMAMC), capacidad para dar seguimiento.	Recibir el entrenamiento BB.	Haber sido el líder de dos proyectos exitosos. Aprobar examen teórico-práctico acerca de currículo BB.
<i>Yellow belt</i>	Personal de piso que tiene problemas en su área.	Conocimiento de los problemas, motivación y voluntad de cambio.	Cultura básica de calidad y entrenamiento en herramientas estadísticas básicas, DMAMC y en solución de problemas.	Haber participado en un proyecto. Aprobar examen teórico-práctico acerca del entrenamiento básico que recibe.

Nota. Descripción de los roles en la formación de SS.

Fuente: Gutiérrez Pulido Humberto-2020.

Figura 34

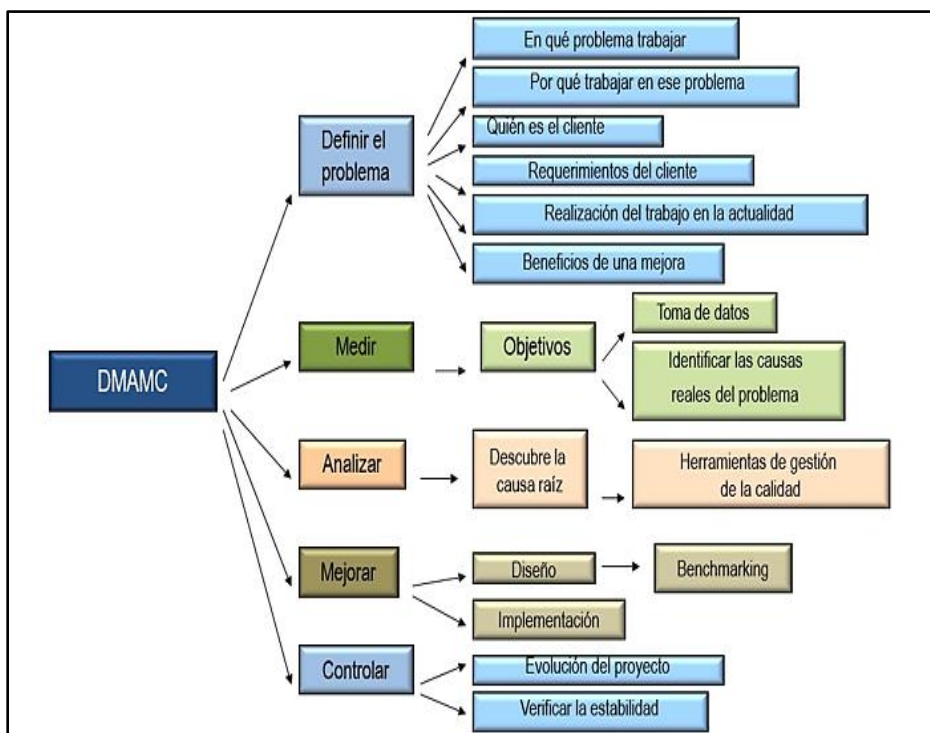
Operacionalización del DMAMCE



Nota. Fases de la metodología Six Sigma.

Figura 35

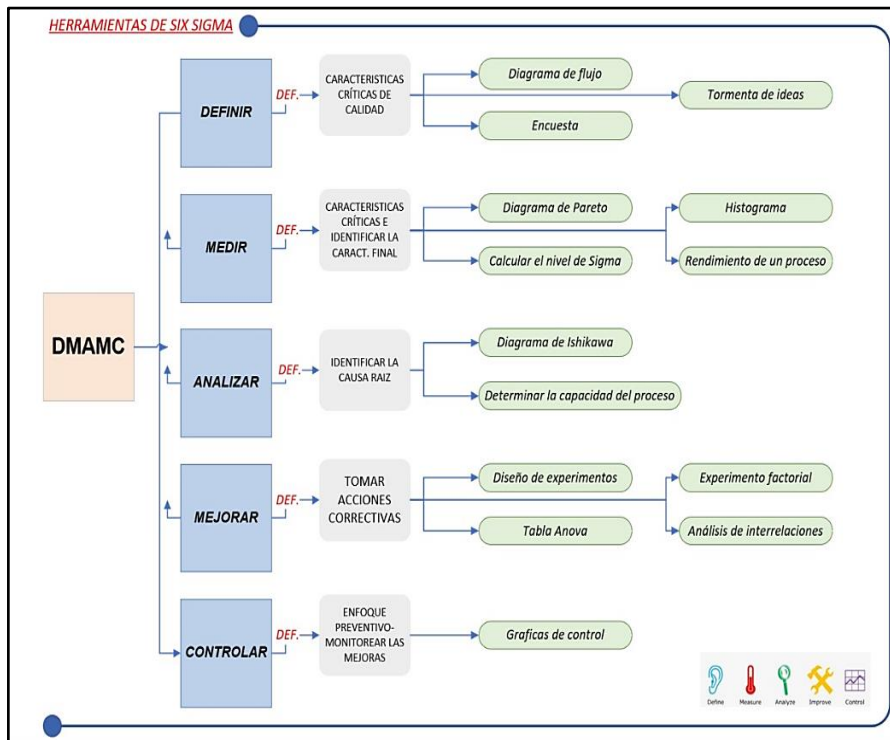
Fases de la metodología Six Sigma



Nota. Fases para realizar la aplicación e implementación de la metodología Six Sigma.

Figura 36

Herramientas de la metodología Six Sigma



Nota. Herramientas más utilizadas para el diseño de un sistema Six Sigma.

Figura 37

Capacidad del proceso

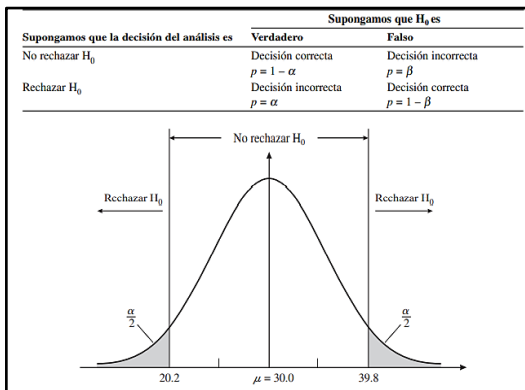


Nota. Representación gráfica de la voz del proceso y la voz del cliente.

Fuente: Ignacio Antonucci-2020.

Figura 38

Error de tipo i (α) y tipo ii (β)

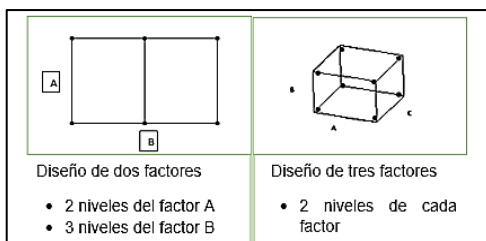


Nota. Errores del modelo alfa y beta.

Fuente: Gryna, F , Chua, & Defeo, A. ; en su libro “Análisis y Planeación de la Calidad-2007”.

Figura 39

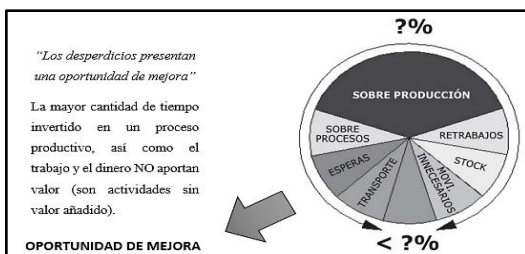
Niveles de factores



Nota. Modelo del nivel de factores, representado por dos figuras.

Figura 40

Despilfarros como oportunidad de mejora

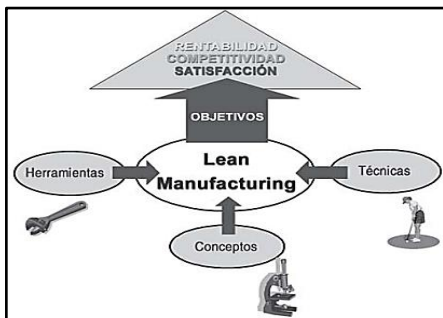


Nota. Tipos de desperdicios dentro de un proceso productivo.

Fuente: INSECI – Originalmente Instituto Colombiano de Estudios Superiores de Incolda.

Figura 41

Objetivos de Lean Manufacturing



Nota. Dirección de Lean Manufacturing.

Fuente: Manuel R.C. y Sánchez G.

Figura 42

Desperdicios de la metodología Lean Manufacturing



Nota. Modelo gráfico de los 7 desperdicios.

Fuente: Elaborado por la OBS Business School – España.

Figura 43

Sobreproducción en la empresa

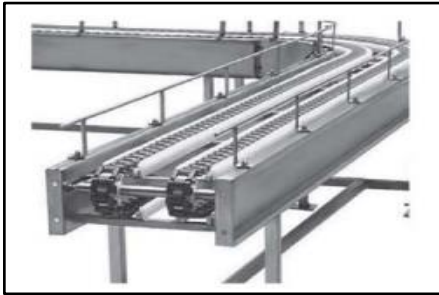


Nota. Productos producidos por encima de estandar.

Fuente: Manuel Rajadell C. y José Luis Sánchez G. "Lean Manufacturing-2010".

Figura 44

Tiempo de espera en faja transportadora

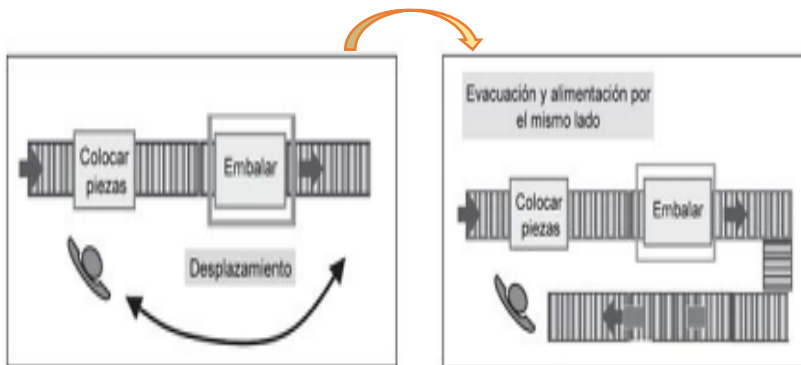


Nota. Línea o faja de espera industrial.

Fuente: Manuel Rajadell C. y José Luis Sánchez G. "Lean Manufacturing-2010".

Figura 45

Antes y después de un modelo de movimientos



Nota. Modelo de despilfarros – movimientos innecesarios. Fuente: Manuel Rajadell C. y José Luis Sánchez G. "Lean Manufacturing-2010".

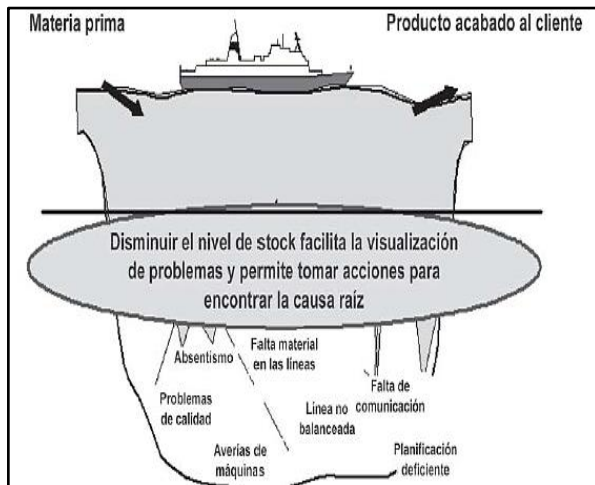
Figura 46

Sobreprocesos de selladores



Figura 47

Despilfarros generado por un exceso de inventarios

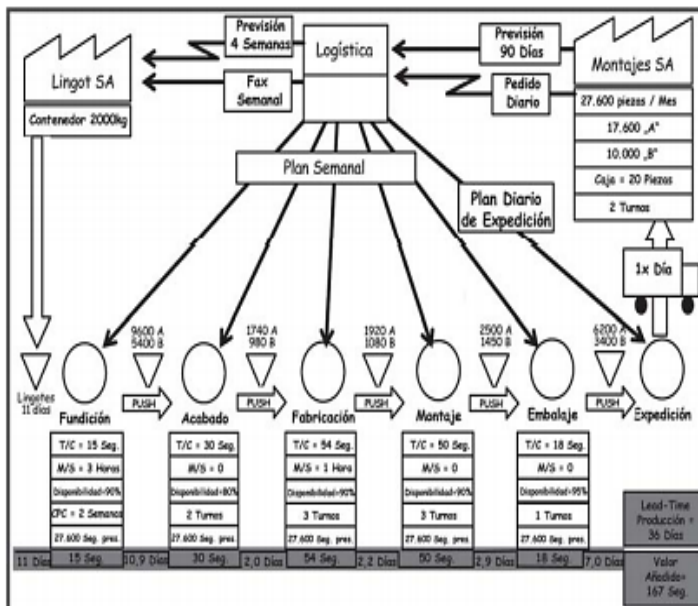


Nota. Modelo de inventarios – exceso.

Fuente: Lean Manufacturing-2010.

Figura 48

Ejemplo de diagramación VSM en una empresa

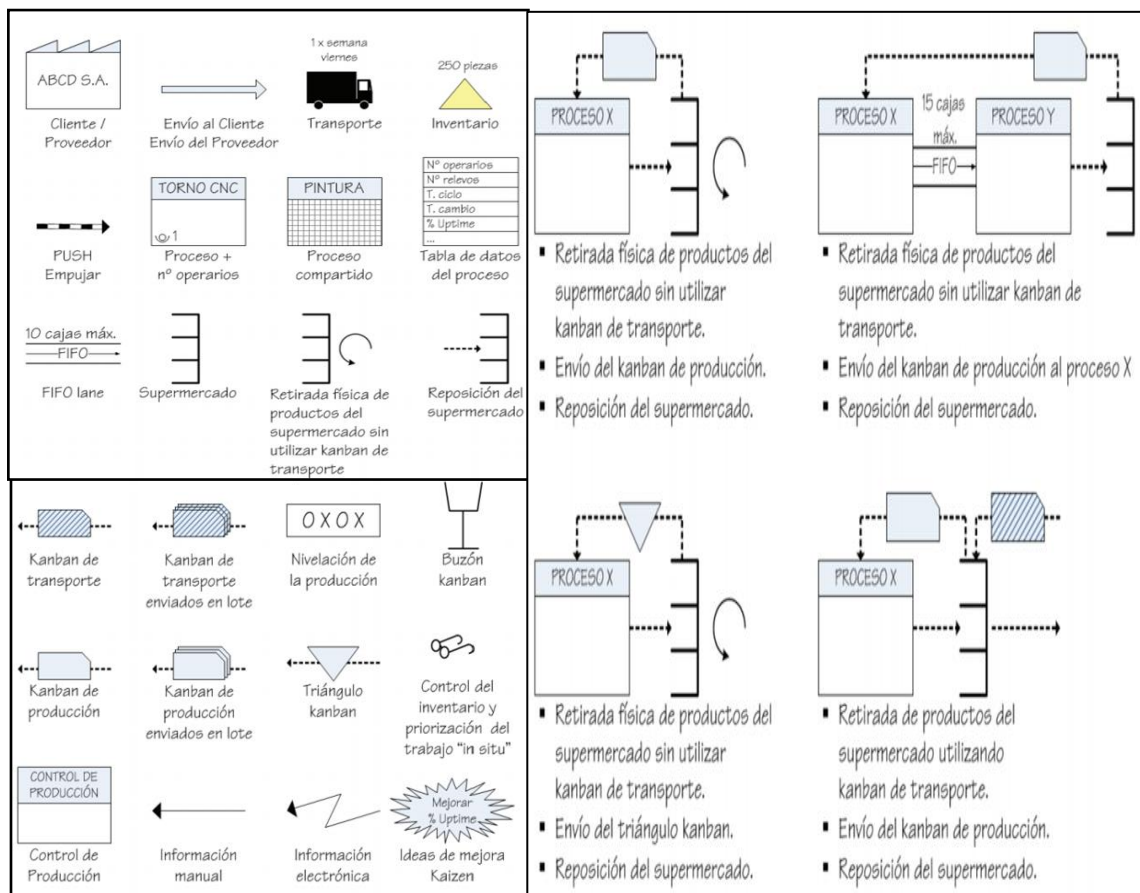


Nota. Modelado de sistema logístico.

Fuente: Manuel Rajadell & Carreras José Luis Sánchez G. (pag. 42)

Figura 49

Representación Simbólica Del VSM

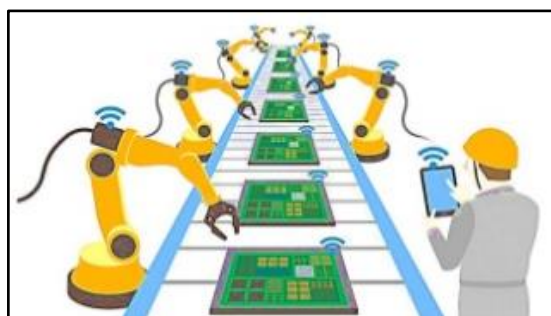


Nota. Simbología del VSM.

Fuente: Manuel Rajadell & Carreras José Luis Sánchez García (pag230).

Figura 50

Automatización con un toque humano



Nota. Modelo de un proceso de automatización.

Fuente: "Ingeniería Industrial Online".

Figura 51

Tarjeta Kanban

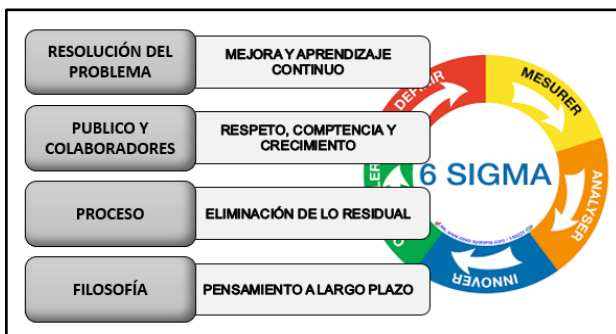


Nota. Modelo de una tarjeta Kanban.

Fuente: Manufactus - Manufacturing Solutions.

Figura 52

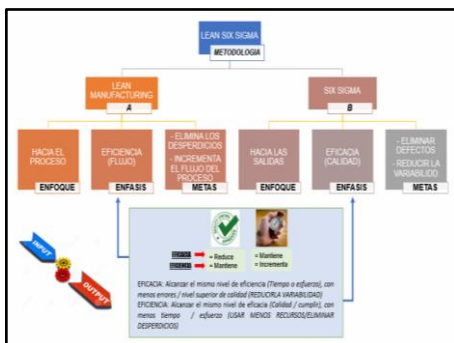
Fundamentos de Lean Six Sigma



Nota. Base teórica en la implantación de la propuesta.

Figura 53

Sinergia entre Metodologías

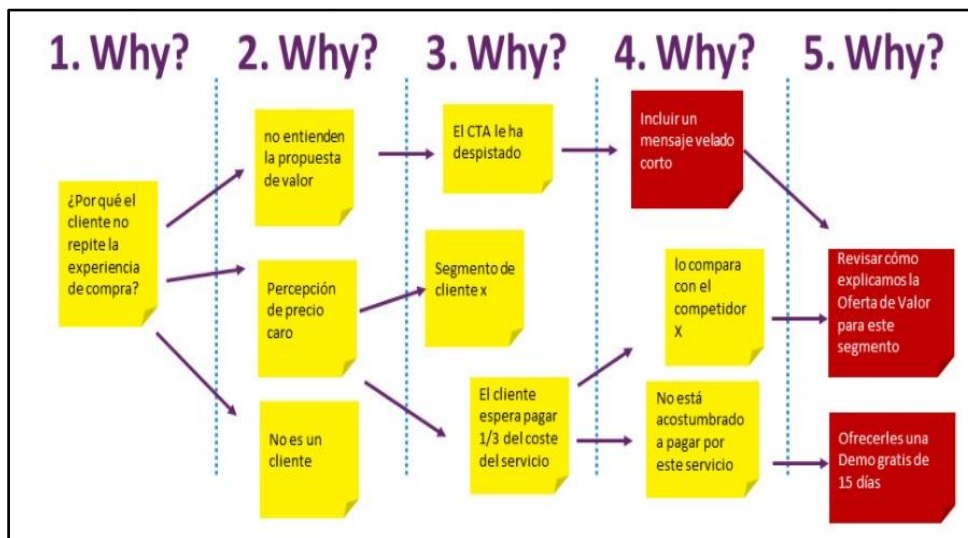


Nota. Enfoque en eficiencia y eficacia de las filosofías propuestas.

Fuente: Elaboración propia.

Figura 54

Herramienta de los 5 Porque's

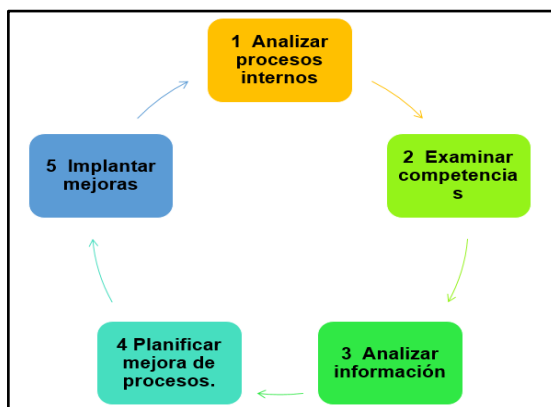


Nota. Desarrollo del proceso de la herramienta en mención.

Fuente: Design Kid de IDEO.

Figura 55

Proceso del Benchmarking

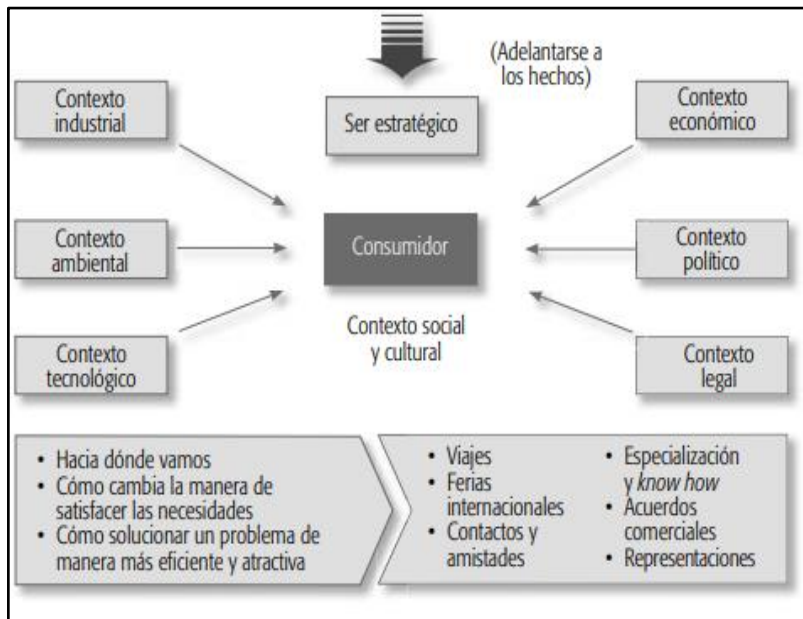


Nota. Se muestran los 5 procesos necesarios para la correcta elaboración de un benchmarking.

Fuente: Elaboración propia

Figura 56

Generación de una idea de proyecto

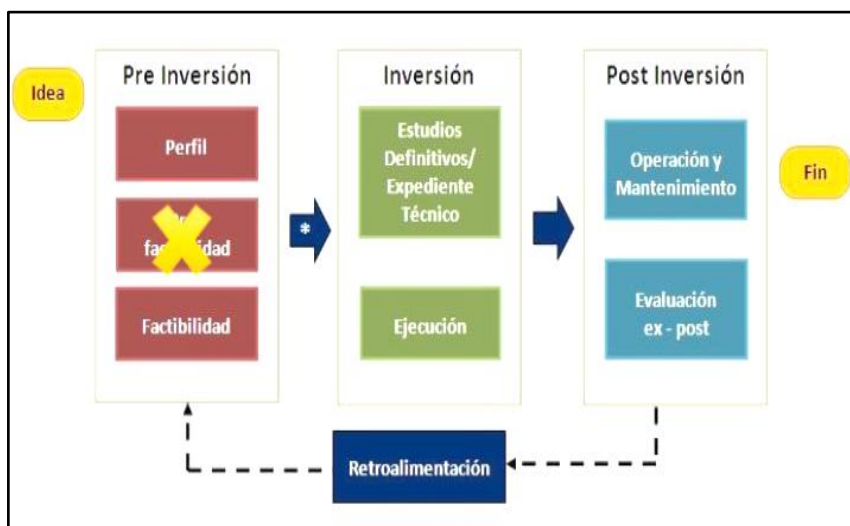


Nota. Preparación y evaluación de proyectos.

Fuente: Nassir Sapag Chain & Reinaldo Sapag Chain

Figura 57

Ciclo de un proyecto

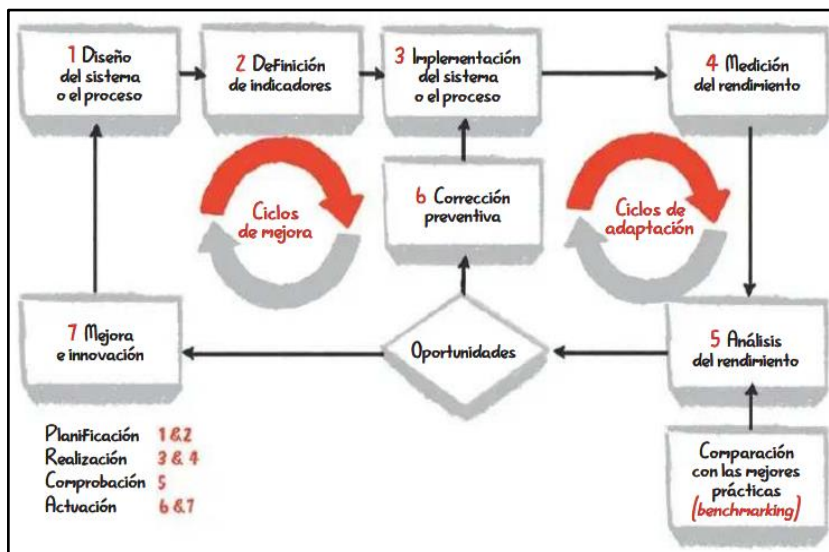


Nota. Proceso de la vida de un proyecto, enfocado en proyectos de inversión público, privado, entre otros.

Fuente: MEF-2017.

Figura 58

Ciclo de adaptación y mejora

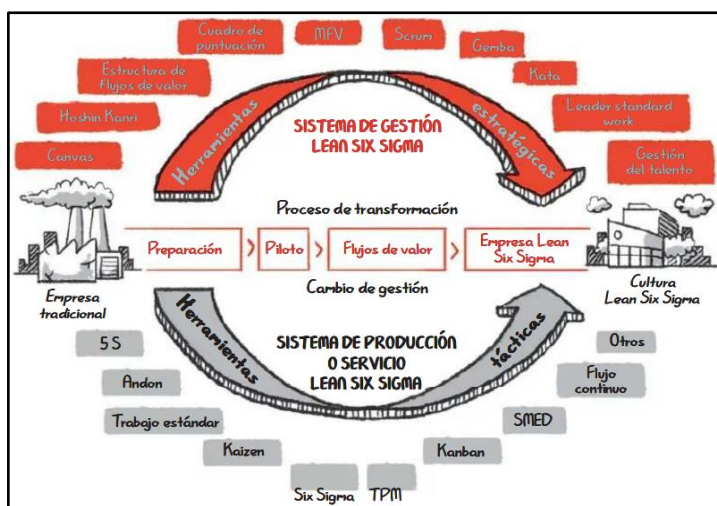


Nota. Sistema de gestión para liderar empresa, interpretado al ciclo de mejora y adaptación.

Fuente: Luis Socconini Carlo Reato (P26)

Figura 59

Modelo de transformación



Nota. Sistema de gestión para liderar empresas, enfocado en el sistema de producción o servicio del Lean Six Sigma.

Fuente: Luis Socconini Carlo Reato (P27).

Figura 60

Programas de capacitación

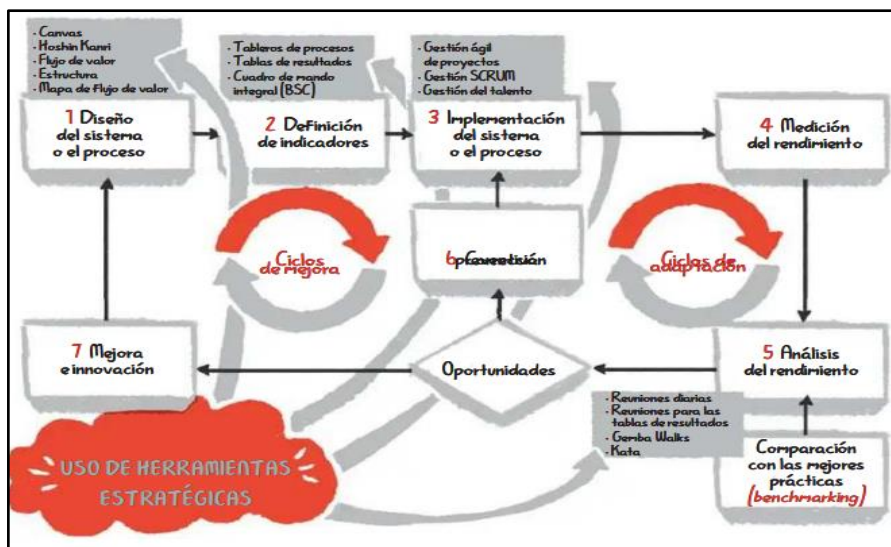
Formación	Abreviatura	Responsabil	Conocimiento	Tiempo	
				por módulo	Acumulada
Dirección eficaz	DE	Toda la dirección	Herramientas filosóficas, estratégicas y tácticas	8 h	8 h
Cinturón Blanco	CB	100 %	Herramientas básicas e introductorias	8 h	16 h
Cinturón amarillo	CA	20 - 50 %	Métodos y herramientas Lean	24 h	40 h
Cinturón verde	CV	10 - 20 %	Herramientas y métodos Six Sigma	40 h	80 h
Cinturón negro	CN	1 - 3 %	Liderazgo, gestión de proyectos, empresa Lean	40 h	120 h
Maestro con cinturón Blanco	MCB	1 por cada 10 CN	Gestión estratégica y herramientas de innovación	40 h	160 h

Nota. Sistema de gestión para liderar empresas, enfocado a los programas o cuadro de formación.

Fuente: Luis Socconini Carlo Reato (P53).

Figura 61

Herramientas Estratégicas

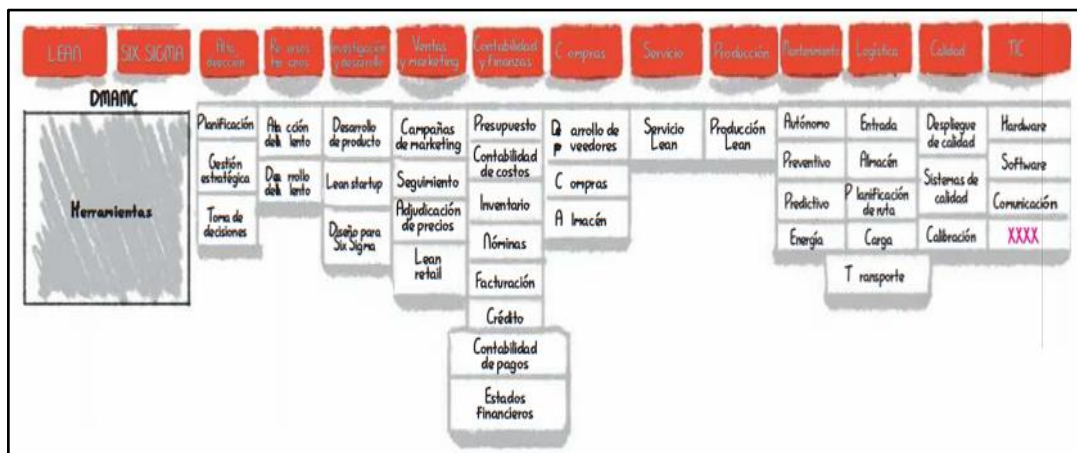


Nota. Sistema de gestión para liderar empresas, indicado al ciclo de mejora y adaptación.

Fuente: Luis Socconini Carlo Reato.

Figura 62

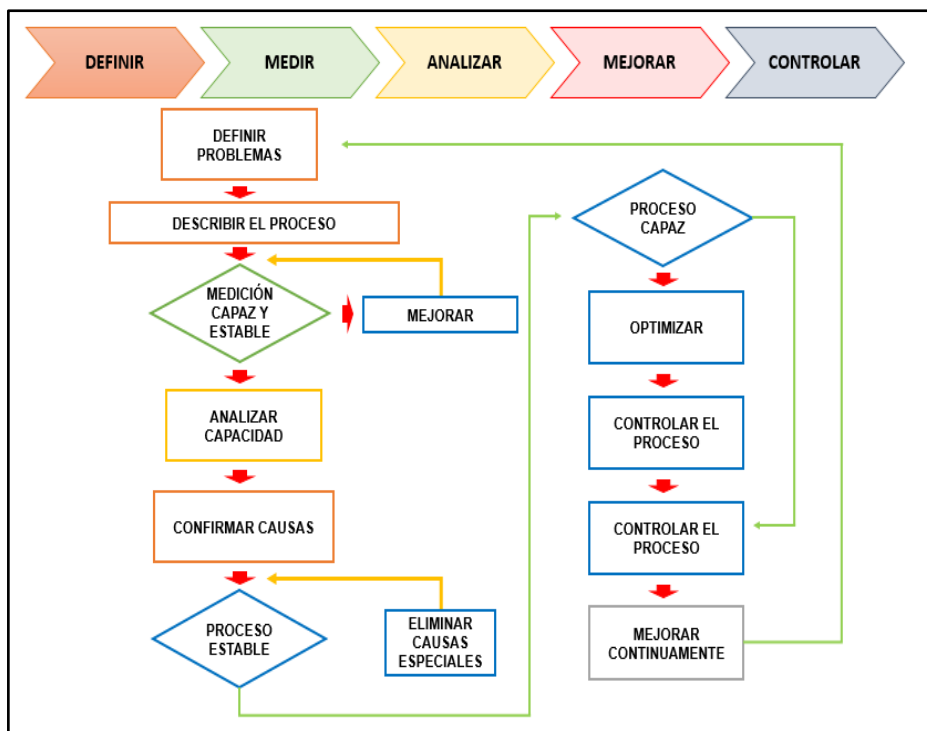
Herramientas tácticas



Nota. Sistema de gestión para liderar empresas, enfocado en los procesos y procedimientos que se efectúan en las diversas áreas de una organización.
 Fuente: Luis Socconini Carlo Reato.

Figura 63

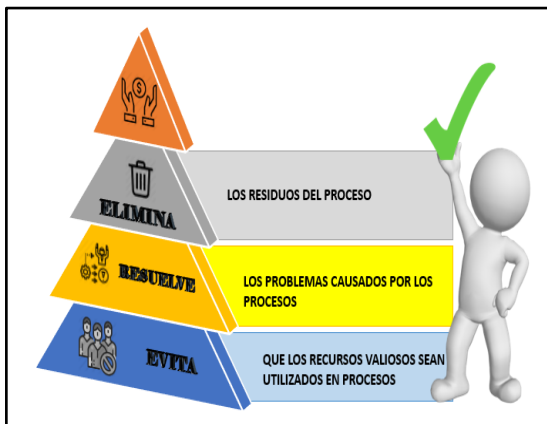
Procedimiento general de aplicación



Nota. Se muestra el proceso establecido para la aplicación de la metodología propuesta, además se indica una secuencia de operaciones de inicio a fin.

Figura 64

Disminución de costos mediante la metodología propuesta



Nota. Eliminación de residuos realizado a través de la metodología propuesta.

Figura 65

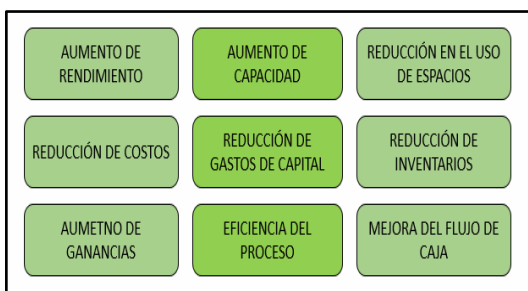
Mejora de la eficiencia con la metodología Lean Six Sigma



Nota. Mejoras gracias a la aplicación de la propuesta.

Figura 66

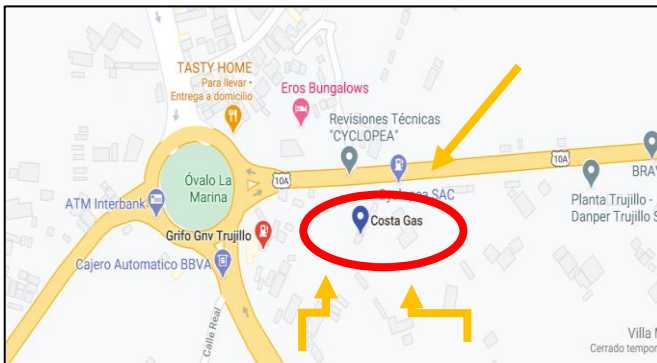
Beneficios generados



Nota. Se muestra los beneficios de calidad, producción, costos, procesos, entre otros, luego de aplicar la propuesta. Fuente: Elaboración propia.

Figura 67

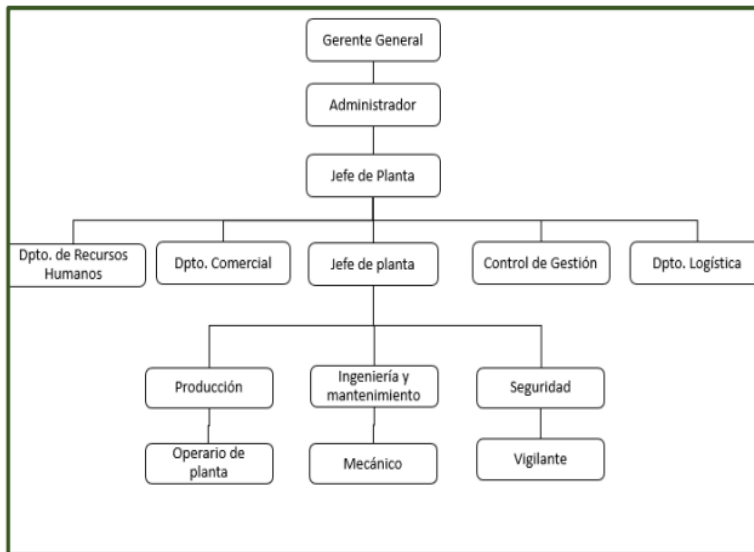
Ubicación de la planta



Nota. www.Costagas.pe

Figura 68

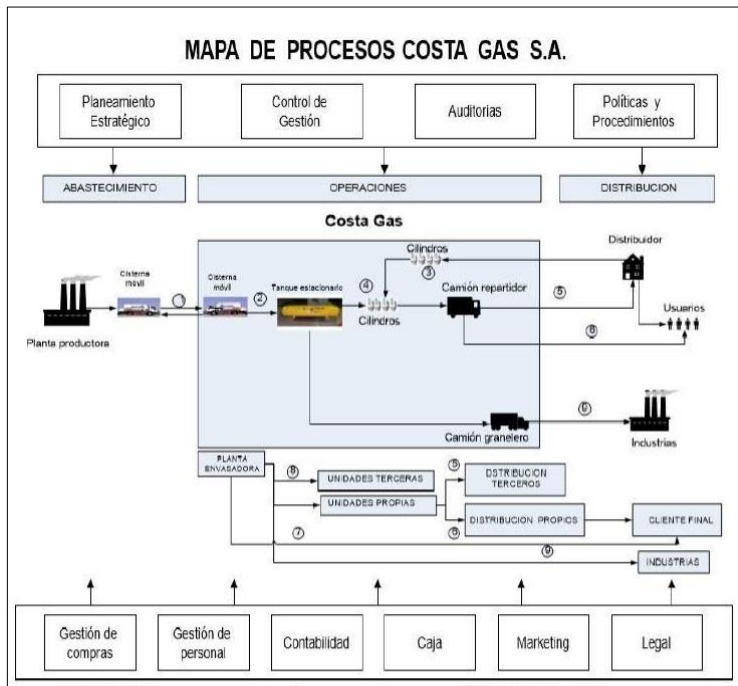
Organigrama de Costagas



Nota. Extraído de costagas.com

Figura 69

Mapa de procesos



Nota. Modelo de los procesos claves que Costagas realiza en su día a día.

Fuente: costagas-2020.

Figura 70

GLP- Granel



Nota. Costagas S.A.C

Figura 71

Productos

Balón de 10 kg



Balón de 45 kg



Figura 72

Válvulas

Válvula premium



Válvula normal



Figura 73

Cabina de pintado



Nota. Costagas S.A.C

Figura 74

Tarado de balones



Nota. Costagas S.A.C

Figura 75

Envasado de balones



Nota. Costagas S.A.C

Figura 76

Control de peso

PESO DEL CILINDRO ANTES DEL LLENADO:..... Kg.

PESO NETO DEL GLP :..... **10** Kg.

PESO TOTAL DEL CILINDRO :..... Kg.

Tolerancia del Peso Neto del GLP
(Reglamento aprobado por Decreto Supremo N° 01-94-EM)

Peso neto nominal del GLP	Tolerancia del peso neto (porcentaje)	Rangos de tolerancia de peso	
		Mínimo	Máximo
5 Kg.	± 2.5%	4.875 Kg	5.125 Kg
10 Kg.	± 2.5%	9.750 Kg	10.250 Kg
15 Kg.	± 2.5%	14.625 Kg	15.375 Kg
45 Kg.	± 1.0%	44.550 Kg	45.450 Kg

Cualquier denuncia por inconformidades sobre el peso neto de GLP puede ser presentada directamente a su proveedor o ante Osinermin, vía telefónica al 0800-41800 o a través de otros medios informáticos habilitados.

Nota. Costagas S.A.C

Figura 77

Inspección de precintados



Nota. Costagas S.A.C

Figura 78

Diagrama del proceso de operaciones del envasado de GLP

DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO					
Diagrama N°. A Hoja N°. 1A		OPERARIO <input type="checkbox"/>		MATERIAL <input type="checkbox"/>	
Objetivo: Revisión del proceso de envasado de balones de 10kg y 45kg		RESUMEN		EQUIPO <input checked="" type="checkbox"/>	
		ACTIVIDAD	ACTUAL	PROPUESTO	ECONOMÍA
Proceso analizado:		Operación	13		
		Transporte	6		
		Espera	2		
Metodo: DAP		Inspección	4		
Actual <input checked="" type="checkbox"/> Propuesto <input type="checkbox"/>		Almacenamiento	2		
Localización: Trujillo - Perú		Distancia (m)			
Operario: Trabajador		Tiempo (hr/hombre)			
		Costo			
		Total			
Elaborado por: Luis G. y		Comentarios			
Fecha: 27/08/2020					
Aprobado por: Diaz R.					
Fecha: 05/09/2020					
Descripción		Cantidad	Distancia	Tiempo	Símbolo
					<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
Recepción de balones - 10kg y 45kg		1			<input type="checkbox"/>
Se traslada los balones a un ambiente de productos vacíos		1			<input type="checkbox"/>
Acopio de los balones		1			<input type="checkbox"/>
Registro de balones vacíos		1			<input type="checkbox"/>
Traslado de balones vacíos para limpieza		1			<input type="checkbox"/>
Se procede a limpiar los balones		1			<input type="checkbox"/>
Retiro de óxido o diversos productos adheridos		1			<input type="checkbox"/>
Traslado de balones a zona de pintado		1			<input type="checkbox"/>
Espera por pintado		1			<input type="checkbox"/>
Colocación de balones en la posición correcta		1			<input type="checkbox"/>
Prendemos la máquina y procedemos a pintar		1			<input type="checkbox"/>
Proceder a emblemar		1			<input type="checkbox"/>
Traslado de balones a la balanza electrónica		1			<input type="checkbox"/>
Colocación de balones en la posición correcta de pesado		1			<input type="checkbox"/>
Pesamos el balón vacío		1			<input type="checkbox"/>
Colocar el peso del balón en el lomo del producto.		1			<input type="checkbox"/>
Traslado de balones a la balanza de envasado		1			<input type="checkbox"/>
Colocar el peso del balón en el sistema de la balanza de envasado		1			<input type="checkbox"/>
Colocar la pistola en el puerto del balón		1			<input type="checkbox"/>
Presionar la pistola y proceder al envasado		1			<input type="checkbox"/>
Envasado		1			<input type="checkbox"/>
Desconectar la pistola		1			<input type="checkbox"/>
Rectificar el peso con los estándares		1			<input type="checkbox"/>
Traslado a la zona de verificación		1			<input type="checkbox"/>
Procedimiento de fuga		1			<input type="checkbox"/>
Precintado		1			<input type="checkbox"/>
Traslado a la zona de producto terminado		1			<input type="checkbox"/>
TOTAL		27			13 6 2 4 2

Nota. Actividades realizadas en el proceso productivo.

Figura 79

Diagrama de operaciones del proceso (DOP), en el envasado de GLP

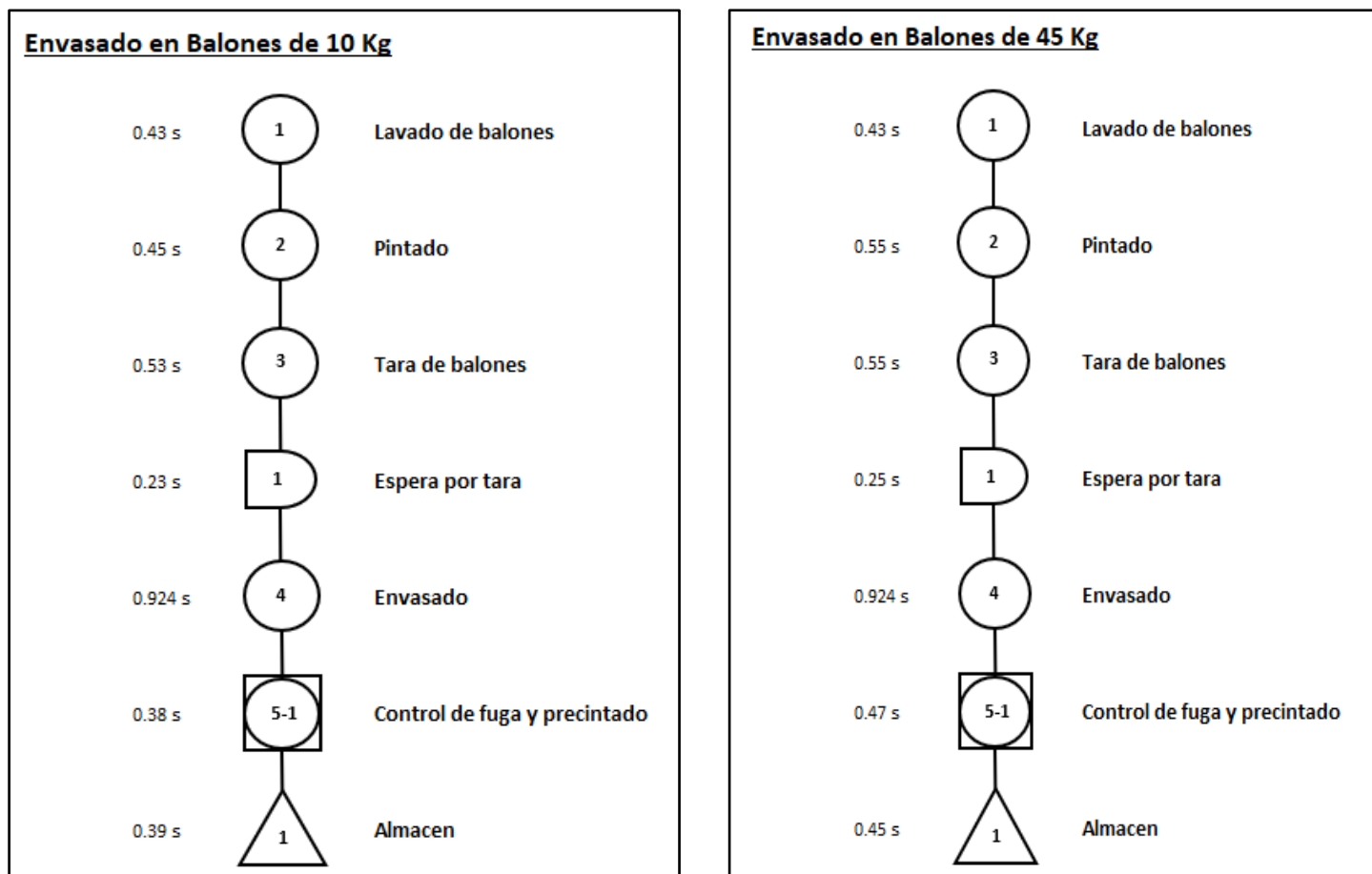


Figura 80*Conversión de rendimiento a nivel sigma.*

Yield %	Sigma	Defects Per Million Opportunities	Yield %	Sigma	Defects Per Million Opportunities
99.9997	6	3.4	93.32	3	66800
99.9995	5.92	5	91.92	2.9	80800
99.9992	5.81	8	90.32	2.8	96800
99.999	5.76	10	88.5	2.7	115000
99.998	5.61	20	86.5	2.6	135000
99.997	5.51	30	84.2	2.5	158000
99.996	5.44	40	81.6	2.4	184000
99.993	5.31	70	78.8	2.3	212000
99.99	5.22	100	75.8	2.2	242000
99.985	5.12	150	72.6	2.1	274000
99.977	5	230	69.2	2	308000
99.967	4.91	330	65.6	1.9	344000
99.952	4.8	480	61.8	1.8	382000
99.932	4.7	680	58	1.7	420000
99.904	4.6	960	54	1.6	460000
99.865	4.5	1350	50	1.5	500000
99.814	4.4	1860	46	1.4	540000
99.745	4.3	2550	43	1.32	570000
99.654	4.2	3460	39	1.22	610000
99.534	4.1	4660	35	1.11	650000
99.379	4	6210	31	1	690000
99.181	3.9	8190	28	0.92	720000
98.93	3.8	10700	25	0.83	750000
98.61	3.7	13900	22	0.73	780000
98.22	3.6	17800	19	0.62	810000
97.73	3.5	22700	16	0.51	840000
97.13	3.4	28700	14	0.42	860000
96.41	3.3	35900	12	0.33	880000
95.54	3.2	44600	10	0.22	900000
94.52	3.1	54800	8	0.09	920000

Figura 81

Diagrama de Ishikawa en balones defectuosos

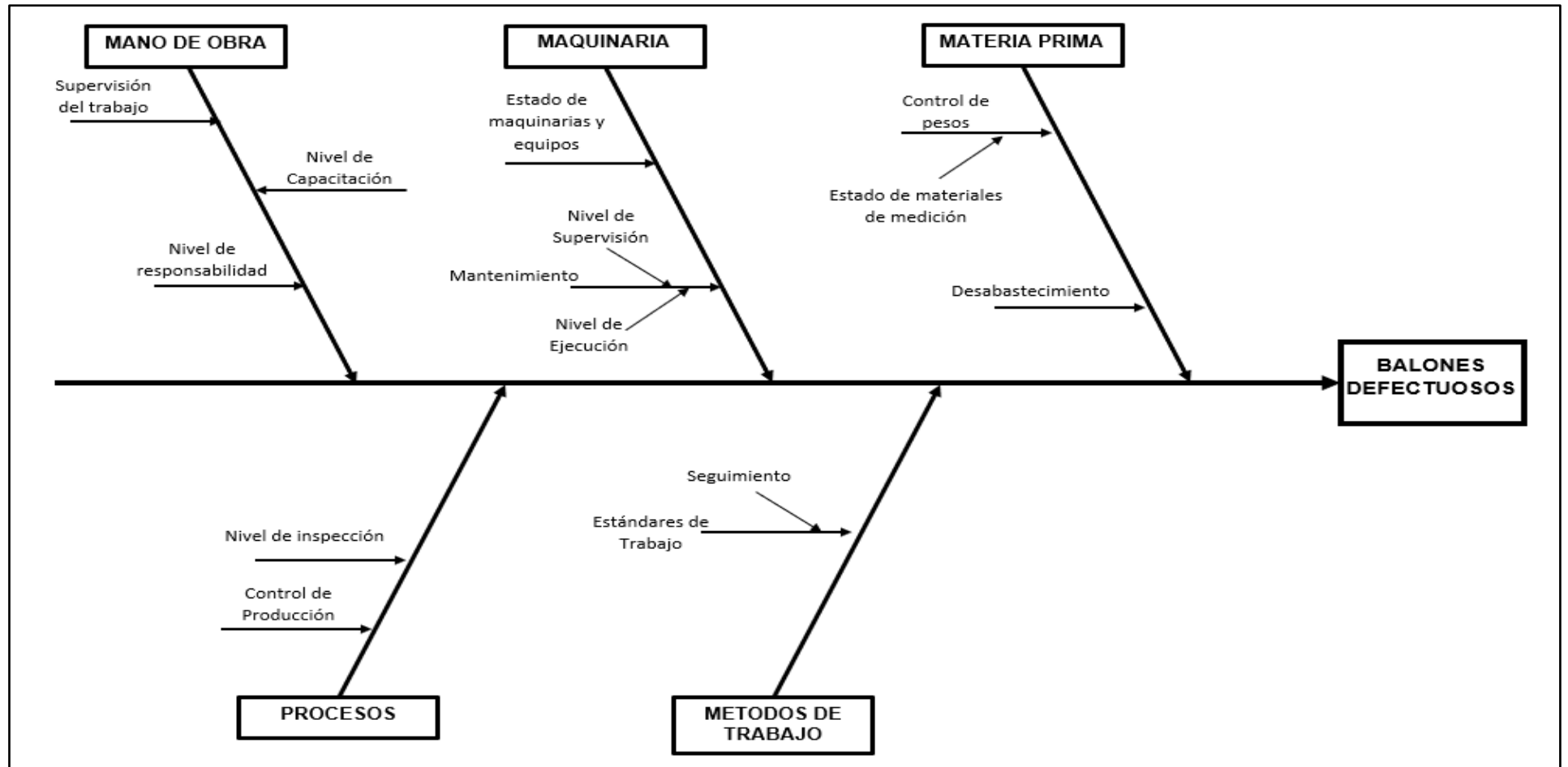


Tabla 16*Valores del cp y su interpretación*

Valor del cp.	índice	Clase/categoría del proceso	Decisión (si el proceso está centrado)
$C_p \geq 2$		Clase Mundial	Se tiene calidad Six Sigma
$C_p > 1.33$	1		Adecuado
$1 < C_p < 1.33$	2		Parcialmente adecuado (requiere de control)
$0.67 < C_p < 1$	3		No adecuado para el trabajo (requiere de modificaciones de base)
$C_p < 0.67$	4		No adecuado para el trabajo (existen pocas modificaciones)

Nota. Indicadores para medir el nivel sigma de un proceso.

Tabla 17*Defectos Por Millón de Oportunidades*

Σ	$F_n(\sigma + 1.5)$	$F_n(1.5 - \sigma)$	Probabilidad de un Defecto	Defecto por Millón de Oportunidades (DPMO)
0	0.933192771	0.933192771	1	1,000,000.000000
1	0.99379032	0.691462467	0.697672147	697,672.14722304
2	0.999767327	0.308537533	0.308770206	308,770.20600938
3	0.999996599	0.066807229	0.06681063	66,810.62959651
4	0.999999981	0.00620968	0.006209699	6,209.69889514
5		0.000232673	0.000232673	232.67341403
6		3.4008E-06	3.4008E-06	3.40080309
7.6502		3.8846E-10	3.8846E-10	0.00038846

Nota. Modelo para determinar el grado de DPMO.

Tabla 18

Características diferenciales según área funcional

DIRECCIÓN GENERAL	Estrategia a mediano y largo plazo	La Administración valora la experiencia al formularla.
	Estrategia directiva	Busca superar al competidor a base de audacia y cultura.
	Actuaciones estratégicas de dominio mundial	Son sectoriales: motocicletas, electrónica de consumo, etc.
	Redes de distribución	se invierte poco.
DIRECCIÓN COMERCIAL	Calidad de producto	Media y alta.
	Calidad de servicio	Baja.
	Factor tiempo	Está a su favor: aranceles, dumping, rebajas por modelo.
	Competidores	Se formulan acuerdos con ellos.
	Mercado	Hay muchas normas.
	Actitud con la administración emergente	ES exigente.
DIRECCIÓN DE PRODUCCIÓN	Relaciones de apoyo	Apoyo a los distribuidores.
	Puesto de trabajo	Se mide por tiempo ocupado.
	Responsabilidad	La responsabilidad en los objetivos fijados es personal.
	Mejoras	Continuas (o de ciclo corto).
	Calidad	Se integra en la producción.
	Velocidad máxima de ciclos	se busca rapidez máxima en el ciclo de producción.
	Investigación y desarrollo	Se subvenciona en todo el mundo y se comparan resultados.

Nota. Enfoque de la estrategia y la experiencia en 3 áreas funcionales.

Fuente: Elaborado por Manuel Rajadel.

Tabla 19*Detalles de desperdicios por defecto*

Características	Causas Posibles	Propuesta
-Pérdida de tiempo y dinero	-Incapacidad de procesos o proveedores.	-Automatización y definición de
-Pérdida de recursos	-Deficiencia del proceso productivo.	estandarización de los procesos
-Control de calidad deficiente	-Ausencia de capacitaciones y conocimientos.	-Incremento de la fiabilidad de la Maquinaria

Tabla 20*Sinergia entre Lean Manufacturing y Six Sigma*

Lean Manufacturing	Six Sigma
✓ La falta de atención al cliente	✓ La falta de atención al cliente
✓ La falta de autonomía personal	✓ Sistemas de medición inadecuados
✓ Espacios de trabajo ineficientes y desordenados	✓ Procesos subóptimos.
✓ Prácticas de mantenimiento	✓ Oportunidades de defectos
✓ Falta de entrenamiento cruzado	✓ Procesos y métricas obsoletos
✓ Exceso de inventario	✓ Falta de apropiación de procesos
✓ La falta de controles visibles	
✓ Procesos y métricas obsoletos	

Nota. Comparación de las filosofías.

Tabla 21*Aporte entre metodologías*

SS aporta Im	IM aporta a ss
✓ Identificación de roles para el logro de los resultados	✓ Identificación de desperdicios o esperas
✓ Provee herramientas de identificación de problemas y fuentes de variación	✓ Mejora el tiempo de ciclo y velocidad de los procesos
✓ Reconoce el impacto de la variación	✓ Incluye métodos de rápida acción
✓ Fortalecer en las fases de medición y análisis (DMAIC)	✓ Agilizar el Six Sigma eliminando pasos que no agregan valor

Tabla 22*Características de Lean y Six Sigma*

Metodología	Lean	SeisSigma
Teoría	Reducir los residuos	Reducir la variación
Directrices de aplicación	- Identificar el valor	- Definir
	- Identificar la cadena de valor	- Medida
	- Flujo	- Analizar
	- Jalar	- Mejorr
Enfoque	Flujo	Problema
	- Eliminación de residuos mejorará el rendimiento.	- Existe un problema
Supuestos	Muchas de las mejoras pequeñas son mejores que el análisis de sistema	- Las cifras y los números son valorados. La salida del sistema mejora si la variación en todos los procesos se reduce.
	Efecto Primario	Reducción del tiempo de flujo

Efectos Secundarios	<ul style="list-style-type: none"> - Menos variación - Da salida uniforme - Menos inventario - Nuevo sistema de contabilidad - Métricas de flujo - Mejora de Calidad 	<ul style="list-style-type: none"> - Menos residuos - Rendimiento Rápido - Menos inventario - Métricas de variación - Mejora de la calidad
Críticas	El análisis estadístico o el sistema no se valora	La interacción del sistema no se considera mejora de los procesos de forma independiente

Tabla 23

Datos del proceso productivo

Datos	Descripción
tiempo del proceso	Balones de 10kg y 45kg 8 h/día $H=8h/día*336días/año*15operarios$ 40320
h-H disponibles al año	A granel 2h/día 2 operarios Lavado=2 operarios Pintado=2 operarios
Asignación de operarios en el proceso productivo	Tara=4 operarios Envasado=4 operarios Control de peso=3 operarios Inspección y precintado=2 operarios

Nota. Costagas-2020.

Tabla 24*Producción del mes de Julio - S1*

Semana 1	Balón (10 kg)	Balón (45 kg)
Formato	unidades	unidades
Lunes	562	111
Martes	567	108
Miércoles	566	108
Jueves	563	110
Viernes	563	113
Sábado	565	109
Domingo	569	108

Tabla 25*Producción del mes de Julio - S2*

Semana 2	Balón (10 kg)	Balón (45 kg)
Formato	unidades	unidades
Lunes	563	110
Martes	562	113
Miércoles	566	112
Jueves	562	108
Viernes	568	111
Sábado	564	109
Domingo	565	109

Tabla 26*Producción del mes de Julio - S3*

Semana 3	Balón (10 kg)	Balón (45 kg)
Formato	unidades	unidades
Lunes	562	111
Martes	569	110
Miércoles	562	113

Jueves	568	113
Viernes	564	113
Sábado	563	108
Domingo	564	110

Tabla 27

Producción del mes de Julio - S4

Semana 4	Balón (10 kg)	Balón (45 kg)
Formato	unidades	unidades
Lunes	567	111
Martes	568	109
Miércoles	567	111
Jueves	562	109
Viernes	565	110
Sábado	564	110
Domingo	563	113

Tabla 28

Producción del mes de Agosto - S1

Semana 1	Balón (10 kg)	Balón (45 kg)
Formato	unidades	unidades
Lunes	569	111
Martes	565	113
Miércoles	564	110
Jueves	567	109
Viernes	564	110
Sábado	569	113
Domingo	565	109

Tabla 29*Producción del mes de Agosto - S2*

Semana 2	Balón (10 kg)	Balón (45 kg)
Formato	unidades	unidades
Lunes	564	112
Martes	564	112
Miércoles	568	108
Jueves	567	112
Viernes	567	112
Sábado	569	109
Domingo	568	108

Tabla 30*Producción del mes de Agosto - S3*

Semana 3	Balón (10 kg)	Balón (45 kg)
Formato	unidades	unidades
Lunes	563	112
Martes	564	113
Miércoles	567	108
Jueves	569	108
Viernes	565	112
Sábado	564	108
Domingo	562	112

Tabla 31*Producción del mes de Agosto - S4*

Semana 4	Balón (10 kg)	Balón (45 kg)
Formato	unidades	unidades
Lunes	565	112
Martes	566	111
Miércoles	565	111
Jueves	563	110
Viernes	563	113
Sábado	563	108
Domingo	564	111

Tabla 32*Producción del mes de septiembre - S1*

Semana 1	Balón (10 kg)	Balón (45 kg)
Formato	unidades	unidades
Lunes	567	112
Martes	563	108
Miércoles	563	108
Jueves	565	113
Viernes	569	108
Sábado	566	111
Domingo	563	111

Tabla 33*Producción del mes de Septiembre - S2*

Semana 2	Balón (10 kg)	Balón (45 kg)
Formato	unidades	unidades
Lunes	568	110
Martes	566	110
Miércoles	563	112
Jueves	568	111
Viernes	568	113
Sábado	568	110
Domingo	566	111

Tabla 34*Producción del mes de Septiembre - S3*

Semana 3	Balón (10 kg)	Balón (45 kg)
Formato	unidades	unidades
Lunes	563	108
Martes	569	112
Miércoles	566	112
Jueves	568	110
Viernes	563	111
Sábado	567	108
Domingo	563	112

Tabla 35*Producción del mes de Septiembre - S4*

Semana 4	Balón (10 kg)	Balón (45 kg)
Formato	unidades	unidades
Lunes	562	110
Martes	567	109
Miércoles	565	113
Jueves	562	113
Viernes	568	108
Sábado	565	109
Domingo	567	113

Tabla 36*Producción del mes de Octubre - S1*

Semana 1	Balón (10 kg)	Balón (45 kg)
Formato	unidades	unidades
Lunes	562	112
Martes	564	111
Miércoles	562	111
Jueves	567	109
Viernes	568	112
Sábado	566	111
Domingo	565	111

Tabla 37*Producción del mes de Octubre - S2*

Semana 2	Balón (10 kg)	Balón (45 kg)
Formato	unidades	Unidades
Lunes	568	111
Martes	568	112
Miércoles	569	108
Jueves	562	108
Viernes	562	108
Sábado	566	112
Domingo	564	113

Tabla 38*Producción del mes de Octubre - S3*

Semana 3	Balón (10 kg)	Balón (45 kg)
Formato	unidades	unidades
Lunes	567	113
Martes	568	111
Miércoles	567	110
Jueves	568	109
Viernes	567	112
Sábado	563	111
Domingo	569	108

Tabla 39*Producción del mes de Octubre - S4*

Semana 4	Balón (10 kg)	Balón (45 kg)
Formato	unidades	unidades
Lunes	562	112
Martes	569	111
Miércoles	565	109
Jueves	566	111
Viernes	565	110
Sábado	567	112
Domingo	566	108

Tabla 40*Producción del mes de Noviembre - S1*

Semana 1	Balón (10 kg)	Balón (45 kg)
Formato	unidades	unidades
Lunes	569	108
Martes	566	110
Miércoles	563	113
Jueves	565	111
Viernes	566	108
Sábado	567	113
Domingo	567	108

Tabla 41*Producción del mes de Noviembre - S2*

Semana 2	Balón (10 kg)	Balón (45 kg)
Formato	unidades	unidades
Lunes	566	112
Martes	568	111
Miércoles	565	109
Jueves	567	109
Viernes	567	112
Sábado	567	109
Domingo	565	108

Tabla 42*Producción del mes de Noviembre - S3*

Semana 3	Balón (10 kg)	Balón (45 kg)
Formato	unidades	unidades
Lunes	566	113
Martes	562	113
Miércoles	563	110
Jueves	568	111
Viernes	568	112
Sábado	565	111
Domingo	564	111

Tabla 43*Producción del mes de Noviembre - S4*

Semana 4	Balón (10 kg)	Balón (45 kg)
Formato	unidades	unidades
Lunes	564	113
Martes	568	113
Miércoles	569	110
Jueves	563	109
Viernes	566	112
Sábado	564	108
Domingo	564	113

Tabla 44*Producción del mes de Diciembre - S1*

Semana 1	Balón (10 kg)	Balón (45 kg)
Formato	unidades	unidades
Lunes	568	109
Martes	569	108
Miércoles	562	112
Jueves	562	112
Viernes	568	113
Sábado	568	112
Domingo	564	108

Tabla 45*Producción del mes de Diciembre - S2*

Semana 2	Balón (10 kg)	Balón (45 kg)
Formato	unidades	unidades
Lunes	569	112
Martes	569	113
Miércoles	563	112
Jueves	566	110
Viernes	562	111
Sábado	569	112
Domingo	566	111

Tabla 46*Producción del mes de Diciembre - S3*

Semana 3	Balón (10 kg)	Balón (45 kg)
Formato	unidades	unidades
Lunes	568	112
Martes	563	112
Miércoles	567	109
Jueves	568	112
Viernes	564	111
Sábado	565	111
Domingo	566	110

Tabla 47*Producción del mes de Diciembre - S4*

Semana 4	Balón (10 kg)	Balón (45 kg)
Formato	unidades	Unidades
Lunes	563	109
Martes	564	111
Miércoles	565	112
Jueves	565	111
Viernes	563	112
Sábado	566	109
Domingo	567	111

Tabla 48*Productividad de la mano de obra – julio S1*

Semana 1	Balón (10 kg)	Balón (45 kg)
Formato	unidades	unidades
Producción por semana	3,955	767
Cantidad de trabajadores	15	15
Horas disponibles x semana	630	210
Productividad	6.28	3.65

La tabla nos muestra la productividad de la semana 1 – julio, con un valor de 6 balones por h-H y 4 balones por h-H, en balones de 10 y 45kg respectivamente.

Tabla 49*Productividad de la mano de obra – julio S2*

Semana 2	Balón (10 kg)	Balón (45 kg)
Formato	unidades	unidades
Producción por semana	3,950	772
Cantidad de trabajadores	15	15
Horas disponibles x semana	630	210
Productividad	6.27	3.68

La tabla nos muestra la productividad de la semana 2 – julio, con un valor de 6 balones por h-H y 4 balones por h-H, en balones de 10 y 45kg respectivamente.

Tabla 50*Productividad de la mano de obra – julio S3*

Semana 3	Balón (10 kg)	Balón (45 kg)
Formato	unidades	unidades
Producción por semana	3,952	778
Cantidad de trabajadores	15	15
Horas disponibles x semana	630	210
Productividad	6.27	3.70

La tabla nos muestra la productividad de la semana 3 – julio, con un valor de 6 balones por h-H y 4 balones por h-H, en balones de 10 y 45kg respectivamente.

Tabla 51*Productividad de la mano de obra – julio S4*

Semana 4	Balón (10 kg)	Balón (45 kg)
Formato	unidades	unidades
Producción por semana	3,956	773
Cantidad de trabajadores	15	15
Horas disponibles x semana	630	210
Productividad	6.28	3.68

La tabla nos muestra la productividad de la semana 4 – julio, con un valor de 6 balones por h-H y 4 balones por h-H, en balones de 10 y 45kg respectivamente.

Tabla 52*Productividad de la mano de obra – agosto S1*

Semana 1	Balón (10 kg)	Balón (45 kg)
Formato	unidades	unidades
Producción por semana	3,963	775
Cantidad de trabajadores	15	15
Horas disponibles x semana	630	210
Productividad	6.29	3.69

La tabla nos muestra la productividad de la semana 1 – agosto, con un valor de 6 balones por h-H y 4 balones por h-H, en balones de 10 y 45kg respectivamente.

Tabla 53*Productividad de la mano de obra – agosto S2*

Semana 2	Balón (10 kg)	Balón (45 kg)
Formato	unidades	unidades
Producción por semana	3,967	773
Cantidad de trabajadores	15	15
Horas disponibles x semana	630	210
Productividad	6.30	3.68

La tabla nos muestra la productividad de la semana 2 – agosto, con un valor de 6 balones por h-H y 4 balones por h-H, en balones de 10 y 45kg respectivamente.

Tabla 54*Productividad de la mano de obra – agosto S3*

Semana 3	Balón (10 kg)	Balón (45 kg)
Formato	unidades	unidades
Producción por semana	3,954	773
Cantidad de trabajadores	15	15
Horas disponibles x semana	630	210
Productividad	6.28	3.68

La tabla nos muestra la productividad de la semana 3 – agosto, con un valor de 6 balones por h-H y 4 balones por h-H, en balones de 10 y 45kg respectivamente.

Tabla 55*Productividad de la mano de obra – agosto S4*

Semana 4	Balón (10 kg)	Balón (45 kg)
Formato	unidades	unidades
Producción por semana	3,949	776
Cantidad de trabajadores	15	15
Horas disponibles x semana	630	210
Productividad	6.27	3.70

La tabla nos muestra la productividad de la semana 4 – agosto, con un valor de 6 balones por h-H y 4 balones por h-H, en balones de 10 y 45kg respectivamente.

Tabla 56*Productividad de la mano de obra – septiembre S1*

Semana 1	Balón (10 kg)	Balón (45 kg)
Formato	unidades	unidades
Producción por semana	3,956	771
Cantidad de trabajadores	15	15
Horas disponibles x semana	630	210
Productividad	6.28	3.67

La tabla nos muestra la productividad de la semana 1 – septiembre, con un valor de 6 balones por h-H y 4 balones por h-H, en balones de 10 y 45kg respectivamente.

Tabla 57*Productividad de la mano de obra – septiembre S2*

Semana 2	Balón (10 kg)	Balón (45 kg)
Formato	unidades	unidades
Producción por semana	3,967	777
Cantidad de trabajadores	15	15
Horas disponibles x semana	630	210
Productividad	6.30	3.70

La tabla nos muestra la productividad de la semana 2 – septiembre, con un valor de 6 balones por h-H y 4 balones por h-H, en balones de 10 y 45kg respectivamente.

Tabla 58*Productividad de la mano de obra – septiembre S3*

Semana 3	Balón (10 kg)	Balón (45 kg)
Formato	unidades	unidades
Producción por semana	3,959	773
Cantidad de trabajadores	15	15
Horas disponibles x semana	630	210
Productividad	6.28	3.68

La tabla nos muestra la productividad de la semana 3 – septiembre, con un valor de 6 balones por h-H y 4 balones por h-H, en balones de 10 y 45kg respectivamente.

Tabla 59*Productividad de la mano de obra – septiembre S4*

Semana 4	Balón (10 kg)	Balón (45 kg)
Formato	unidades	unidades
Producción por semana	3,956	775
Cantidad de trabajadores	15	15
Horas disponibles x semana	630	210
Productividad	6.28	3.69

La tabla nos muestra la productividad de la semana 4 – septiembre, con un valor de 6 balones por h-H y 4 balones por h-H, en balones de 10 y 45kg respectivamente.

Tabla 60*Productividad de la mano de obra – octubre S1*

Semana 1	Balón (10 kg)	Balón (45 kg)
Formato	unidades	unidades
Producción por semana	3,954	777
Cantidad de trabajadores	15	15
Horas disponibles x semana	630	210
Productividad	6.28	3.70

La tabla nos muestra la productividad de la semana 1 – octubre, con un valor de 6 balones por h-H y 4 balones por h-H, en balones de 10 y 45kg respectivamente.

Tabla 61*Productividad de la mano de obra – octubre S2*

Semana 2	Balón (10 kg)	Balón (45 kg)
Formato	unidades	unidades
Producción por semana	3,959	772
Cantidad de trabajadores	15	15
Horas disponibles x semana	630	210
Productividad	6.28	3.68

La tabla nos muestra la productividad de la semana 2 – octubre, con un valor de 6 balones por h-H y 4 balones por h-H, en balones de 10 y 45kg respectivamente.

Tabla 62*Productividad de la mano de obra – octubre S3*

Semana 3	Balón (10 kg)	Balón (45 kg)
Formato	unidades	unidades
Producción por semana	3,969	774
Cantidad de trabajadores	15	15
Horas disponibles x semana	630	210
Productividad	6.30	3.69

La tabla nos muestra la productividad de la semana 3 – octubre, con un valor de 6 balones por h-H y 4 balones por h-H, en balones de 10 y 45kg respectivamente.

Tabla 63*Productividad de la mano de obra – octubre S4*

Semana 4	Balón (10 kg)	Balón (45 kg)
Formato	unidades	unidades
Producción por semana	3,960	773
Cantidad de trabajadores	15	15
Horas disponibles x semana	630	210
Productividad	6.29	3.68

La tabla nos muestra la productividad de la semana 4 – octubre, con un valor de 6 balones por h-H y 4 balones por h-H, en balones de 10 y 45kg respectivamente.

Tabla 64*Productividad de la mano de obra – noviembre S1*

Semana 1	Balón (10 kg)	Balón (45 kg)
Formato	unidades	unidades
Producción por semana	3,963	771
Cantidad de trabajadores	15	15
Horas disponibles x semana	630	210
Productividad	6.29	3.67

La tabla nos muestra la productividad de la semana 1 – noviembre, con un valor de 6 balones por h-H y 4 balones por h-H, en balones de 10 y 45kg respectivamente.

Tabla 65*Productividad de la mano de obra – noviembre S2*

Semana 2	Balón (10 kg)	Balón (45 kg)
Formato	unidades	unidades
Producción por semana	3,965	770
Cantidad de trabajadores	15	15
Horas disponibles x semana	630	210
Productividad	6.29	3.67

La tabla nos muestra la productividad de la semana 2 – noviembre, con un valor de 6 balones por h-H y 4 balones por h-H, en balones de 10 y 45kg respectivamente.

Tabla 66*Productividad de la mano de obra – noviembre S3*

Semana 3	Balón (10 kg)	Balón (45 kg)
Formato	unidades	unidades
Producción por semana	3,956	781
Cantidad de trabajadores	15	15
Horas disponibles x semana	630	210
Productividad	6.28	3.72

La tabla nos muestra la productividad de la semana 3 – noviembre, con un valor de 6 balones por h-H y 4 balones por h-H, en balones de 10 y 45kg respectivamente.

Tabla 67*Productividad de la mano de obra – noviembre S4*

Semana 4	Balón (10 kg)	Balón (45 kg)
Formato	unidades	unidades
Producción por semana	3,958	778
Cantidad de trabajadores	15	15
Horas disponibles x semana	630	210
Productividad	6.28	3.70

La tabla nos muestra la productividad de la semana 4 – noviembre, con un valor de 6 balones por h-H y 4 balones por h-H, en balones de 10 y 45kg respectivamente.

Tabla 68*Productividad de la mano de obra – diciembre S1*

Semana 1	Balón (10 kg)	Balón (45 kg)
Formato	unidades	unidades
Producción por semana	3,961	774
Cantidad de trabajadores	15	15
Horas disponibles x semana	630	210
Productividad	6.29	3.69

La tabla nos muestra la productividad de la semana 1 – diciembre, con un valor de 6 balones por h-H y 4 balones por h-H, en balones de 10 y 45kg respectivamente.

Tabla 69*Productividad de la mano de obra – diciembre S2*

Semana 2	Balón (10 kg)	Balón (45 kg)
Formato	unidades	unidades
Producción por semana	3,964	781
Cantidad de trabajadores	15	15
Horas disponibles x semana	630	210
Productividad	6.29	3.72

La tabla nos muestra la productividad de la semana 2 – diciembre, con un valor de 6 balones por h-H y 4 balones por h-H, en balones de 10 y 45kg respectivamente.

Tabla 70*Productividad de la mano de obra – diciembre S3*

Semana 3	Balón (10 kg)	Balón (45 kg)
Formato	unidades	unidades
Producción por semana	3,961	777
Cantidad de trabajadores	15	15
Horas disponibles x semana	630	210
Productividad	6.29	3.70

La tabla nos muestra la productividad de la semana 3 – diciembre, con un valor de 6 balones por h-H y 4 balones por h-H, en balones de 10 y 45kg respectivamente.

Tabla 71*Productividad de la mano de obra – diciembre S4*

Semana 4	Balón (10 kg)	Balón (45 kg)
Formato	unidades	unidades
Producción por semana	3,953	775
Cantidad de trabajadores	15	15
Horas disponibles x semana	630	210
Productividad	6.27	3.69

La tabla nos muestra la productividad de la semana 4 – diciembre, con un valor de 6 balones por h-H y 4 balones por h-H, en balones de 10 y 45kg respectivamente.

Tabla 72*Porcentaje de balones defectuosos/semana en balones de 10kg*

Valores			
Mes	Semana	Balón (10 kg)	% Balón (10 kg) ²
Septiembre	4	89	5.41%
Julio	2	88	5.35%
Noviembre	4	87	5.29%
Octubre	1	81	4.92%
Agosto	3	80	4.86%
Julio	1	79	4.80%
Diciembre	3	76	4.62%
Diciembre	1	75	4.56%
Julio	4	74	4.50%
Octubre	2	73	4.44%
Diciembre	4	72	4.38%
Noviembre	1	69	4.19%
Septiembre	1	67	4.07%
Noviembre	3	66	4.01%
Agosto	1	65	3.95%
Octubre	4	64	3.89%
Septiembre	3	63	3.83%
Diciembre	2	60	3.65%
Noviembre	2	59	3.59%
Agosto	2	57	3.47%
Octubre	3	55	3.34%
Agosto	4	54	3.28%
Septiembre	2	50	3.04%
Julio	3	42	2.55%
Total general		1645	100.00%

Tabla 73*Porcentaje de balones defectuosos/semana en balones de 45kg*

Valores			
Mes	Semana	balón (45 kg)	% balón (45 kg)
Septiembre	4	55	5.91%
Julio	1	50	5.37%
Agosto	1	49	5.26%
Julio	4	47	5.05%
Octubre	2	46	4.94%
Octubre	1	45	4.83%
Octubre	3	44	4.73%
Septiembre	2	43	4.62%
Noviembre	2	42	4.51%
Diciembre	4	41	4.40%
Julio	2	40	4.30%
Noviembre	4	39	4.19%
Julio	3	38	4.08%
Noviembre	3	37	3.97%
Octubre	4	36	3.87%
Agosto	3	35	3.76%
Diciembre	2	34	3.65%
Diciembre	1	33	3.54%
Noviembre	1	32	3.44%
Agosto	4	31	3.33%
Septiembre	3	30	3.22%
Diciembre	3	29	3.11%
Agosto	2	28	3.01%
Septiembre	1	27	2.90%
Total general		931	100.00%

Tabla 74*Análisis de causas basada en opinión de expertos*

CAUSAS	SOLUCIONES	CRITERIOS					TOTAL	
		Factor	Causa directa	Solución	Factible	Medible		Bajo costo
MANO DE OBRA	SOLUCIÓN							
Supervisión de trabajo	Establecer un especialista para cada turno de trabajo.	3	2	3	3	2	2	15
Nivel de capacitación	Integrar círculos de capacitación.	2	1	2	3	2	5	15
Nivel de responsabilidad	Premiar los objetivos alcanzados	2	2	2	3	1	5	15
MAQUINARIA	SOLUCIÓN							
Estado de maquinaria y equipos	Elaborar un plan preventivo, predictivo y correctivo.	2	1	2	2	1	1	9
Mantenimiento	Verificar los planes en el estado anterior y realizar mejoras.	2	1	2	2	2	1	10
Nivel de ejecución y supervisión	Realizar un control permanente de los trabajos de mantenimiento.	2	2	2	2	1	1	10
MATERIA PRIMA	SOLUCIÓN							

Control de pesos de MP	Verificar el control de pesos de la MP abastecida.	2	2	3	2	2	1	12
Desabastecimiento y estado de materiales	Elaborar un ciclo de aprovisionamiento eficiente.	2	2	2	3	3	1	13
PROCESO	SOLUCIÓN							
Nivel de inspección	Establecer indicadores que ayuden a verificar el nivel en el estado real.	2	2	2	3	2	1	12
Control de producción	Revisar los indicadores de producción de manera periódica con las áreas involucradas.	3	1	2	2	1	1	10
METODO	SOLUCIÓN							
Seguimiento	Implementar un estudio de métodos	2	2	2	2	2	2	12
Estándares de trabajo	Mantener estándares actualizados según nivel de producción	2	2	2	1	2	2	11

Nota: La escala de valoración empleada es del 1 al 5, en donde 1 representa el valor con menos beneficio y 5 el valor con más beneficio.