



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

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 OBTAR POR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO INDUSTRIAL

AUTOR

MELÉNDEZ LÓPEZ, RINVERTO

ASESOR

Mg. GUIDO TRUJILLO VALDIVIEZO

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

SISTEMA DE GESTIÓN EMPRESARIAL Y PRODUCTIVA

LIMA – PERÚ

2017

PÁGINA DEL JURADO

Presidente

Secretario

Vocal

DEDICATORIA

Este trabajo de investigación está dedicado a mi hijo Sergio y a mi esposa Shirley por ser mi motivación más grande para salir adelante.

A mis padres y hermanos por el apoyo moral recibido

A la UCV, que me acogió y me formó como profesional.

AGRADECIMIENTO

A mi esposa y a mi hijo porque ellos significan el amor por el cual me siento feliz y razón para ser mejor cada día.

A mis padres y a mis hermanos por su apoyo desinteresado.

A Dios, al cual le debo mi existencia.

DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD

Yo, **MELÉNDEZ LÓPEZ, RINVERTO** con DNI N° 43532634, a efecto de cumplir con las disposiciones vigentes consideradas en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Industrial, declaro bajo juramento que toda la documentación que acompaño es veraz y auténtica.

Así mismo, declaro también bajo juramento que todos los datos e información que se presenta en la presente tesis son auténticos y veraces.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas de la Universidad César Vallejo.

Lima, 20 de abril del 2018.

RINVERTO MELÉNDEZ LÓPEZ

PRESENTACIÓN

Señores miembros de jurado:

En cumplimiento del Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo, presento ante ustedes la Tesis titulada “**APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA DMAIC PARA MEJORAR LA PRODUCTIVIDAD DE LA LÍNEA DE ENVASADO DE GLP EN LA PLANTA LIMA GAS - CALLAO - 2016**”, con el objetivo de mejorar los índices de productividad en el proceso de envasado de GLP en la línea de producción de cilindros de 10 Kg. Con la aplicación de la metodología se buscó optimizar el proceso y mantenerlo bajo control estadístico para obtener productos terminados (balones de gas) dentro de los límites de especificación establecidos, esta situación de control traerá consigo la reducción de pérdidas de GLP por mermas y sobrellenados así como la reducción de horas extras y paradas de producción por reprocesos de los productos defectuosos. Los beneficios de la aplicación incidieron directamente en los resultados financieros de la empresa y en la satisfacción del cliente.

En el capítulo 1 se presenta la realidad problemática de la empresa, se plantea el problema de investigación, los objetivos e hipótesis y como sustento de las variables de estudio se presenta los trabajos previos y las referencias de autores que abordaron el tema con anterioridad.

En el capítulo 2 se aborda el método de la investigación, tratándose de un estudio cuantitativo de nivel cuasi-experimental no se utiliza una muestra.

En el capítulo 3 se presenta el sistema productivo, se aplica la metodología DMAIC e implementa la mejora que mediante el análisis estadístico con SPSS se valida la mejora con resultados favorables.

El estudio concluye con las discusiones, conclusiones y recomendaciones que se abordan en los capítulos 4, 5 y 6.

Esperando cumplir con los requisitos de aprobación para obtener el título profesional de **Ingeniero Industrial**

RINVERTO MELÉNDEZ LÓPEZ

ÍNDICE DE CONTENIDO

PAGINA DEL JURADO	ii
DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTO	iv
DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD	v
PRESENTACIÓN	vi
INDICE DE CONTENIDO	vii
INDICE DE TABLAS	viii
INDICE DE FIGURAS	ix
RESUMEN	xii
ABSTRAC	xiii
I. INTRODUCCIÓN	1
1.1 REALIDAD PROBLEMÁTICA	2
1.2 TRABAJOS PREVIOS	4
1.2.1 Antecedentes Internacionales:	4
1.2.2 Antecedentes Nacionales:	9
1.3 TEORIAS RELACIONADAS AL TEMA	14
1.3.1 MARCO TEÓRICO	14
1.4 FORMULACION DEL PROBLEMA	31
1.5 JUSTIFICACION DEL ESTUDIO	31
1.5.1 Justificación Teórica	31
1.5.2 Justificación Práctica	31
1.5.3 Justificación Metodológica	32
1.5.3 Justificación social	32
1.5.4 Justificación económica	33
1.6 HIPOTESIS	33
1.6.1 Hipótesis general	33
1.6.2 Hipótesis específicas	33
1.7 OBJETIVOS	34
1.7.1 Objetivo general	34
1.7.2 Objetivos específicos	34
II. METODO	35
2.1 Diseño de investigación	36
2.1.1 Tipo de investigación	36
2.1.2 Nivel de investigación o alcance	36
2.1.3 Diseño de investigación	37
2.2 Variables y operacionalización	37
2.3 POBLACIÓN Y MUESTRA	39

2.4 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS, VALIDEZ Y CONFIABILIDAD.	39
2.4.1 Técnicas de Recolección de Datos	39
2.4.2 Instrumentos de Recolección de Datos	40
2.4.3 VALIDEZ DEL INSTRUMENTO	40
2.4.4 CONFIABILIDAD DEL INSTRUMENTO	40
2.5 MÉTODOS DE ANÁLISIS DE DATOS	41
2.6 ASPECTOS ETICOS	41
2.7 Desarrollo del Proyecto de Tesis	42
2.7.1 Descripción de la Situación Actual de la Empresa	42
2.7.2 Plan de Aplicación de la Mejora	59
2.7.2.1 Desarrollo de la etapa Definir (D)	59
2.7.2.2 Desarrollo de la etapa Medir (M)	64
2.7.2.3 Desarrollo de la etapa Analizar (A)	79
2.7.2.4 Desarrollo de la etapa Mejorar (I)	86
2.7.2.5 Desarrollo de la etapa Controlar (C)	103
2.7.2.7 CONTINUANDO CON LA MEJORA CONTINUA	107
III. RESULTADOS	108
3.1 Análisis descriptivo	109
3.2 Análisis inferencial	112
IV. DISCUSIONES	118
V. CONCLUSIONES	122
VI. RECOMENDACIONES	124
VII. REFERENCIAS	126
VIII. LISTA DE ANEXOS	130

INDICE DE TABLAS

Tabla N° 1: Matriz de operacionalización de la Variables	38
Tabla N° 2: Valoración del juicio de expertos	40
Tabla N° 3: Data real de la producción semanal enero - diciembre 2015	57
Tabla N° 4: Registro de producto no conforme o defectos	60
Tabla N° 5: Identificación de CTQs	62
Tabla N° 6: Cronograma de ejecución de aplicación de la mejora	62
Tabla N° 7: Ponderación individual de causas	69
Tabla N° 8: Relación Presión. Defectos	70
Tabla N° 9: Relación defectos Vs Presión	71
Tabla N° 10: Muestreo preliminar de peso neto	72
Tabla N° 11: Estadísticos preliminares de peso neto	72

Tabla N° 12: Programa de muestreo	73
Tabla N° 13: Peso neto de muestreo con subgrupos de 10 muestras (Lunes)	74
Tabla N° 14: Peso neto de muestreo con subgrupos de 10 muestras (Martes)	74
Tabla N° 15: Peso neto de muestreo con subgrupos de 10 muestras (Miercoles)	75
Tabla N° 16: Peso neto de muestreo con subgrupos de 10 muestras (Viernes)	75
Tabla N° 17: Peso neto de muestreo con subgrupos de 10 muestras (Sábado)	75
Tabla N° 18: Fuentes generadoras de defectos	80
Tabla N° 19: Inversión para la implementación de la mejora	83
Tabla N° 20: Costos del Plan y mantenimiento de las mejoras implementadas	84
Tabla N° 21: Demanda y ahorros proyectados en un escenario normal	85
Tabla N° 22: Evaluación económica proyectada de las mejoras	85
Tabla N° 23: Flujos de caja netos proyectados	85
Tabla N° 24: Indicadores financieros de la propuesta	86
Tabla N° 25: Peso neto de muestreo con subgrupos de 10 muestras (Lunes)	95
Tabla N° 26: Peso neto de muestreo con subgrupos de 10 muestras (Martes)	95
Tabla N° 27: Peso neto de muestreo con subgrupos de 10 muestras (Miercoles)	96
Tabla N° 28: Peso neto de muestreo con subgrupos de 10 muestras (Jueves)	96
Tabla N° 29: Peso neto de muestreo con subgrupos de 10 muestras (Viernes)	96
Tabla N° 30: Peso neto de muestreo con subgrupos de 10 muestras (Sábado)	97
Tabla N° 31: Estadísticos para las muestras relacionadas	100
Tabla N° 32: Prueba de muestras emparejadas	101
Tabla N° 33: Tabla de comparación de indicador de defectos	101
Tabla N° 34: Comparativo nivel de sobrellenado en cilindros pre-post muestra	102
Tabla N° 35: Comparativo índice de centrado de pesos pre-post muestra	102
Tabla N° 36: Cronogramas de tareas del plan MAC	103
Tabla N° 37: Muestras de pesos netos en llenadoras	104
Tabla N° 38: Cálculo de los límites de control	105
Tabla N° 39: Resultados antes y después de la mejora.	109
Tabla N° 40: Análisis comparativos de medias	109
Tabla N° 41: Prueba de normalidad de la eficiencia Pre-Post	112
Tabla N° 42: Prueba de hipótesis de la eficiencia	113
Tabla N° 43: Pruebas de normalidad para la eficacia	114
Tabla N° 44: Prueba de hipótesis de la eficacia	115
Tabla N° 45: Prueba de normalidad de los datos de la productividad	116
Tabla N° 46: Prueba de hipótesis de la productividad	117

INDICE DE FIGURAS

Figura N° 1: Evolución de la productividad semanal	2
Figura N° 2: Diagrama de Pareto de pérdidas por deficiencias	3
Figura N° 3: Diagrama de Ishikahua de la baja productividad	3
Figura N° 4: El ciclo de mejora continua DMAIC.	15
Figura N° 5: DMAIC y el proceso universal de problemas	16
Figura N° 6: Comparación de índice de capacidad del proceso	20
Figura N° 7: Grafico de control	21
Figura N° 8: Figura: Capacidad del proceso UNAM	21
Figura N° 9: Modelo integrado de factores de la productividad	29
Figura N° 10: Modelo de factores internos la productividad	30
Figura N° 11: Principales factores macroeconómicos de la productividad	31

Figura N° 12: Ubicación geográfica Lima Gas S.A	42
Figura N° 13: Presentaciones de producto envasado	43
Figura N° 14: Servicio de atención de GLP al sector minero	44
Figura N° 15: Diagrama de proceso productivo en la línea de envasado 10 Kg	49
Figura N° 16: Diagrama de Operaciones del Proceso (DOP)	50
Figura N° 17: Diagrama de Actividades del proceso (DAP).	51
Figura N° 18: Tanques de almacenamiento de GLP.	53
Figura N° 19: Línea de ingreso de cilindros	53
Figura N° 20: Línea de salida de cilindros	53
Figura N° 21: Figura: carrusel de envasado de 10kg	54
Figura N° 22: Empaquetaduras del llenado	54
Figura N° 23: Balanzas de tara y control de peso.	54
Figura N° 24: Bombas y compresores para uso con GLP	55
Figura N° 25: Motor reductor de cadena	55
Figura N° 26: Cabina de Pintado	55
Figura N° 27: Equipo de precintado	56
Figura N° 28: Comportamiento de la productividad semanal periodo 2015.	58
Figura N° 29: Pareto de pérdidas de deficiencias en el envasado	59
Figura N° 30: Comportamiento de índice de defectos 10 Kg	60
Figura N° 31: Chárter del proyecto	63
Figura N° 32: Diagrama SIPOC de la línea de envasado 10K.	64
Figura N° 33: Diagrama de proceso productivo en la línea de envasado 10 Kg	65
Figura N° 34: Fuentes de generación de defectos	66
Figura N° 35: Flujo parcial del proceso de llenado.	67
Figura N° 36: Diagrama espina de pescado zona tara.	67
Figura N° 37: Diagrama espina de pescado zona tara.	68
Figura N° 38: Diagrama espina de pescado zona tara.	68
Figura N° 39: Lote de muestra de remanentes	69
Figura N° 40: Grafica x-s del peso neto(38 muestras de 10 mediciones)	77
Figura N° 41: Calculo de nivel sigma del proceso actual	78
Figura N° 42: Grafica de cajas de demostración de perdida de GLP	79
Figura N° 43: Fuentes generadoras de defectos	80
Figura N° 44: Matriz de priorización de mejoras	82
Figura N° 45: Bomba de multietapas SIHI	87
Figura N° 46: Plan de mantenimiento de equipos de envasado hasta final del año	87
Figura N° 47: Llenadoras overholeadas	88
Figura N° 48: Plano de mecanismo modificado y balanza modificada	89
Figura N° 49: Nuevo diseño y material de empaque	89
Figura N° 50: Cambio de empaquetaduras y espacio habilitado para esta actividad.	90
Figura N° 51: Proceso de calibración de balanzas de control.	90
Figura N° 52: Ajustes de maquina programados	90
Figura N° 53: Capacitación al personal operario	91
Figura N° 54: Check list para control de llenadoras	92
Figura N° 55: Cabina de lavado de balones	93
Figura N° 56: Diagrama de Análisis del proceso mejorado DAP	94
Figura N° 57: Grafica x-s del peso neto (38 muestras de 10 mediciones)	98
Figura N° 58: Cálculo de nivel sigma del proceso mejorado	99
Figura N° 59: Grafica de cajas de demostración de ahorro de GLP	100
Figura N° 60: Grafica de comparación de resultados del estudio con DMAIC.	101
Figura N° 61: Grafica de monitoreo de pesos de balanzas llenadoras	105

Figura N° 63: Gráfico de control de monitoreo de la desviación estándar.	105
Figura N° 64: Gráfico de control de monitoreo de la medias individuales	106
Figura N° 65: Programa xls. para la generación de graficas de control.	106
Figura N° 66: Comparativo cabinas de pintura	107
Figura N° 67: Rediseño de zona de almacenamiento	107
Figura N° 68: Comparativo de resultados de la productividad	110
Figura N° 69: Comparativo de medias Pre y post	110
Figura N° 70: Deficiencias en costos antes y después de la aplicación DMAIC	111
Figura N° 71: Comparativo distribución de frecuencias de los pesos netos	111
Figura N° 72: Gráfica de normalidad de la eficiencia antes y después	112
Figura N° 73: Gráfica de normalidad de la eficacia antes y después	114
Figura N° 74: Gráfica de normalidad de la productividad antes y después	116

INDICE DE ANEXOS

Anexo N° 1: Registro de productividad	131
Anexo N° 2: Registro de control de pesos netos	132
Anexo N° 3: Ficha técnica de la empaquetadura dureza 70	133
Anexo N° 4: Ficha técnica de la empaquetadura dureza 60	134
Anexo N° 5: Validez de la variable independiente del experto 1,	135
Anexo N° 6: Validez de la variable dependiente del experto 1	136
Anexo N° 7: Validez de la variable dependiente del experto 2	137
Anexo N° 8: Validez de la variable dependiente del experto 2	138
Anexo N° 9: Validez de la variable independiente del experto 3	139
Anexo N° 10: Validez de la variable dependiente del experto 3	140
Anexo N° 11: Registro de asistencia	141
Anexo N° 12: Procedimiento de control de equipos de pesaje.	142
Anexo N° 13: Formato de identificación de fuentes de error.	146
Anexo N° 14: Certificado de calibración de balanza electrónica x 20 g	147
Anexo N° 15: Certificado de Pesas patrón x 20g	148
Anexo N° 16: Demanda y consumo interno de GLP	149
Anexo N° 17: Factores para construir cartas de control para variables	150
Anexo N° 18: Acta de fiscalización Osinergmin de control de peso neto	151
Anexo N° 19: Tabla 5. 2 del libro control estadístico de la calidad y six sigma (Gutierrez Pulido)	152

RESUMEN

La investigación titulada “APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA DMAIC PARA MEJORAR LA PRODUCTIVIDAD DE LA LÍNEA DE ENVASADO DE GLP EN LA PLANTA LIMA GAS - CALLAO - 2016” tuvo el objetivo de 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.

Para sustentar este estudio y seguir un modelo investigativo se utilizó el método científico en un enfoque cuantitativo de tipo aplicada, diseño cuasi experimental y un alcance o nivel tipo explicativo. La población utilizada para el cuasi-experimento es igual a la muestra y estuvo conformada por la producción semanal de cilindros envasados durante seis meses (24 semanas) que fueron procesados en SPSS 22 y comprobados mediante la prueba de hipótesis de t de student.

Al aplicar paso a paso la metodología DMAIC se definió que la variable crítica del proceso era el peso neto, la variación en este ocasionaba defectos y sobrellenado que era provocada por cuatro causas raíces principalmente: la inestabilidad de la presión de llenado, la dureza del material de hermeticidad utilizado para el inyector, la inspección inicial de remanentes y la inestabilidad natural de las llenadoras. Para mitigar los efectos negativos de las fuentes de variación se procedió a aplicar las mejoras para reducir el sobrellenado (efecto sobre la eficiencia física) y los productos fuera de los límites de especificación o defectos (efecto sobre el índice de conformidad), después de implementados las mejoras se implementó un plan de control para mantener los niveles de eficiencia y eficacia alcanzado.

Finalmente, la productividad durante el periodo de estudio pasó de 85.42% a 93.99% con lo que se comprueba el efecto de las mejoras implementadas.

Palabras clave: La metodología DMAIC, productividad, la variación.

ABSTRAC

The present research entitled "APPLICATION OF THE METHODOLOGY DMAIC TO IMPROVE THE PRODUCTIVITY OF THE GLP PACKAGING LINE IN THE PLANT LIMA GAS - CALLAO - 2016 " had the objective of determining how the application of the DMAIC methodology improves the productivity in the line of Packaging of LPG at the Lima Gas SA plant - Callao - 2016.

To support this study and to follow a research model, the scientific method was used in a quantitative approach of applied type, quasi experimental design and an explanatory scope or level. The population used for the quasi-experiment is the same as the sample and was made up of the weekly production of six-month (24-week) packaged cylinders that were processed in SPSS 22 and tested using the student's t test.

When applying step by step the DMAIC methodology was defined that the critical variable of the process was the net weight, the variation in this caused defects and overfilled that was caused by four root causes mainly: instability of the filling pressure, the hardness of the material of hermeticidad used for the injection, the initial inspection of remnants and the natural instability of the fillers. In order to mitigate the negative effects of the sources of variation, improvements were made to reduce overfilling (effect on physical efficiency) and products outside specification limits or defects (effect on compliance index), after implementation The improvements were implemented a control plan to maintain the levels of efficiency and effectiveness achieved.

Finally, the productivity during the study period went from 85.42% to 93.99%, which shows the effect of the implemented improvements.

Keywords: DMAIC methodology, productivity, variation