

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO
ESCUELA DE POSGRADO
UNIDAD DE POSGRADO DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA
MECÁNICA Y DE ENERGÍA



**“METODOLOGÍA LEAN SIX SIGMA PARA LA MEJORA CONTINUA
EN LAS ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO DE UN BUQUE
PESQUERO PUESTO EN UN ASTILLERO DE UNA EMPRESA DE
CALLAO - PERÚ”**

TESIS PARA OPTAR POR EL GRADO ACADÉMICO DE MAESTRO EN
GERENCIA DEL MANTENIMIENTO

AUGUSTO ELMER CABELLO LÓPEZ

Callao, 2020
PERÚ

Bach. Augusto Cabello López
(Tesista)

Dr. Juan Palomino Correa
(Asesor)

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y DE ENERGÍA
UNIDAD DE POSGRADO
GRADO ACADÉMICO DE MAESTRO POR LA MODALIDAD SIN CICLO TALLER DE TESIS

ACTA N° 002-2021 DE SUSTENTACIÓN DE TESIS PARA OPTAR EL GRADO DE MAESTRO EN GERENCIA DEL MANTENIMIENTO – MODALIDAD SIN CICLO TALLER DE TESIS

LIBRO 001 FOLIO N° 061 ACTA N° 001-2021 DE SUSTENTACION DE TESIS PARA OPTAR EL GRADO DE MAESTRO EN GERENCIA DEL MANTENIMIENTO – MODALIDAD SIN CICLO TALLER DE TESIS

Siendo las 18:00Hrs. Del día jueves 30 de diciembre de 2021, mediante el uso de la Plataforma Virtual <https://meet.google.com/vdh-zpku-iic> de la Facultad de Ingeniería Mecánica y de Energía de la Universidad Nacional del Callao, se reúne el Jurado de Sustentación por la Modalidad Sin Ciclo Taller de Tesis para la Obtención del Grado Académico de Maestro en Gerencia del Mantenimiento de la Unidad de Posgrado, conformado por los siguientes docentes:

- | | | |
|--------------------------------------|---|--------------|
| ▪ Dr. NELSON ALBERTO DIAZ LEIVA | : | (Presidente) |
| ▪ Mg. ARTURO PERCEY GAMARRA CHINCHAY | : | (Secretario) |
| ▪ Mg. JUAN ADOLFO BRAVO FELIX | : | (Vocal) |
| ▪ Mg. JUAN CARLOS HUAMAN ALFARO | : | (Vocal) |

Con el fin de evaluar la sustentación de la Tesis Título:

“METODOLOGÍA LEAN SIX SIGMA PARA LA MEJORA CONTINUA EN LAS ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO DE UN BUQUE PESQUERO PUESTO EN UN ASTILLERO DE UNA EMPRESA DE CALLAO – PERÚ”

Presentado por Don: **CABELLO LÓPEZ, Augusto Elmer**
Siendo su Asesor: **Dr. PALOMINO CORREA, Juan Manuel**

Acto seguido se procede a la sustentación de Tesis a través de la Plataforma Virtual <https://meet.google.com/vdh-zpku-iic>, con el fin de Optar el Grado Académico de Maestro en Gerencia del Mantenimiento, luego de la exposición correspondiente, los miembros del Jurado de Sustentación formulan las respectivas preguntas las mismas que fueron absueltas.

Terminada la sustentación, el Jurado, luego de deliberar, acuerda:
Dar por **APROBADO** asignándole el calificativo con la escala de calificación cualitativa **BUENA** y calificación cuantitativa **15 (QUINCE)**, conforme a lo dispuesto en el Art. 124º del Reglamento de Estudios de Grados y Títulos de la Universidad Nacional del Callao, aprobado por Resolución del Consejo Universitario N° 099-2021-CU del 30 de junio de 2021, a fin de que se declare **APTO** para conferir el Grado Académico de Maestro en Gerencia del Mantenimiento de la Unidad de Posgrado de la Facultad de Ingeniería Mecánica y de Energía del bachiller **CABELLO LÓPEZ, Augusto Elmer**. Se eleva la presente Acta al Director de Unidad de Posgrado de la Facultad de Ingeniería Mecánica y de Energía de la Universidad Nacional del Callao.

Se extiende el acta, a las 19:20hrs del mismo día.

En señal de conformidad, los participantes suscribimos la presente acta.

Bellavista, 30 de diciembre de 2021



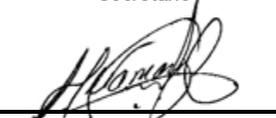
Dr. Nelson Alberto Diaz Leiva
Presidente



Mg. Juan Adolfo Bravo Felix
Vocal



Mg. Arturo Percey Gamarra Chinchay
Secretario



Mg. Juan Carlos Huamán Alfaro
Vocal

DEDICATORIA

El presente trabajo está dedicado a mi familia, en especial a mis padres Teodocio y Susana, así como a mis hermanas Katherine y Karina, y a mi novia María Elena, por sus palabras alentadoras y motivadoras desde el inicio hasta el término de este proyecto de investigación realizado para obtener mi titulación como magister.

Asimismo, mi dedicatoria también va para mis abuelos Pascual y Catalina, que desde los cielos me guiaron y siempre seguirán enrumbándome en el buen camino del profesionalismo y en la rectitud de realizar las cosas para el bien de la integridad familiar y lo mejor para la humanidad.

AGRADECIMIENTO

En el término de este trabajo de investigación consistente en la tesis de grado de maestría, hago un recuento de todo el esfuerzo, dedicación y compromiso que he tenido durante el desarrollo y elaboración del mismo, y que ha permitido que este trabajo de tesis se hiciera realidad y posteriormente pueda ser mostrado al público interesado en el tema.

Agradezco el apoyo y asesoría del Dr. Juan Palomino Correa durante el proceso de desarrollo de mi investigación, por sus conocimientos de las metodologías de implementación en los procesos de mantenimiento en las industrias, sobre todo en esta rama especial de la ingeniería naval, tratándose del mantenimiento de la infraestructura de buques pesqueros puestos en astilleros.

ÍNDICE

LISTA DE TABLAS DE CONTENIDO.....	5
LISTA DE GRÁFICOS.....	9
LISTA DE IMÁGENES Y OTROS.....	10
RESUMEN.....	11
RESUMO.....	12
INTRODUCCIÓN.....	13
I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	14
1.1. Descripción de la realidad problemática.....	14
1.2. Formulación del problema.....	16
1.2.1. Problema general.....	16
1.2.2. Problemas específicos.....	16
1.3. Objetivos.....	17
1.3.1. Objetivo general.....	17
1.3.2. Objetivos específicos.....	17
1.4. Limitantes de la investigación.....	17
1.4.1. Limitante teórica.....	17
1.4.2. Limitante temporal.....	18
1.4.3. Limitante espacial.....	18
II. MARCO TEÓRICO.....	19
2.1. Antecedentes del estudio.....	19
2.1.1. Antecedentes nacionales.....	19
2.1.2. Antecedentes internacionales.....	20

2.2. Bases teóricas.....	22
2.2.1. Buque pesquero.....	22
2.2.2. Astillero naval.....	32
2.3. Bases conceptuales.....	40
2.3.1. Mantenimiento del buque pesquero en astillero.....	40
2.3.2. Metodología <i>Lean Six Sigma</i>	44
2.4. Definición de términos básicos.....	64
III. HIPÓTESIS Y VARIABLES.....	70
3.1. Hipótesis.....	70
3.1.1. Hipótesis general.....	70
3.1.2. Hipótesis específicas.....	70
3.2. Definición conceptual de variables.....	71
3.2.1. Variables independientes.....	71
3.2.2. Variables dependientes.....	71
3.3. Operacionalización de variables.....	72
3.3.1. Metodología <i>Lean Six Sigma</i>	73
3.3.2. Astillero Naval.....	76
3.3.3. Buque pesquero.....	78
3.3.4. Proceso de Mantenimiento del Buque Pesquero.....	82
3.3.5. Actividades de mayor criticidad en el Proceso de Mantenimiento.....	83
3.3.6. Resultado del Proceso de Mantenimiento del Buque Pesquero..	83
3.3.7. Determinación de las variables según los objetivos.....	84
IV. DISEÑO METODOLÓGICO.....	86
4.1. Tipo y diseño de investigación.....	86
4.1.1. Descriptivo.....	86
4.1.2. Explicativo.....	86
4.2. Método de investigación.....	87

4.3. Población y Muestra.....	87
4.3.1. Población.....	87
4.3.2. Muestra.....	87
4.4. Lugar de estudio y período desarrollado.....	88
4.5. Técnicas e instrumentos para la recolección de la información.....	88
4.6. Análisis y procesamiento de datos.....	90
4.6.1. Datos principales del buque pesquero.....	90
4.6.2. Determinación de la condición promedio antes del mantenimiento.....	91
4.6.3. Determinación de las actividades a realizar en el mantenimiento.....	94
4.6.4. Determinación de los datos a analizar por cada actividad.....	96
4.6.5. Desarrollo de las fases de la metodología.....	101
V. RESULTADOS.....	140
5.1. Determinación de niveles sigma para los períodos de carena evaluados.....	140
5.2. Determinación de niveles de criticidad de los grupos de actividades.....	140
5.3. Comparación de costos de los períodos de carena evaluados.....	142
5.4. Nivel de conformidad del armador del buque pesquero intervenido...	144
VI. DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	145
6.1. Contrastación de la hipótesis con los resultados.....	145
6.2. Contrastación de los resultados con otros estudios similares.....	146
6.3. Responsabilidad ética de acuerdo a los reglamentos vigentes.....	148

CONCLUSIONES.....	149
RECOMENDACIONES.....	150
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	151
ANEXO I: Matriz de Consistencia.....	154
ANEXO II: Tablas de cálculo de horas-hombre tarifado por tipo de actividad.....	155

LISTA DE TABLAS DE CONTENIDO

Tabla N° 1.1. Zonas definidas en el buque pesquero para los trabajos de mantenimiento.....	15
Tabla N° 2.1. Flotas pesqueras de cerco según rango de esloras.....	31
Tabla N° 2.2. Clasificación de los astilleros por capacidad de puesta en seco.....	37
Tabla N° 2.3. Principales astilleros marítimos de reparación naval en el Perú.....	39
Tabla N° 2.4. Descripción de las 5 “S”.....	50
Tabla N° 2.5. Valores de la capacidad de proceso (C_p) en función a la calidad sigma (σ).....	58
Tabla N° 3.1. Variables independientes y dependientes, con su dimensión e indicadores.....	72
Tabla N° 3.2. Requerimientos básicos del armador para el mantenimiento del buque pesquero y sus niveles de importancia para su ejecución.....	74
Tabla N° 3.3. Zonas del buque pesquero, con sus sectores y conjuntos correspondientes.....	79
Tabla N° 3.4. Calificación del estado de conservación del buque pesquero para su desempeño operacional.....	82
Tabla N° 3.5. Variables independientes y dependientes del objetivo general.....	84
Tabla N° 3.6. Variables independientes y dependientes del primer objetivo específico.....	84
Tabla N° 3.7. Variables independientes y dependientes del segundo objetivo específico.....	85
Tabla N° 3.8. Variables independientes y dependientes del tercer objetivo específico.....	85

Tabla N° 4.1. Instrumentos de medición empleados para las variables independientes.....	89
Tabla N° 4.2. Instrumentos de medición empleados para las variables dependientes.....	89
Tabla N° 4.3. Datos principales del buque pesquero (muestra seleccionada).....	90
Tabla N° 4.4. Condición inicial promedio del buque pesquero (muestra).....	91
Tabla N° 4.5. Cuadro resumen de la determinación de la condición promedio.....	93
Tabla N° 4.6. Lista de actividades realizadas en el mantenimiento de infraestructura.....	94
Tabla N° 4.7. Lista de actividades primordiales y con poco nivel de variabilidad.....	95
Tabla N° 4.8. Lista de actividades por ocurrencia cuyo nivel de variabilidad no es frecuente.....	96
Tabla N° 4.9. Valores típicos (%) para la distribución de costos de construcción de un buque.....	96
Tabla N° 4.10. Valores de horas-hombre obtenidas para las dos penúltimas carenas (N° 1 y N° 2).....	97
Tabla N° 4.11. Valores de costos obtenidos para las dos penúltimas carenas (N° 1 y N° 2).....	99
Tabla N° 4.12. Costo unitario de tipo de actividad (por cada hora-hombre)..	100
Tabla N° 4.13. Diagrama SIPOC para el período de carena del buque pesquero.....	101
Tabla N° 4.14. Determinación de las horas-hombre tarifadas por actividad descrita.....	103
Tabla N° 4.15. Determinación las diferencias entre valor óptimo y valor obtenido de horas-hombre de carena N° 1.....	104
Tabla N° 4.16. Determinación de los niveles sigma en función del DPMO en carena N° 1.....	106

Tabla N° 4.17. Determinación las diferencias entre valor óptimo y valor obtenido de horas-hombre de carena N° 2.....	106
Tabla N° 4.18. Determinación de los niveles sigma en función del DPMO en carena N° 2.....	108
Tabla N° 4.19. Grupo de actividades (por zona y especialidad) del período típico de carena.....	111
Tabla N° 4.20. Valores absolutos de DPMO ordenados de mayor a menor para carenas N° 1 y 2.....	111
Tabla N° 4.21. Grupo de actividades ordenados por mayor valor de DPMO (carena N° 1).....	113
Tabla N° 4.22. Grupo de actividades ordenados por mayor valor de DPMO (carena N° 2).....	113
Tabla N° 4.23. Grupo de actividades ordenados de mayor a menor criticidad en base a los valores DPMO hallados para las carenas N° 1 y N° 2.....	114
Tabla N° 4.24. Hipótesis planteadas para la implementación de la metodología citada.....	115
Tabla N° 4.25. Defectos detectados en las actividades de los períodos de carenas referidos.....	116
Tabla N° 4.26. Desperdicios detectados en las actividades de los períodos de carenas referidos.....	117
Tabla N° 4.27. Cantidades de ocurrencias de los desperdicios en actividades de la carena N° 1.....	121
Tabla N° 4.28. Cantidades de ocurrencias de los desperdicios en actividades de la carena N° 2.....	123
Tabla N° 4.29. Empleo del Control Total de Calidad (TQM) para mitigar los defectos detectados.....	125
Tabla N° 4.30. Empleo de las 5 “S” para mitigar los desperdicios encontrados.....	126
Tabla N° 4.31. Determinación de las horas-hombre para la carena N° 3.....	127

Tabla N° 4.32. Determinación de los costos de mano de obra y materiales para la carena N° 3.....	129
Tabla N° 4.33. Determinación las diferencias entre valor óptimo y valor obtenido de horas-hombre de carena N° 3.....	131
Tabla N° 4.34. Determinación de los niveles sigma en función del DPMO en carena N° 3.....	133
Tabla N° 4.35. Valores absolutos de DPMO para la carena N° 3.....	134
Tabla N° 4.36. Grupo de actividades e ítems con mayor DPMO para carena N° 3.....	136
Tabla N° 4.37. Condición final del buque luego de los trabajos de mantenimiento.....	137
Tabla N° 4.38. Cuadro resumen de la determinación de la condición promedio.....	139
Tabla N° 5.1. Niveles sigma obtenidos en las carenas N° 1, 2 y 3.....	140
Tabla N° 5.2. Niveles de criticidad de grupo de actividades para carenas N° 1, 2 y 3.....	141
Tabla N° 5.3. Grupo de actividades ordenados por mayor criticidad para las carenas N° 1, 2 y 3.....	141
Tabla N° 5.4. Comparación de costos de todas las actividades de carenas evaluadas.....	142
Tabla N° 5.5. Comparación de costos de todas las actividades para carenas N° 1, 2 y 3 (menos las actividades de ítems N° 13, 14, 16, 17, 18, 21, 24, 25, 26).....	143
Tabla N° 5.6. Comparación de condición de alistamiento inicial y final de la infraestructura del buque pesquero en el período de carena N° 3.....	144

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico N° 4.1. Valores de variabilidad (en DPMO) por actividad de carena N° 1.....	108
Gráfico N° 4.2. Valores de variabilidad (en DPMO) por actividad de carena N° 2.....	109
Gráfico N° 4.3. Diagrama Pareto para cantidades de tipos de desperdicios en carena N° 1.....	122
Gráfico N° 4.4. Diagrama Pareto para grupo de actividades y sus desperdicios en carena N° 1.....	122
Gráfico N° 4.5. Diagrama Pareto para cantidades de tipos de desperdicios en carena N° 2.....	124
Gráfico N° 4.6. Diagrama Pareto para grupo de actividades y sus desperdicios en carena N° 2.....	124
Gráfico N° 4.7. Valores de variabilidad (en DPMO) por actividad de carena N° 3.....	133
Gráfico N° 5.1. Costos (en S/.) de mantenimiento de infraestructura de buque pesquero en períodos de carena N° 1, 2 y 3 (considerando todas las 50 actividades).....	142
Gráfico N° 5.2. Costos (en S/.) de mantenimiento de infraestructura de buque pesquero en períodos de carena N° 1, 2 y 3 (sin considerar actividades N° 13, 14, 16, 17, 18, 21, 24, 25, 26).....	143

LISTA DE IMÁGENES Y OTROS

Imagen N° 2.1. Esquema de un buque pesquero de cerco, de tipo industrial.....	23
Imagen N° 2.2. Ejemplo de buque pesquero de cerco.....	25
Imagen N° 2.3. Ejemplo de buque pesquero palangrero.....	27
Imagen N° 2.4. Distribución de compartimientos y zonas en el buque pesquero.....	30
Imagen N° 2.5. Ciclo de mantenimiento de la infraestructura del buque pesquero.....	41
Imagen N° 2.6. Diagrama de Causa y Efecto y el Diagrama de Pareto.....	44
Imagen N° 2.7. Esquema de entradas y salidas del proceso de implementación de la metodología <i>Lean Manufacturing</i>	48
Imagen N° 2.8. Las cinco etapas en la realización de un proyecto 6 σ	63
Imagen N° 4.1. Diagrama Ishikawa para el defecto N° 1.....	118
Imagen N° 4.2. Diagrama Ishikawa para el defecto N° 2.....	118
Imagen N° 4.3. Diagrama Ishikawa para el defecto N° 3.....	119
Imagen N° 4.4. Diagrama Ishikawa para el defecto N° 4.....	119
Imagen N° 4.5. Diagrama Ishikawa para el defecto N° 5.....	120
Imagen N° 4.6. Diagrama Ishikawa para el defecto N° 6.....	120

RESUMEN

La presente tesis comprende la implementación de la metodología *Lean Six Sigma* en la gestión del mantenimiento del buque pesquero enfocado en las reparaciones de su infraestructura, que puede ser también empleado en la fase de modificaciones del buque, debido a que la naturaleza de procedimientos, normativas y buenas prácticas de trabajo en astillero naval son las mismas.

La problemática planteada se centró en la presencia de defectos y desperdicios generados en las actividades de mantenimiento del buque pesquero puesto en astillero, los que ocasionan una inadecuada calidad, así como insatisfacción del cliente (que en este caso es el armador o propietario de la nave pesquera). Con la metodología *Lean Six Sigma*, se ha conseguido como resultado la mejora continua del proceso de mantenimiento, así como saber las actividades de mayor criticidad, reducción de costos y asegurar un buen nivel de conformidad del cliente.

La investigación realizada presenta una metodología cuyo diseño es de tipo no experimental, debido a que no se va a alterar a la morfología del buque pesquero evaluado. Además, el tipo de investigación tiene un enfoque cuantitativo ya que los resultados se expresarán en unidades numéricas, mientras que el nivel de investigación considerado es del tipo descriptivo y explicativo.

Palabras Clave: 1. Buque pesquero, 2. *Lean Six Sigma*, 3. Astillero naval.

RESUMO

A presente tese inclui a implementação da metodologia *Lean Six Sigma* na gestão da manutenção da embarcação de pesca com foco na reparação da sua infraestrutura, podendo também ser utilizada na fase de modificação da embarcação, devido à natureza dos procedimentos, regulamentos e as boas práticas de trabalho em estaleiros são as mesmas.

O problema levantado incidiu sobre a presença de defeitos e desperdícios gerados nas atividades do processo de manutenção da embarcação de pesca colocada no estaleiro, que provocam uma qualidade inadequada, bem como a insatisfação do cliente (que neste caso é o dono ou proprietário do navio de pesca). Com a metodologia *Lean Six Sigma*, tem-se como resultado a melhoria contínua do processo de manutenção, bem como conhecer as atividades mais críticas, reduzindo custos e garantindo um bom nível de conformidade do cliente.

A pesquisa realizada apresenta uma metodologia cujo desenho é do tipo não experimental, pois a morfologia da embarcação avaliada não será alterada. Além disso, o tipo de pesquisa tem abordagem quantitativa, pois os resultados serão expressos em unidades numéricas, enquanto o nível de investigação considerado é do tipo descritivo e explicativo.

Palavras-chave: 1. Embarcação de pesca, 2. *Lean Six Sigma*, 3. Estaleiro.

INTRODUCCIÓN

En la industria naval de nuestro país, el mantenimiento de la infraestructura de los buques pesqueros representa la mayoría de los mantenimientos que se realizan a todos los tipos de buques en astilleros peruanos, debido a que la pesca industrial demanda el empleo masivo de los buques pesqueros para la extracción de las cuotas establecidas por el Ministerio de la Producción en nuestro mar peruano.

Sin embargo, existen muchos registros de mantenimiento de buques pesqueros enfocados solo a sus sistemas y equipamientos, cuyas intervenciones se realizan en su mayoría a flote (es decir, el buque pesquero estando en el mar); por lo que no existen muchos estudios concretos y/o enfocados al mantenimiento de la infraestructura de buques pesqueros empleando alguna metodología y/o herramientas necesarias para la optimización del proceso.

Es por ello que en el presente estudio se desarrolló la aplicación de la metodología *Lean Six Sigma* al proceso de mantenimiento de la infraestructura de un buque pesquero puesto en un astillero de una empresa de Callao-Perú, partiendo con el planteamiento del problema, siguiendo con el marco teórico correspondiente, para luego enunciar las hipótesis y variables que han permitido el desarrollo del diseño metodológico, y finalmente mostrar y discutir los resultados, enunciar las conclusiones, recomendaciones, referencias bibliográficas y anexos correspondientes.

I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Descripción de la realidad problemática.

En el ciclo de mantenimiento oportuno de un buque pesquero puesto en un astillero de una empresa localizada en Callao-Perú, se espera alcanzar la mejora continua en el resultado de los trabajos realizados en la estructura y sistemas del buque, así como la excelencia en el desempeño de su operatividad en la faena de pesca. Sin embargo, durante el desarrollo de las actividades del mantenimiento se presentan defectos debido a diversos factores conocidos e imprevistos, dados en cada zona y/o sistema del buque, los cuales ocasionan retrasos y baja calidad en el resultado del mantenimiento, haciendo que el buque pesquero no esté disponible y/o confiable adecuadamente para las temporadas de pesca.

Cabe resaltar que la investigación se ha realizado enfocado en los resultados de los trabajos de mantenimiento en el buque pesquero (de tipo cerco) en relación a la capacidad productiva que cuenta el astillero naval en donde se han realizado dichos trabajos en las zonas que conforman la infraestructura de la embarcación, que es principalmente de material acero naval ASTM-A131 Grado A, tanto en el casco, cubierta, bodegas, compartimientos internos y superestructura.

A continuación, se muestra las zonas definidas en el buque pesquero, desde la proa, centro y popa del casco que conforma al mencionado buque, para los trabajos de mantenimiento oportuno que se realizaron cuando la embarcación se encuentra puesta en el astillero naval de una empresa de Callao-Perú.

Tabla N° 1.1.

Zonas definidas en el buque pesquero para los trabajos de mantenimiento.

ITEM	ZONA	SECTOR
1	PROA	CASCO PROA
2		CUBIERTA PROA
3		PAÑOL DE CADENAS PROA
4		PIQUE DE PROA
5		SALA DE FRÍO PROA
6		CASETA PROA
7		PUENTE DE MANDO PROA
8	CENTRO	CASCO CENTRO
9		CUBIERTA CENTRO
10		BODEGAS (INTERIORES)
11		ARBOLADURA
12	POPA	CASCO POPA
13		CUBIERTA POPA
14		POZA DE RED DE CERCO
15		CUBICHETE DE GUARDACALOR
16		SALA DE MÁQUINAS POPA
17		LAZARETO POPA

Fuente: Elaboración propia.

Las zonas mencionadas se han determinado con la finalidad de identificar los componentes de la infraestructura del buque pesquero de tipo cerco. En base a esta información se ha realizado el diagrama de procesos del ciclo de mantenimiento oportuno en el buque pesquero puesto en astillero.

1.2 Formulación del problema.

Para la presente tesis, el problema se ha planteado de forma inductiva, delimitando específicamente al mantenimiento del buque pesquero puesto en astillero para la formulación de las siguientes preguntas:

1.2.1 Problema general.

¿De qué manera la metodología *Lean Six Sigma* ayudará a conseguir y mantener la mejora continua en las actividades del proceso de mantenimiento de un buque pesquero puesto en el astillero de una empresa de Callao-Perú?

1.2.2 Problemas específicos.

- a) ¿Cómo afectará la metodología *Lean Six Sigma* en las actividades de mayor criticidad del proceso de mantenimiento de un buque pesquero puesto en el astillero de una empresa de Callao-Perú?
- b) ¿Cómo afectará la metodología *Lean Six Sigma* en los costos de las actividades del proceso de mantenimiento de un buque pesquero puesto en el astillero de una empresa de Callao-Perú?
- c) ¿De qué forma la metodología *Lean Six Sigma* influirá en el nivel de conformidad del cliente en los resultados del mantenimiento de un buque pesquero puesto en el astillero de una empresa de Callao-Perú?

1.3 Objetivos.

1.3.1 Objetivo general.

Aplicar la metodología *Lean Six Sigma* a las actividades del proceso de mantenimiento de un buque pesquero puesto en el astillero de una empresa de Callao-Perú para conseguir y mantener la mejora continua del proceso, de acuerdo a los requerimientos del cliente (que viene a ser el armador o dueño del buque pesquero).

1.3.2 Objetivos específicos.

- a) Mejorar las actividades que poseen mayor criticidad en el proceso de mantenimiento del buque pesquero a través de la reducción de los tiempos y detección de fallas en las actividades del mantenimiento.
- b) Reducir los costos de las actividades del proceso de mantenimiento a través de la detección de desperdicios originados en las actividades realizadas en las zonas del buque pesquero.
- c) Asegurar un adecuado nivel de conformidad (por parte del cliente) en las actividades realizadas del mantenimiento, en base al grado de desempeño operacional y condición inicial del buque pesquero.

1.4 Limitantes de la investigación.

1.4.1 Limitante teórica.

Existe una limitante en cantidad y vigencia de estudios muy cercanos al tema de investigación presentado, debido a que en estudios convencionales sobre mantenimiento de buques pesqueros se centran mayormente en el

equipamiento y sistemas con los que cuenta. Además, esta metodología resultó ser novedosa para proyectos de mantenimiento de buques, y se enfocó en este caso a la infraestructura del buque cuya intervención se realizó en el astillero de una empresa de Callao-Perú.

1.4.2 Limitante temporal.

En el presente estudio se consideró la aplicación de la metodología mencionada en el último período de mantenimiento de la infraestructura del buque pesquero puesto en el astillero mencionado, y se ha tomado como referencia los resultados de los dos penúltimos períodos de mantenimiento realizados en dicho astillero. El tiempo entre períodos de mantenimiento es de aproximadamente dos años, y solamente se ha tenido accesibilidad a la información de esos penúltimos períodos.

1.4.3 Limitante espacial.

Según la naturaleza del estudio, se consideró el espacio del astillero de una empresa de Callao-Perú, en donde se han realizado los períodos de mantenimiento de infraestructura del buque pesquero, debido a que este astillero ha trabajado por mucho tiempo en proyectos de reparación, modificación y construcción de buques pesqueros industriales, y además se realizan la mayoría de los trabajos conocidos en un astillero típico. Sin embargo, se considera una limitante espacial debido a que ésta delimita a la unidad de análisis identificada sola y únicamente como buque pesquero en mantenimiento de su infraestructura, y que según **Ñaupas et. al. (2014)**, dicha identificación es una de las tareas del diseño de la investigación.

II. MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes del estudio.

2.1.1 Antecedentes nacionales.

- **Rivera Yanasupo, W.**; Tesis de Maestría: ***“Modelo de Gestión de Mantenimiento bajo el Enfoque PDCA y su Influencia en la Eficiencia General de Máquinas en los Buques de la Armada Peruana”***, año 2019. Esta tesis se orienta a la determinación de la influencia que ejerce el modelo de gestión de mantenimiento bajo el enfoque PDCA (Plan / Do / Check / Act) en la eficiencia general de máquinas de los buques de la Armada Peruana. La relación que tiene este trabajo con la tesis desarrollada se enfoca en la aplicación de un tipo de metodología de calidad para poder conseguir los resultados esperados en las actividades de mantenimiento del buque pesquero puesto en astillero.

- **Cordero Palacios, O., Che Vallejos, S.**; Tesis de Maestría: ***“Gestión de Mantenimiento para reducir el costo de operación de un Remolcador Marítimo en el Puerto de Bayóvar Piura”***, año 2018. En este trabajo se menciona una propuesta de gestión de mantenimiento para los remolcadores, que son tipos de barcos especializados para el apoyo de remolcaje de buques de gran tamaño que operan en el mencionado puerto, cuyos resultados han sido la reducción de costos de operación manteniendo la seguridad y calidad de servicio. La relación que tiene este trabajo con la tesis desarrollada se enfoca al objetivo específico de la reducción de costos de actividades de mantenimiento del buque pesquero puesto en astillero.

- **Cossa Reyna, S., et al.**; Tesis de Maestría: ***“Propuesta para Reducir las Horas Extras del Área de Producción de un Astillero Aplicando Incentivos y Otras Alternativas a través de Herramientas de Mejora Continua”***, año 2014. Esta tesis tiene como objetivo central en reducir los gastos elevados producto de las excesivas horas de sobretiempo que se realizan en el área de producción de un astillero, a través de alternativas de solución basadas en la metodología de mejora continua y atacar la problemática de la excesiva cantidad de horas de sobretiempos mencionados. La relación que tiene este trabajo con la tesis desarrollada es referente a la reducción de los costos de las actividades del mantenimiento del buque pesquero puesto en astillero de una empresa de Callao - Perú, por medio de la reducción de las horas-hombre en exceso en actividades determinadas.

2.1.2 Antecedentes internacionales.

- **Pérez Ortiz, H.**; Tesis de Doctorado: ***“El impacto de Lean Six Sigma en organizaciones latinoamericanas y sus factores críticos de éxito”***, año 2016. Esta tesis de doctorado trata acerca del estudio de organizaciones de México y Centroamérica que han adoptado de forma novedosa la mencionada metodología como modelo de calidad, así como la forma en que la implementaron y sus factores críticos de éxito, siendo que el impacto generado por dicha metodología a las organizaciones mencionadas se traduce en la reducción de los costos operativos, de los tiempos de entrega, y de las fallas en procesos, productos y servicios. La relación que tiene este trabajo con la tesis desarrollada se basa en los objetivos específicos conseguidos con la aplicación de la citada metodología en las actividades de mantenimiento del buque pesquero puesto en astillero.

- **Fernández Rodríguez, A.**; Tesis Doctoral: ***“Investigación y Análisis de Procesos de Fabricación y Ensamblaje en Astilleros dedicados a la Construcción de Buques Tecnológicamente Complejos mediante la Aplicación de las Técnicas de Fabricación Lean”***, año 2015. Esta tesis se centra en la aplicación de la metodología *Lean Manufacturing* a los procesos de construcción de buques, analizando con detalle los procesos de fabricación en un astillero naval dedicado a la construcción de buques de naturaleza compleja, haciendo una comparación entre el modo tradicional de construcción y con la implementación del mencionado método y observando su repercusión en el proceso productivo. Los resultados de dicha tesis mencionan que aplicando metodologías *Lean* pueden lograrse mejoras sorprendentes en las métricas de los procesos, en ocasiones superiores al 40% y que difícilmente eran predecibles. La relación que tiene este trabajo con la tesis desarrollada es referente a la metodología *Lean Manufacturing* como parte de la metodología *Lean Six Sigma* que fue aplicada a los procesos de mantenimiento del buque pesquero.

2.2 Bases teóricas.

2.2.1 Buque pesquero.

a) Definición.

En inglés, *fishing vessel*, es un tipo de embarcación cuyo propósito es realizar la captura de pescado para fines industriales y comestibles, con el apoyo de sus sistemas y equipos que conforman el arte de pesca. Estos tipos de embarcaciones poseen buena velocidad, potencia, arrastre, así como las respectivas cubas o bodegas de pescado (en donde almacenan la captura realizada en regiones específicas de mar denominados “caladeros”) y una acomodación muy diversa de acuerdo al tipo de tripulación y operarios que actúan en la faena de pesca.

Según **Quesquén (2015)**, el buque (llamado también embarcación, barco o nave) es todo flotador dotado o no de propulsión propia y destinado a un fin comercial (transporte de pasajeros, carga, pesca, etc.), militar (buques de guerra), científico (oceanográficos, etc.), auxiliar (remolque, dragado, rompehielos), deportivo u otro cualquiera determinado. Además, que el buque consta esencialmente de una caja estanca de forma adecuada a su función, llamada casco, sobre la cual se erige una superestructura. Parte del casco está sumergido, constituyendo la obra viva o carena, y el resto emerge, llamándose obra muerta.

Para la presente tesis, se tomó en cuenta al buque pesquero de fin comercial (tipo pesca industrial de cerco) así como sus partes principales (casco y superestructura) las cuales fueron descritas como parte del proceso de la propuesta de aplicación de la metodología *Lean Six Sigma* en el mantenimiento del buque pesquero puesto en astillero.

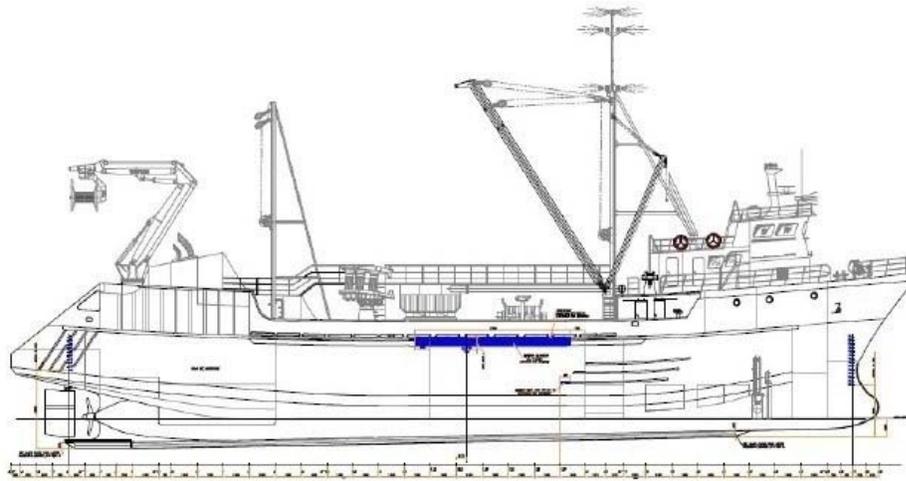


Imagen N° 2.1.

Esquema de un buque pesquero de cerco, de tipo industrial.

Fuente: Elaboración propia.

b) Tipos de buques pesqueros.

Los buques pesqueros se pueden clasificar según sus características y criterios relacionados, ya sea por el arte de pesca (conformado por sistemas y aparejos), por el propósito final (industrial, artesanal o deportiva), por las aguas que navegará y faenará (mares, ríos o lagos), entre otros. Para este presente estudio, se van a mencionar los siguientes tipos de buques pesqueros:

- ❖ **Según la región de aguas donde realizará la faena de pesca:** Este viene a ser una forma habitual de clasificar a los buques pesqueros, de acuerdo a lo establecido en las normativas de los convenios internacionales para la seguridad de la vida humana en la mar.
 - **Buques y embarcaciones de pesca local:** Se define la pesca local como la efectuada con embarcaciones de hasta 10 toneladas de registro bruto, siempre que no se rebasen los 37,5 KW de potencia efectiva de su equipo propulsor, fuera de aguas abrigadas, sin perder

en ningún momento de vista la costa y dentro de los límites de la provincia marítima correspondiente.

- **Buques y embarcaciones de pesca litoral:** Se define la pesca de litoral como la que se practica dentro de la zona comprendida entre el litoral y la línea de 60 millas paralela al mismo.
- **Buques y embarcaciones de pesca de altura:** Se define la pesca de altura como la que se lleva a efecto fuera de la expresada línea de 60 millas y en la zona comprendida entre los paralelos 60°N y 0°S y los meridianos 10°E y 20°W.
- **Buques y embarcaciones de pesca de gran altura:** La pesca de gran altura es la que se ejerce sin limitación de mares ni distancias a la costa fuera de la zona comprendida anteriormente.

La clasificación de los buques pesqueros bajo este aspecto se realizará al aprobar el permiso de construcción correspondiente (si es un buque nuevo) y será confirmada por la Administración Marítima al efectuar el reconocimiento inicial previo a la puesta en servicio del buque.

- ❖ **Según el tipo de pesca que se realizará:** En este segundo aspecto, pueden presentarse subclasificaciones ya sea por la forma de su funcionamiento del arte de pesca, por la forma de transporte de la pesca (en estado fresco o congelado) o por si el buque pesquero sea un barco factoría o no. A continuación, se considerará los tipos de barcos más usados para la pesca en el Perú. **(Quesquén, 2015)**

- **Buques pesqueros de cerco:** Este tipo de barco, llamado también bolichera, está diseñado para emplear redes de cerco, destinado a la pesca de peces pelágicos. Se reconocen por tener el área de trabajo

y puente de mando al centro o ligeramente hacia proa del buque. La red de cerco o boliche se ubica y se estiba en la cubierta de popa. Tiene unas potentes lámparas en el puente que utilizan para hacer atraer y subir el pez a la superficie concentrándolo y facilitando su rodeo con la red. Tiene un mástil que soporta al macaco (que es una especie de polea, de patente yugoslava), la que se encarga de recoger la red a bordo. También tiene un bote auxiliar (denominado panga) que actúa de apoyo. Es similar al buque bonitero (el que pesca cardúmenes de bonito). Este tipo de pesca consiste en cercar el cardumen, para ello el barco extiende la red y hace una maniobra que permite cercar el cardumen, se recoge la relinga cerrando por la parte inferior la red formando así una bolsa. Un mástil o actualmente una grúa hidráulica (denominada ordenadora de red) soporta el macaco que es con que se recoge la red. Típicamente este sistema consta de tres equipos hidráulicos principales: el halador de red (*net winch*), carrete loco (*jockey drum*) y ordenador de red (*net stacker*).



Imagen N° 2.2.

Ejemplo de buque pesquero de cerco.

Fuente: Elaboración propia, foto tomada en el año 2015.

- **Buques pesqueros arrastreros:** Este tipo de barcos se caracterizan porque la pesca que realiza es mediante el arrastre de una gran red. Estos tipos de barcos junto con los cerqueros son los que predominan en el mundo. Existen barcos arrastreros que tiran de dos y hasta tres redes de arrastre lo que supone disponer de una potencia enorme. El arrastre es un sistema que permite las capturas a cualquiera de las profundidades hoy en día accesibles: desde la pesca pelágica, hasta la de fondo. A medida que la tecnología permite aumentar la profundidad de la pesca, el empleo de este sistema va en aumento. También facilita la pesca aún en diferentes estados del mar, lo que no se consigue con otros métodos. Otro aspecto favorable es que se presta a altos grados de mecanización, reduciendo así el uso de mano de obra. Por otro lado, esta red no es selectiva en su captura, desechando muertas especies no deseadas y también destruye el medio ambiente que lo rodea afectando gravemente la flora y fauna marina, aunque ha habido avances en el diseño de redes de arrastre para minimizar los daños.

- **Buques pesqueros palangreros:** Son barcos especializados en la pesca mediante el palangre. Este arte de pesca consiste en una línea principal o cabo madre (generalmente de polietileno) colocada horizontalmente en el mar y de esta se colocan anzuelos anudados mediante hilos de pescar llamados reinales, que tienden a estar en posición vertical y están separadas una de otras a una distancia que evite el enredo entre estas. Este aparejo puede colocarse cerca del fondo marino, en la superficie o a media agua. Este viene a ser el método de pesca más selectivo y menos dañino al medio ambiente a pesar de que estos aparejos pueden llegar a cubrir espacios desde 600 metros a 100 kilómetros de largo.



Imagen N° 2.3.

Ejemplo de buque pesquero palangrero

Fuente: Elaboración propia, foto tomada en el año 2015.

- **Embarcaciones pesqueras artesanales:** Son barcos que faenan en las proximidades de la costa. Pescan al fresco mediante redes, palangre, arpón y otros medios. Son habituales en todos los puertos y de aspecto, tamaño y características muy diferentes de unos a otros. Su capacidad y autonomía es reducido, suelen oscilar desde menos de una tonelada hasta 30 toneladas, y con una autonomía de un día. Su pesca está destinada al consumo humano directo. Suelen construirse de madero o de fierro. Por su amplia variedad de pesca los modelos son diversos. Los que predominan en el Perú son los bolichitos o de cerco, los espineleros, de cortina, de arpón, etc. En número, el bolichito es el más difundido en nuestro medio.

c) Componentes del buque pesquero de cerco.

El buque pesquero de cerco se compone por espacios libres (denominados cubiertas) y cuartos (denominados compartimientos) que se distribuyen en la estructura del casco y superestructura (que representan a la infraestructura del buque). Asimismo, se consideran a los diversos sistemas de tuberías y equipos que posee el buque para sus funciones y operaciones durante la faena de pesca.

- ❖ **El casco** tiene una superficie conformada por planchas (denominados también chapas o tracas) de acero (de tipo naval, ASTM A131 Grado A) con un cierto espesor que se determina de acuerdo a un proceso denominado escantillonado (que son los cálculos de medidas de espesores y tamaños de dichas planchas basados en normas dadas en las sociedades de clasificación de buques). En el interior del casco, se distribuyen los compartimientos funcionales del buque (sala de equipos y máquinas, bodegas o cubas, túnel de propulsión, etc.) en los sectores de proa, centro y popa, con sus respectivos elementos estructurales y dispuestos para el correspondiente equipamiento.

- ❖ **La superestructura** está constituida por planchas de acero naval (de las mismas características empleadas como en el casco), y en donde se distribuyen los compartimientos de acomodación, puente de mando, equipamiento de cubierta, arboladura (mástiles y plumas), poza de red, entre otros.

- ❖ **Los sistemas considerados** en el buque pesquero son los siguientes:
 - Sistema de propulsión.
 - Sistema de gobierno.
 - Sistema de fondeo.
 - Sistema de achique, contra-incendio y baldeo.

- Sistema de enfriamiento.
- Sistema de agua dulce.
- Sistema de agua salada.
- Sistema de aguas sucias.
- Sistema de combustible.
- Sistema de aceite oleo-hidráulico.
- Sistema de aceite lubricante.
- Sistema de venteo.
- Sistema de aire acondicionado.
- Sistema del motor principal.
- Sistema del generador eléctrico.
- Sistema de frío de bodegas o cubas de pescado.
- Sistema eléctrico y electrónico.
- Sistema de navegación y comunicaciones.
- Entre otros.

❖ **El equipamiento** del buque pesquero se encuentra distribuido en los distintos compartimientos y cubiertas con el propósito que sean empleados para sus funciones correspondientes durante la navegabilidad y faena de pesca. Estos equipos consisten en motores, generadores, bombas, compresores, cabrestantes, winches de diferentes tipos (de corte, de combinación, halador, ordenador, etc.)

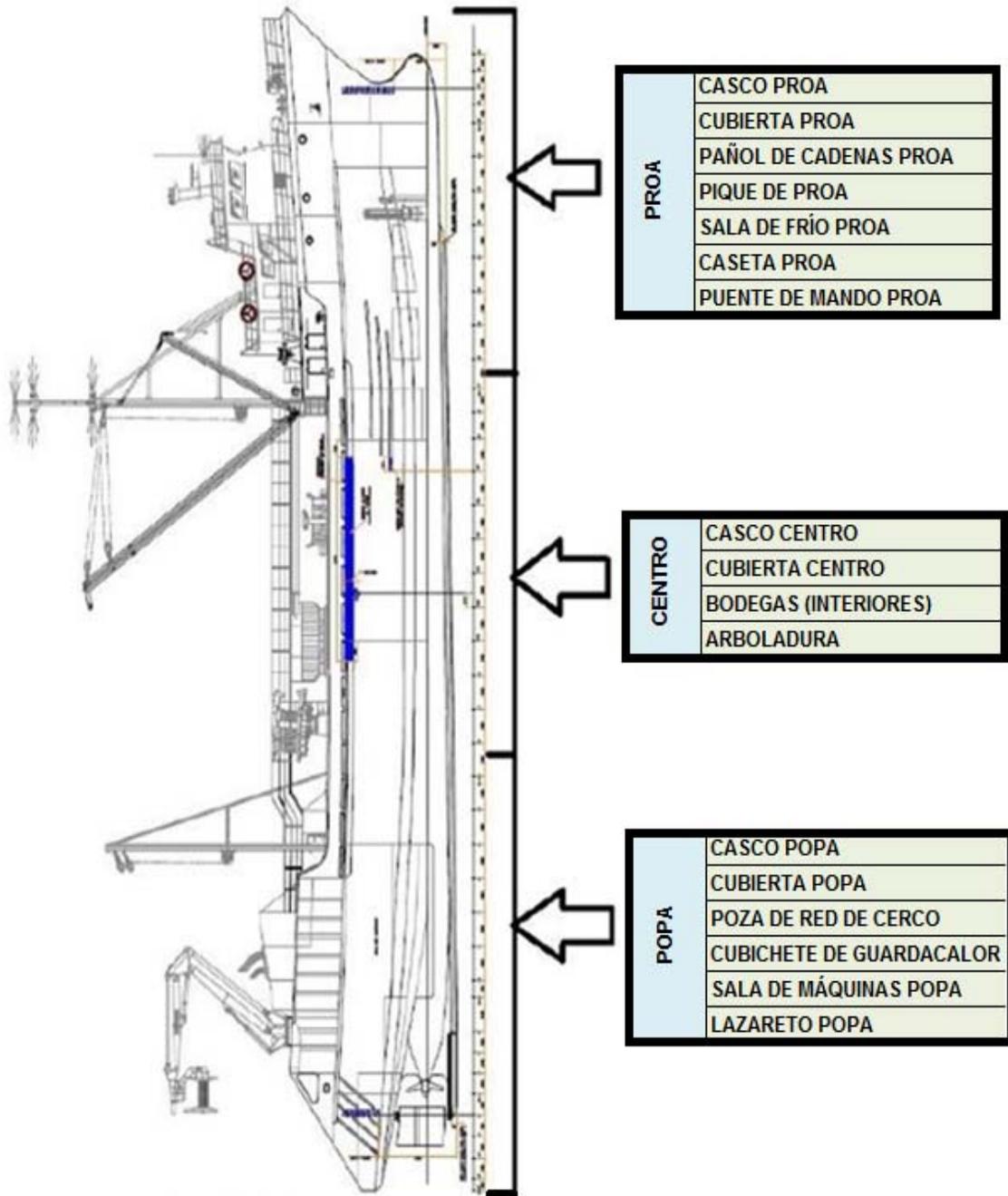


Imagen N° 2.4.

Distribución de compartimientos y zonas en el buque pesquero.

Fuente: Elaboración propia.

d) Flota de buques pesqueros en el Perú.

En nuestro país, la flota pesquera considerada es conformada por las unidades de casco de acero naval que realizan la pesca industrial con el arte de pesca de tipo red de cerco. A continuación, se muestran las flotas pesqueras de las principales empresas pesqueras del país, con esloras desde 10 hasta 70 m.

Tabla N° 2.1.

Flotas pesqueras de cerco según rango de esloras.

EMPRESA PESQUERA	RANGO DE ESLORAS (EN M.)						N° TOTAL BUQUES
	[10,20>	[20,30>	[30,40>	[40,50>	[50,60>	[60,70>	
Austral Group S.A.A	0	1	14	14	4	3	36
CFG Investment S.A.C.	1	15	28	2	1	0	47
Los Halcones S.A.	0	2	5	0	0	0	7
Pesquera Capricornio S.A.	0	5	2	0	0	0	7
Pesquera Centinela S.A.C.	1	2	4	2	1	0	10
Pesquera Diamante S.A.	2	9	18	22	0	0	51
Pesquera Exalmar S.A.A.	1	19	24	3	1	0	48
Pesquera Hayduk S.A.	0	8	10	15	3	0	36
Pesquera Majat S.A.C.	1	1	0	0	0	0	2
Pesquera Natalia S.A.C.	0	1	1	0	0	0	2
Pesquera Pelayo S.A.C.	0	2	0	2	0	0	4
Tecnológica de Alimentos S.A.	0	37	36	19	4	0	96
Total de flotas	6	102	142	79	14	3	346

Fuente: Adaptado de Ministerio de la Producción - Perú (2018).

2.2.2 Astillero naval.

a) Definición.

El astillero naval, también denominado atarazana, es el establecimiento (lugar y/o espacio físico) en donde se lleva a cabo las actividades de construcción, reparación y modificación de embarcaciones y/o artefactos flotantes. Estos espacios físicos pueden localizarse cerca del mar o de ríos navegables para permitir el acceso a las embarcaciones. A pesar que algunos astilleros puedan dedicar su actividad y parte de sus instalaciones a la construcción y la otra parte a la reparación, por lo general cada uno de ellos está especializado en una u otra línea de negocio, por lo que, como clasificación general, podemos agrupar a los astilleros en dos tipos diferentes: Astilleros de construcción y Astilleros de reparación.

b) Tipos de astilleros navales.

- ❖ **Astillero de construcción:** Es aquel establecimiento el cual centra su actividad empresarial en la construcción de embarcaciones. La construcción de un buque es un proceso complejo y sumamente técnico, que exige la coordinación de numerosos trabajadores fijos y eventuales bajo el control del contratista principal, así como los recursos necesarios y de buena calidad para el desarrollo de las actividades de construcción naval (que puede tener carácter civil o militar).

- ❖ **Astillero de reparación:** Esta clase de astillero basa su línea de negocio en la reparación de embarcaciones y/o artefactos flotantes. Todos los buques no son iguales por lo que, consecuentemente, los astilleros donde se realizan las reparaciones tampoco lo son, por lo que suelen estar especializados en un grupo o tipo determinado de embarcaciones. Por poner un ejemplo, un megayate de lujo difícilmente realizará sus labores de

mantenimiento en un astillero donde habitualmente no trabajen con este tipo de embarcaciones. Este caso se puede dar, básicamente, por dos motivos:

- ✓ La desconfianza que le pueda generar a un cliente reparar su embarcación en un lugar donde no están habituados a trabajar con ese tipo concreto de embarcaciones.
- ✓ Que el astillero no quiera aceptar ese tipo de embarcación en sus instalaciones por prever que el proyecto no le resulte rentable, ya que no está acostumbrado a llevar a cabo reparaciones en ese tipo de embarcaciones.

Estos dos motivos resultan ser condicionantes para asegurar un adecuado trabajo de mantenimiento de reparación de buques pesqueros puestos en astillero, y por dichos motivos, los astilleros de reparación se clasifican en:

- **Astillero de reparación especializado en buques comerciales:** Es aquel en donde la actividad principal es la reparación de buques mercantes (o también llamados comerciales). Estos tipos de buques son aquellos cuyo propósito de diseño es el transporte de mercancías y pasajeros (excluyendo los yates y embarcaciones de recreo, aunque sean con ánimo o fines de lucro), buques pesqueros (y sus tipos), buques auxiliares y buques especiales. Este tipo de astillero de reparación viene a ser el más extendido en el mundo y cuenta con más variedad de instalaciones, estructura, tecnificación de equipos y de personal y capacidad de puesta en seco. Además, estos astilleros enfocan su línea de acción en uno o varios tipos de embarcaciones y de esta forma ofrecen una mayor eficacia de servicios especializados acorde con esos tipos de embarcaciones. Particularmente, los buques pesqueros puestos en seco suelen ser

los más atendidos en estos astilleros para propósitos de mantenimiento en reparación y modificación.

- **Astillero de reparación especializado en buques militares:** Esta clase de astillero es propiedad de los gobiernos, y su operación es comandada por el ejército naval correspondiente a cada país. Los accesos a este tipo de astillero suelen estar muy controlado y muchas de las áreas son de acceso restringido para la mayor parte de los trabajadores y tripulantes. Al ser su financiación estatal, los fondos dedicados dependerán de los presupuestos que tenga la Marina del estado en cuestión y, consecuentemente, el nivel tecnológico de sus instalaciones vendrá determinado por el grado de desarrollo del país. En estos tipos de astilleros se atienden a buques militares (de propósitos de guerra, logísticos, multipropósitos, submarinos, etc.)
- **Astillero de reparación especializado en buques o embarcaciones de recreo:** Para estas embarcaciones, el astillero deja de llamarse como tal para pasar a ser un varadero, los cuales hay uno en casi cada puerto en el mundo.

Cabe resaltar que esta clasificación mostrada no resulta ser pura debido a que existen astilleros que abarcan la reparación de más de un tipo de buque, siendo también verdad que lo hacen, generalmente, de forma totalmente separada. Para el presente estudio, se va a considerar el tipo de astillero de reparación dirigido para buques pesqueros de cerco.

c) Características de un astillero de reparación.

Estas características diferenciadas son las que se fija el cliente (armador o dueño de una flota de buques) a la hora de elegir un astillero para llevar a cabo su proyecto de reparación. A continuación, se mencionarán dichas características:

- ❖ **Localización:** Se refiere a la ubicación geográfica donde el astillero de reparación se sitúa y que es condicionada por una serie de factores que lo hacen atractivo y conveniente para los armadores (ya sea por accesibilidad y cercanía), además que permita un buen y adecuado desarrollo de las funciones de mantenimiento por reparación.
 - **En grandes rutas de navegación o proximidades:** Para que los buques pierdan el menor tiempo en llegar al astillero o en caso de desvío de ruta de viaje cuando el buque va en condición de lastre (es decir, con tanques estructurales llenos de agua). Mientras más próximo se encuentre el astillero a las zonas de mayor tráfico de buques, existe la probabilidad de obtener más cuota de mercado.
 - **En el entorno de una actividad marítima específica e intensa:** Como por ejemplo en puertos pesqueros (zonas de gran actividad de pesca), en ríos y canales (en donde existe el continuo dragado para las operaciones necesarias), en el interior de rutas laterales con importante navegación interior, en lugares donde las embarcaciones no puedan acceder a aguas libres, en los terminales de carga y descarga de combustible crudo, etc.
 - **En zonas protegidas de climas desfavorables:** En donde se puedan ejecutar trabajos incluso con temporales y sin riesgo para las embarcaciones y las instalaciones propias del astillero. En estas

condiciones se realizan de manera muy delicada las maniobras de entrada a dique y varada.

- **En lugares de suficiente calado para reparaciones:** Caso contrario, se debe dragar de forma periódica con el correspondiente costo adicional.
- **En una zona industrial de rápido suministro de materiales y mano de obra:** Para el acceso rápido a las herramientas, materiales (como planchas, consumibles, pintura, etc.) y mano de obra calificada y disponible cuando se necesite en las actividades de mantenimiento por reparación de buques.
- **En una zona con buena comunicación aérea para el suministro inmediato de piezas de repuesto:** Es frecuente que en la reparación de un buque haya que sustituir un elemento o parte de él cuyo fabricante se encuentre a muchos kilómetros, por lo que es necesario un buen enlace aéreo que permita en muchos casos obviar esta dificultad y acortar los tiempos de reparación. También permitirá la rápida presencia de inspectores, técnicos, entre otros.
- **En una zona de climatología adecuada:** Algunos trabajos frecuentes de reparación como los de soldadura, chorreados o pintura exigen unas condiciones de humedad atmosférica críticas para obtener una adecuada calidad en el resultado de los trabajos realizados en el plan de mantenimiento por reparación.

La mayoría de los astilleros se ubican en el interior de un puerto comercial de gran actividad, y en algunos casos como servicio ofrecido por la propia administración portuaria.

- ❖ **Capacidad de puesta en seco:** Esta característica es fundamental para la recepción de las embarcaciones dentro del astillero cuya infraestructura (conformada por el dique seco, muelle o varadero) debe ser capaz de poder acoger al buque y atenderlo apropiadamente en su plan de mantenimiento por reparación. Se puede mencionar una clasificación en base al tamaño de los barcos (por toneladas), obteniendo la siguiente tabla:

Tabla N° 2.2.

Clasificación de los astilleros por capacidad de puesta en seco.

TAMAÑO	MEDIOS DE VARADA
Astilleros pequeños, para barcos menores de 20,000 toneladas.	- Varaderos. - Diques secos. - Diques flotantes. - <i>Syncrolift</i> .
Astilleros medianos, para barcos entre 20,000 – 100,000 toneladas.	- Diques secos. - Diques flotantes. - <i>Syncrolift</i> .
Astilleros grandes, para barcos mayores de 100,000 toneladas.	- Diques secos.

Fuente: Elaboración propia.

- ❖ **Capacidad productiva del astillero:** Aquí se mencionan los siguientes aspectos.
 - **Tamaño de las instalaciones:** Es referente al espacio disponible para la realización de las reparaciones a los buques. Este parámetro está dado en unidades de área.
 - **Mano de obra:** Este aspecto requiere de alto conocimiento, experiencia y especialización, lo cual hace que los costos en mano

de obra se incrementen. Es allí donde la ventaja radica en los astilleros que cuenten con una mano de obra de menor costo y calificación requerida.

➤ **Tiempo:** Es de vital importancia ya que mientras más tiempo tarde el buque en el servicio de reparación o mantenimiento, se estarían perdiendo centenas de miles de dólares, afectando negativamente al costo/beneficio del astillero.

❖ **Nivel técnico y tecnológico:** El astillero que cuente con los adecuados niveles mencionados para su mano de obra y equipos (necesarios para las actividades de reparación en buques) va a conseguir una mayor ventaja competitiva y la opción segura por parte de los armadores.

❖ **Calidad del servicio:** En la industria naval, esta característica viene a ser crucial en los procesos y resultados en la reparación de buques, ya que si se ofrece un mal servicio podría causar desastres de gran envergadura.

d) Distribución de los astilleros de reparaciones en el Perú.

En nuestro país, la industria naval actualmente cuenta con un mayor porcentaje del sector dedicado a la reparación de buques comerciales, especialmente referido a los buques pesqueros, y los establecimientos disponibles en las zonas geográficas marítimas ofrecen el servicio de mantenimiento por reparación de estas embarcaciones. Se hará mención de estos astilleros marítimos de reparación naval a través de la siguiente tabla:

Tabla N° 2.3.*Principales astilleros marítimos de reparación naval en el Perú.*

NOMBRE DEL ASTILLERO	PUERTO	SALIDA AL MAR
Andina de Desarrollo S.A. "ANDESA"	Callao	No operativo
Construcciones A. Maggiolo S.A. - Sede Oquendo	Callao	Si
Construcciones A. Maggiolo S.A. - Sede Chucuito	Callao	No operativo
Servicios Industriales de la Marina S.A. "SIMA" - Callao	Callao	Si
Factoría Naval S.A.	Callao	No
H. M. Representaciones S.A.	Callao	No operativo
Ind. Tecn. Naval SCTENSA	Callao	No
Servicios Nav. Indust. Callao S.A.C.	Callao	No
Ast. Serv. y Mant. Nav. "SERVIMAN" S.A.	Callao	No
Maestranza Portuaria E.I.R.L.	Callao	No
J. C. Astilleros S.A.	Chimbote	No operativo
Astillero Luguensi E.I.R.L.	Chimbote	No
Astillero y Servicios BAMAR S.A.	Chimbote	No
Astillero de Tecnológica de Alimentos S.A. "ASTASA"	Chimbote	Si
Corporación Pesquera Hillary S.A.C.	Chimbote	No
Kon Tiki E.I.R.L.	Ilo	No
Varadero Sur Perú S.A.	Ilo	Si
Servicios Tecn. Indust. Metal Naval E.I.R.L.	Paita	No
San Francisco	Paita	No

Fuente: Elaboración propia.

En particular, se va a mencionar al tipo de astillero naval en donde se realizan trabajos de mantenimiento en reparación y/o modificación de buques pesqueros que operan en el litoral peruano. Los trabajos se ejecutan cuando éste se encuentra en condición en seco (es decir, fuera del agua de mar).

2.3 Bases conceptuales.

2.3.1 Mantenimiento del buque pesquero en astillero.

a) Definición de mantenimiento.

El mantenimiento es el conjunto de actividades técnicas y administrativas que se encargan de asegurar las condiciones adecuadas para la funcionalidad de un sistema o planta industrial en un período de tiempo determinado. En esta investigación, la planta industrial viene a ser el buque pesquero y el período de tiempo es denominado período de carena.

Mora Gutiérrez (2014) sostiene que: “La misión principal del mantenimiento es garantizar que el parque industrial esté con la máxima disponibilidad cuando lo requiera el usuario, durante el tiempo solicitado para operar, con las velocidades requeridas, en las condiciones técnicas y tecnológicas exigidas previamente”.

Del párrafo anterior, se desprende que el astillero debe contar con las capacidades operativas y productivas adecuadas para atender eficientemente al mantenimiento por reparación y/o modificación de los buques pesqueros estando puestos en seco en el dique, explanada o patio del astillero.

b) Desarrollo del mantenimiento en buques pesqueros.

Para un buque pesquero puesto en un astillero naval, el tipo de mantenimiento que se realiza es el mantenimiento oportuno, debido a que en el período de veda (que es el primer y tercer trimestre de cada año) dado en el litoral peruano, se pueden realizar los trabajos de mantenimiento en la infraestructura del buque pesquero, de acuerdo a la condición inicial que presenta la embarcación en el instante que ingresa al astillero e inclusive se hacen inspecciones previas en el buque pesquero estando a flote en el mar con la finalidad de verificar las zonas

críticas en donde se debe enfatizar los trabajos de mantenimiento de la infraestructura durante el correspondiente período de carena.

La función del proceso mantenimiento por reparación y/o modificación del buque pesquero puesto en astillero refiere a la serie de actividades a realizar en las estructuras y sistemas de la nave pesquera con la finalidad de asegurar la confiabilidad en el desempeño operacional que va a realizar en la faena de pesca, así como la mantenibilidad en las partes del buque en zonas específicas. Los trabajos de mantenimiento en la infraestructura del buque pesquero (considerado como planta industrial) se realizan en base a las buenas prácticas de astillero naval de una empresa de Callao - Perú, así como los lineamientos indicados en las normas de clasificación de buques, de la dirección de capitanía de puertos de la costa peruana y de la autoridad marítima correspondiente.



Imagen N° 2.5.

Ciclo de mantenimiento de la infraestructura del buque pesquero.

Fuente: Elaboración propia.

c) Aspectos del mantenimiento de los buques pesqueros.

Existen cuatro principales aspectos del mantenimiento de los buques pesqueros relacionados a la operatividad e integridad de estas embarcaciones:

❖ La estanqueidad del buque:

- Verificar resistencia y protección del casco.
- Verificar que los mamparos y puertas estén estancos, así como el estado del cierre de las escotillas, el guardacalor y los portillos.
- Revisar el cierre de los ventiladores y de los tubos de aireación.
- Revisar las aberturas de los costados.
- Comprobar y revisar los servicios del sistema de lastre y sentinas.
- Comprobar los elementos para el taponamiento de las vías de agua.

❖ La estabilidad del buque:

- Comprobar las instrucciones del libro de estabilidad.
- Tomar las precauciones necesarias con relación a los métodos de pesca que puedan influir en la estabilidad del barco.
- Procurar que no se acumule agua en cubierta.
- Evitar corrimientos de la carga tanto en bodega como en cubierta.
- Procurar no navegar bajo ningún concepto con la marca de francobordo sumergida.

❖ La prevención de incendios:

- Los operadores deben conocer sobre prevención de incendios.
- Prestar atención a la señalización de peligro de incendio en la sala de máquinas, tanques y conductos de combustible.
- Tomar especiales precauciones en trabajos de soldadura y en el almacenamiento de botellas que contengan gases inflamables y otros gases peligrosos.

- Vigilar que los sistemas automáticos de detección de incendios y alarmas, en los espacios en que haya riesgo de incendios y alarmas, en los espacios de riesgo de incendios, funcionan correctamente indicando la presencia de un incendio y en el punto en donde se ha producido.
- Comprobar que todos los servicios contra incendios, bombas, mangueras, colectores, acoplamientos, extintores y equipo de bombeo funcionan adecuadamente.
- Comprobar las instalaciones de ventilación y calefacción.
- Cuidar que los medios de evacuación estén en todo momento libres de obstáculos, y se organizarán periódicamente ejercicios prácticos de lucha contra incendios.

❖ **El estado de la maquinaria y de las instalaciones eléctricas:**

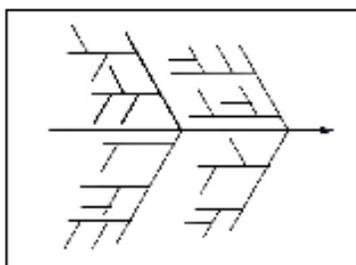
- Los encargados de la revisión de la maquinaria deben usar ropa ceñida, no debiendo usar anillos ni prendas de vestir susceptibles de provocar atrapamientos con la maquinaria.
- Comprobar los indicadores de nivel de agua, aceite y manómetros y las diversas alarmas concernientes a las máquinas.
- Comprobar los servicios de combustible y de vapor, los circuitos eléctricos, la puesta a marcha y que los cables no pasen cerca de superficies calientes.
- Prestar especial atención a las cajas de fusibles y a la revisión de los equipos eléctricos portátiles.
- Examinar las plantas frigoríficas de forma periódica.
- Revisar periódicamente la maquinaria relativa a los equipos de pesca tales como frenos de las maquinillas, malletas y cables.
- Comprobar los equipos de fondeo como anclas y cadenas, así como los equipos de gobierno (timón mecha) y pinzotes.

2.3.2 Metodología *Lean Six Sigma*.

Esta metodología representa la sinergia de dos metodologías muy empleadas en las empresas y organizaciones de gran vanguardia, las cuales son el método *Lean Manufacturing* y el método *Six Sigma*. La aplicación de ambas metodologías permite el logro de los objetivos en los proyectos implementados cuyos resultados son la eficacia, eficiencia y el cambio cultural orientado a la mejora continua.

Esta metodología centra sus bases en el empleo de la metodología DMAMC y las herramientas básicas de calidad, de las cuales se consideraron al Diagrama de Causa y Efecto y al Diagrama de Pareto, según la Imagen N° 2.6.

Diagramas de Causa y Efecto



Diagramas de Pareto

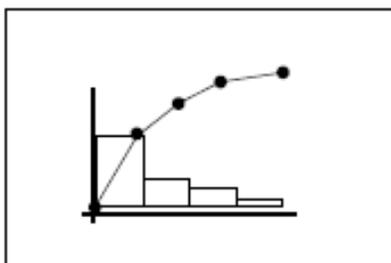


Imagen N° 2.6.

Diagrama de Causa y Efecto y el Diagrama de Pareto.

Fuente: Adaptado de Project Management Institute (2017).

a) *Lean Manufacturing*.

Es una filosofía de trabajo que define la forma de mejora y optimización de un sistema de producción focalizándose en identificar y eliminar todo tipo de “desperdicios”, definidos éstos como aquellos procesos o actividades (como sobreproducción, tiempo de espera, transporte, exceso de procesado, inventario, movimiento y defectos) que usan más recursos de los estrictamente necesarios.

Esta metodología mira lo que no deberíamos estar haciendo porque no agrega valor al cliente y tiende a eliminarlo. Para alcanzar sus objetivos, despliega una aplicación sistemática y habitual de un conjunto extenso de técnicas que cubren la práctica totalidad de las áreas operativas de fabricación: organización de puestos de trabajo, gestión de la calidad, flujo interno de producción, mantenimiento, gestión de la cadena de suministro. Los beneficios obtenidos en una implantación *Lean* son evidentes y están demostrados (**Hernández M., Vizán I., 2013**).

En lo sucesivo, se va a mencionar acerca de los pilares básicos del *Lean Manufacturing*, las técnicas condicionantes que emplea para la mejora continua y la definición de los tipos de desperdicios denotados en dicha metodología.

❖ **Pilares básicos del *Lean Manufacturing*:** La implementación de esta metodología en una planta industrial exige el conocimiento de conceptos, herramientas y técnicas con la finalidad de alcanzar tres objetivos primordiales: rentabilidad, competitividad y satisfacción de todos los clientes. Estos pilares son los siguientes:

- **La filosofía de la mejora continua a través del concepto *Kaizen*,** que significa “cambio para mejorar”, y no es solamente un programa de reducción de costes, si no que implica una cultura de cambio constante para evolucionar hacia mejores prácticas. La mejora *kaizen* tiene algunas características que la diferencian de la

innovación, ya que esta implica un progreso cuantitativo que genera un salto de nivel, que generalmente se produce por el trabajo de expertos, sin embargo, la mejora *kaizen* consiste en una acumulación gradual y continua de pequeñas mejoras hechas por todos los empleados (incluyendo a los directivos). El concepto de *kaizen* debe interpretarse como lo mejor en un sentido tanto espiritual como físico. Comprende tres componentes esenciales: percepción (descubrir los problemas), desarrollo de ideas (hallar soluciones creativas), y finalmente, tomar decisiones, implantarlas y comprobar su efecto, es decir, escoger la mejor propuesta, planificar su realización y llevarla a la práctica (para alcanzar un determinado efecto).

- **Control total de la calidad**, cuyas palabras fueron empleadas por primera vez por el norteamericano Feigenbaum, en la revista *Industrial Quality Control* en mayo de 1957, donde exponía que todos los departamentos de la empresa deben implicarse en el control de la calidad, porque la responsabilidad del mismo recae en los empleados de todos los niveles. Cuenta con tres principios básicos:
 - ✓ Todos los departamentos de una empresa participan del control de calidad durante la fabricación (mediante el autocontrol y otras técnicas) con la finalidad de reducir los costes de producción y los defectos, garantizando los costes bajos para el consumidor y la rentabilidad para la empresa.
 - ✓ Todos los empleados de una empresa participan del control de la calidad, pero también se incluyen en esta actividad, proveedores, distribuidores y otras personas relacionadas con la empresa.

- ✓ El control de la calidad se encuentra totalmente integrado con las otras funciones de la empresa.

- **Concepto del JIT (*Just In Time*)**, que fue desarrollado en vez primera por Taiichi Ohno, primer vicepresidente de Toyota Motor Corporation, con el objetivo de conseguir reducir costes a través de la eliminación del despilfarro. Ohno empleo conceptos creados por Henry Ford y Walter Shewhart entre 1920 y 1930, desarrollando una filosofía de excelencia en la producción que ha superado todas las realizaciones anteriores. Debido a las ventajas que supuso, su filosofía fue adoptada por gran parte de las industrias japonesas, y posteriormente el interés por el JIT llegó a Europa y Estados Unidos de Norteamérica. No todas las empresas utilizan el término *just in time*, IBM utiliza el término producción de flujo continuo, Hewlett-Packard sistema de producción sin almacén y fabricación repetitiva, Motorola fabricación de ciclo corto y otras muchas empresas simplemente utilizan el término sistema Toyota (**Rajadell, 2012**).

Mediante el uso del JIT, la fabricación de artículos se puede dar en el instante preciso y en cantidades solicitadas y/o requeridas, haciendo que el proceso productivo sea exacto tanto en el plazo de tiempo y en las cantidades solicitadas de artículos producidos. Para el cliente, el período de tiempo más importante y de preocupación es el denominado plazo de entrega, que es el tiempo que transcurre desde que el cliente autoriza un pedido hasta que recibe el producto, siendo un tiempo que tiene en cuenta el cliente para sus planificaciones corporativas, y la situación ideal es que dicho tiempo sea el menor y el más fiable posible a fin de cumplir la satisfacción del cliente.



Imagen N° 2.7.

Esquema de entradas y salidas del proceso de implementación de la metodología Lean Manufacturing.

Fuente: Adaptado de Rajadell (2012).

- ❖ **Técnicas condicionantes para la mejora continua:** Se van a considerar las técnicas necesarias para el acondicionamiento de los procesos en la transición a una implementación *lean*. Es decir, se van a mencionar una serie de condiciones que son naturaleza de la gestión de los procesos y sus recursos técnicos y humanos. Entre estas condiciones, se destacan:
 - **Principio de la Organización 5-S**, que consiste en una organización con orden y limpieza completos.
 - **Preparación rápida de los procesos**, para la producción de un nuevo producto que incluirá cambios rápidos de formato de las máquinas y equipos de producción, sin todo lo cual no podrían abordarse series pequeñas de producto, lo que imposibilitaría una correcta implantación de la metodología *lean*.

Hay otro conjunto de condiciones que deberá incluir la transición, pero que pueden abordarse en el propio proceso de la misma o en la fase de mejora continua. Entre ellas, cabe destacar:

- Utilizar, en la medida de lo posible, equipos productivos pequeños y flexibles, fácilmente disponibles en flujo directo.
 - Recursos humanos con la polivalencia que permita dotar al sistema productivo de la necesaria flexibilidad.
 - Implantación de un sistema de calidad total que permita asegurar que cada operación de los procesos implantados entregue el producto con la calidad exigida.
 - Implantación de un sistema de mantenimiento productivo total, que asegure la disponibilidad de los equipos productivos en el momento que se los requiera, con un funcionamiento correcto.
 - Implicación progresiva de los proveedores en la nueva gestión.
- ❖ **La organización 5-S, la base para las implantaciones eficientes:** Los procesos empresariales cuya implantación se pretende llevar a cabo bajo los principios de la gestión *lean* y, por tanto, basándose en evitar actividades y consumo de recursos innecesarios, ven muy favorecidos sus objetivos, si parten de una buena organización que les evite perder tiempo en buscar, recoger y preparar elementos necesarios (como materiales, herramientas, útiles, entre otros). Ello se puede conseguir en grado sumo, mediante la implantación de un programa 5-S, cuya aportación a la mejora de la eficiencia es directa y total; en efecto, como se verá, este programa presupondrá **organización, orden, limpieza, estandarización y disciplina**, estas que favorecen el ahorro de recursos y actividades inútiles

y que, desde luego, suponen eficiencia. Los sistemas productivos en los que está aplicado el sistema JIT, no rendirían adecuadamente, si no tuvieran asimismo implantados de forma sistemática un programa 5-S. Las actividades básicas de un programa 5-S son cinco, correspondientes a la fonética japonesa que comienzan con “S”, y estas se muestran en la siguiente tabla:

Tabla N° 2.4.

Descripción de las 5 “S”.

<u>SEIRI</u>	<u>Organización:</u> Disponer los puestos de trabajo con los elementos que les son propios y eliminar aquellos que no tienen utilidad en ellos o a su alrededor, los cuales estorban. Una técnica muy empleada para ello consiste en adherir, por ejemplo, etiquetas rojas a todos aquellos elementos que sospechamos que no deberían estar en el puesto de trabajo y esperar un tiempo prudencial para deducir, finalmente, cuáles han desaparecido (porque han sido utilizados) y cuáles no se han tocado.
<u>SEITON</u>	<u>Orden:</u> Los elementos que componen el puesto de trabajo, una vez ya se han organizado (tanto los elementos que se hallan en el puesto como las que están cerca, han de estar allí y ser útiles), deben ahora ordenarse, de forma que se pueda identificar rápidamente la ubicación de cualquiera de ellos por su naturaleza.
<u>SEISO</u>	<u>Limpieza:</u> Todos los elementos que componen el lugar de trabajo deben estar permanentemente limpios y en orden de funcionamiento. La limpieza ha pasado en la actualidad a ser una de las tareas del propio trabajador productivo, con las nuevas tendencias en la gestión del mantenimiento, el denominado TPM (<i>Total Productive Maintenance</i>), o en español, el Mantenimiento Productivo Total.
<u>SEIKETSU</u>	<u>Estandarización:</u> Los procedimientos necesarios para alcanzar los objetivos de las tres primeras “S” deben dotarse del método adecuado para que puedan implantarse con la máxima facilidad posible. Cuando se consideren suficientemente correctos, será importante su estandarización, para asegurar su correcta aplicación.

SHITSUKE Disciplina: A fin de que las tres primeras “S” se lleven a cabo, de acuerdo con los procedimientos estandarizados y se repitan estos cada vez que corresponda y no solo cuando el tiempo y la motivación “lo permitan”, será conveniente completar el programa 5-S con la disciplina necesaria y adecuada durante la implementación de la metodología *lean*.

Fuente: Adaptado de Cuatrecasas (2015).

❖ **Los tipos de desperdicios detectados:** Los desperdicios o despilfarros representan todo aquello que resulte improductivo, inútil o que no aporte valor añadido, y estos deben ser sistemáticamente eliminados a través de diversos métodos como los que conforman el conjunto de actividades del sistema japonés *hoshin* (que significa brújula), con la cual se busca, por parte de todo el personal involucrado (desde la dirección hasta los operarios), soluciones simples y aplicables de inmediato tanto en la mejora de la organización del puesto de trabajo como en las instalaciones o flujos de producción y mantenimiento, basando el éxito de la ejecución de estas actividades por medio de la implicancia del personal de la organización.

Los desperdicios o despilfarros se tipifican en: sobreproducción, tiempo de espera o tiempo vacío, transporte o movimientos innecesarios, sobreproceso, stock, defectos o errores humanos.

➤ **Desperdicio por “sobreproducción”:** Es el resultado de fabricar más cantidad de la requerida o de invertir o diseñar equipos con mayor capacidad de la necesaria. La sobreproducción es un desperdicio fatal porque no incita a la mejora, ya que parece que todo funciona correctamente. Además, producir en exceso significa perder tiempo en fabricar un producto que no se necesita, representa un consumo inútil de material, se incrementan los transportes internos y se llenan de stock los almacenes. Este desperdicio no es

ajeno a los procesos en las industrias navales, en relación a los materiales y componentes adecuados para realizar las actividades de mantenimiento del buque pesquero puesto en astillero.

- **Despilfarro por “tiempo de espera” o “tiempo vacío”:** El desperdicio por tiempo de espera es el tiempo perdido como resultado de una secuencia de trabajo o proceso ineficiente. Los procesos establecidos pueden provocar que unos operarios permanezcan parados mientras otros están saturados de trabajo. Un cliente nunca estará dispuesto a pagar el tiempo perdido durante la fabricación de su producto o el mantenimiento innecesario de su bien o activo.

- **Despilfarro por “transporte” y “movimientos innecesarios”:** El desperdicio por transporte es el resultado de un movimiento o manipulación de material innecesario, quizás por culpa de un *layout* mal diseñado. Las máquinas y las líneas de producción deberían estar lo más cerca posible y los materiales deberían fluir directamente desde una estación de trabajo a la siguiente sin esperar en colas de inventario. En este sentido, es importante optimizar la disposición de las máquinas y los trayectos de los suministradores. Además, cuantas más veces se mueven los artículos de un lado para otro, mayores son las probabilidades de que resulten dañados. En las empresas de servicios estos despilfarros pueden hacerse evidentes en procesos con varios desplazamientos evitables entre departamentos de la empresa, viajes de profesionales, comidas y reuniones sin rendimiento efectivo, autobuses en itinerarios u horarios en donde no hay viajeros, etc.

- **Despilfarro por “sobreproceso”:** El desperdicio por sobreproceso es el resultado de poner más valor añadido en el producto que el esperado o el valorado por el cliente, en otras palabras, es la consecuencia de someter al producto a procesos inútiles, por ejemplo: verificaciones adicionales, aplicaciones innecesarias de pintura, algunos trabajos de limpieza, etc. El objetivo de un proceso productivo debería ser obtener el producto acabado sin aplicar más tiempo y esfuerzo que el requerido. En las empresas de servicios estos despilfarros se manifiestan en procesos administrativos burocráticos, innecesariamente complejos o pesados. Para la industria naval, este tipo de desperdicio es frecuente y su origen se toma a veces como un imprevisto durante los procesos de mantenimiento del buque pesquero puesto en astillero.

- **Despilfarro por exceso de inventario:** Los *stocks* son la forma de despilfarro más clara porque esconden ineficiencias y problemas crónicos. Como consecuencia de sus relaciones con estos problemas, los directores japoneses han denominado al *stock* la “raíz de todos los males”. Desde la óptica de la metodología JIT (*Just In Time*), los inventarios se contemplan como los síntomas de una fábrica enferma, de la misma manera que los médicos observan como síntomas típicos de la gripe, la fatiga, la fiebre y el malestar general, los doctores de la metodología JIT ven a los *stocks* como los síntomas de la mala salud en las operaciones de una fábrica.

- **Despilfarro por defectos:** El despilfarro derivado de los errores es uno de los más aceptados en la industria, aunque significa una gran pérdida de productividad, porque incluye el trabajo extra que debe realizarse como consecuencia de no haber ejecutado correctamente el proceso productivo la primera vez. Los procesos productivos

deberían estar diseñados a prueba de errores para conseguir productos acabados con la calidad exigida, eliminando así cualquier necesidad de retrabajo o de inspecciones adicionales. También debería haber un control de calidad en tiempo real de modo que los defectos en el proceso productivo se detecten justo cuando suceden, minimizando así el número de piezas sospechosas que requieren inspección adicional y/o repetición de trabajos.

La empresa u organización que aplique la metodología *lean* tiene como objetivo alcanzar la cota de despilfarro cero en todos los procesos y operaciones. Se han mostrado los tipos de despilfarros o desperdicios cuya identificación no resulta ser fácil debido a que están escondidos a veces. Por ejemplo, cuando un operario emplea una espuma para evitar el deterioro de las piezas de un equipamiento, representa una mejora y evidente contribución a la reducción del despilfarro por piezas defectuosas. Finalmente, se debe tener en cuenta que el despilfarro se detecta en el ámbito de la producción y/o mantenimiento, así como en la administración de la empresa, lo cual obliga a considerar dos áreas adicionales de despilfarro potencial: la información y el desprecio de la capacidad creativa de los empleados.

Es por ello que, una empresa y organización que no pueda aprender como captar, reunir, compartir, y procesar la información que posee y la capacidad creativa de sus empleados, es una empresa que nunca alcanzara el nivel *lean*.

b) Metodología *Six Sigma*.

- ❖ **Definición:** Es una metodología de mejora continua que se emplea para lograr y mantener el éxito por medio de la orientación al cliente, la gestión por procesos, así como el uso de los hechos y datos los cuales serán analizados a través de las herramientas estadísticas y de calidad que posee dicha metodología. El objetivo es alcanzar rendimientos en los procesos con no más de 3.4 oportunidades de defectos o errores por cada millón de oportunidades.

El nombre *Six Sigma* proviene del inglés *Six* que significa número seis (6) y *Sigma* que hace referencia a la letra griega sigma (σ) que es empleada como símbolo para representar a la desviación estándar o medida de la variación de un proceso. Es por ello que esta metodología se centra en identificar y controlar la variabilidad del proceso con la finalidad de obtener y mantener la mejora continua. La variación de un proceso representa a los errores, defectos y retrasos cuyas causas serán determinadas con las herramientas de calidad que cuenta la metodología citada.

Los procesos de esta metodología se refieren a un concepto que plantea una aspiración o meta común en calidad para todos los procesos de una empresa u organización. El término se acuñó en el decenio de los años 1980-1989, implementado en empresas de prestigio, como Motorola y *General Electrics*, y le dio su nombre al programa de mejora *Six Sigma*. (Gutiérrez P., De La Vara S., 2013).

La metodología *Six Sigma* se basa en dos transformaciones básicas:

- Transformar un problema práctico en un problema estadístico, al cual se busca una solución estadística.

- Transformar la solución estadística en una solución práctica y ponerla en marcha para obtener y conservar la mejora continua.

Dicho así suena complejo, pero la realidad es que la transformación de un problema práctico en uno estadístico radica, solamente, en la utilización, análisis e interpretación de los datos relativos al problema práctico. Del mismo modo la solución práctica consiste en comprender dichos datos y realizar los cambios necesarios para que se pueda aplicar la solución estadística que los modifique en sentido favorable.

Esta estrategia requiere que se optimicen las salidas del proceso mediante un enfoque en las entradas y procesos involucrados, describiéndose de forma matemática en la siguiente ecuación:

$$y = f(x) \dots\dots\dots (2.1)$$

Donde:

y = Es una función de x; siendo y la variable dependiente de una salida de proceso, un efecto o un síntoma que hay que monitorear.

x = Son las variables independientes de entradas o del proceso que representan las causas o problemas que hay que controlar.

- ❖ **Métricas de la metodología:** La desviación estándar, representada por la letra griega sigma (σ), es una medida estadística de dispersión de los datos respecto al valor medio, la cual será empleada en esta metodología, teniendo en cuenta que a un mayor valor del sigma (σ), se tiene una menor desviación estándar, y por consiguiente, el proceso es mejor, más preciso y con menor variabilidad (que es uno de los fines que alcanza el *Six Sigma*).

Como se mencionó antes, el valor estadístico de 6 sigma (6σ) corresponde a 3.4 DPMO (defectos por millón de oportunidades), esto quiere decir que, en base a los límites de especificación del cliente, la variación de un proceso resulta en seis desviaciones estándar del proceso entre la media del proceso y los límites de especificación mencionados. Por ende, esta metodología se emplea como una medida estadística del nivel de desempeño de un proceso o producto.

La **capacidad de proceso (C_p)** es un parámetro que se relaciona con el nivel de sigma a considerar en la variabilidad del proceso, es decir, mientras mayor es este parámetro, mayor es la calidad del sigma y menor el valor de defecto por millón de oportunidades (DPMO) en caso de producción industrial. A continuación, se mostrarán los correspondientes valores de capacidad de proceso en función a la calidad sigma:

Tabla N° 2.5.

Valores de la capacidad de proceso (C_p) en función a la calidad sigma (σ).

CAPACIDAD DE PROCESO (C_p)	CALIDAD SIGMA (σ)	DPMO	RENDIMIENTO
2.00	6.0	3.4	99.9997%
1.67	5.0	233	99.9767%
1.33	4.0	6,210	99.379%
1.00	3.0	66,800	93.32%
0.67	2.0	308,540	69.146%

Fuente: Adaptado de Gutiérrez & De La Vara (2013).

Las formulaciones consideradas para determinar la capacidad de proceso en relación al nivel sigma (σ) son los siguientes:

- **Capacidad de proceso general (C_p):**

$$C_p = \frac{\text{Intervalo de tolerancias}}{\text{Capacidad}} = \frac{USL - LSL}{6\sigma} \dots\dots\dots (2.2)$$

- **Capacidad de proceso para especificación superior (C_{pu}):**

$$C_{pu} = \frac{USL - \mu}{3\sigma} \dots\dots\dots (2.3)$$

- **Capacidad de proceso para especificación inferior (C_{pl}):**

$$C_{pl} = \frac{\mu - LSL}{3\sigma} \dots\dots\dots (2.4)$$

Donde **USL** es el límite superior; **LSL** es el límite inferior para la especificación o valor considerado; y **μ** es el valor medio de la especificación.

- ❖ **Proceso D.M.A.I.C. aplicado al Six Sigma:** Los pasos a realizar en esta metodología de mejora continua están dados en el enfoque de la estrategia denominada **D. M. A. I. C. (Define / Measure / Analyze / Improve / Control)**, debido a que se empleará para mejorar procesos ya existentes, y aplicando a los procesos de mantenimiento, esta estrategia se menciona como sigue:

- **Definir:** Es la primera fase de esta metodología en donde se identifica los procesos críticos que afectan los resultados de la función de mantenimiento, y que deben ser mejorados, asegurando que los recursos estén disponibles para el proyecto de mejora y estableciendo la expectativa a través del enfoque de la metodología. Luego se precisa a los requerimientos de los clientes, sus

necesidades y metas a alcanzar en la optimización de los procesos clave. Los pasos a realizar son:

- ✓ Definir los requerimientos del cliente.
- ✓ Desarrollar enunciado del problema, metas y beneficios.
- ✓ Identificar al equipo de trabajo a cargo de la implementación de la metodología.
- ✓ Definir los recursos necesarios.
- ✓ Evaluar apoyo organizacional clave.
- ✓ Desarrollar el plan del proyecto.
- ✓ Desarrollar mapeo del proceso a un nivel alto.

Las herramientas consideradas son:

- ✓ *Team Charter* (carta de equipo).
- ✓ Diagrama de flujo del proceso.
- ✓ Diagrama SIPOC.
- ✓ Definiciones de las variables críticas para la calidad (CTQ's).
- ✓ Recolección de voz del cliente (VOC).
- ✓ Despliegue de la función de calidad (QFD).
- ✓ Entre otros.

➤ **Medir:** Es la segunda fase en donde se mencionan las medidas clave de los procesos, a través de entradas y salidas, así como su información primordial y verídica, con el propósito de conocer el estado actual y las posibilidades de ser mejorados a través del alcance de metas definidas, evitando posibles estimaciones y suposiciones de los resultados esperados. Dichas medidas en general se expresan en términos de sigma (que representa la desviación estándar). Los pasos a realizar son:

- ✓ Definición de unidad, oportunidad, defecto y métrica.

- ✓ Mapa del proceso detallado de las áreas apropiadas.
- ✓ Desarrollar el plan de recolección de datos.
- ✓ Validar el sistema de medición.
- ✓ Recolección de datos.
- ✓ Comenzar a realizar la relación $y = f(x)$.
- ✓ Determinar la capacidad del proceso y nivel de calidad sigma.

Las herramientas consideradas son:

- ✓ Diagrama de flujo del proceso.
- ✓ Plan de recolección de datos.
- ✓ Marca de referencia (benchmarking).
- ✓ Análisis del sistema de medición.
- ✓ Recolección de voz de cliente (VOC).
- ✓ Cálculo del nivel sigma del proceso.

➤ **Analizar:** Es la tercera fase en donde se formula la hipótesis a través de la evaluación de los datos recolectados en la etapa anterior, con el objetivo de identificar las variables clave que se deben optimizar, separando las variables vitales (que son las fuentes potenciales de variación) de las muchas variables triviales, así como las causas raíces de los problemas identificados. Los pasos a realizar son:

- ✓ Definición de los objetivos de desempeño.
- ✓ Identificar los pasos del valor agregado y del no agregado del proceso.
- ✓ Identificar las fuentes de variación.
- ✓ Determinar las causas raíz.
- ✓ Determinar las variables independientes vitales en la relación $y = f(x)$.

Las herramientas consideradas son:

- ✓ Histogramas.
- ✓ Diagrama de Pareto.
- ✓ Series de tiempo.
- ✓ Diagramas de dispersión.
- ✓ Análisis de regresiones.
- ✓ Diagrama de Ishikawa (Causa y efecto).
- ✓ Los cinco por que's.
- ✓ Análisis estadístico.
- ✓ Prueba de hipótesis.
- ✓ Análisis de Modo y Efecto de Falla (AMEF).

➤ **Mejorar:** Es la cuarta fase en donde se desarrollan actividades que permitan reducir la variabilidad de las características seleccionadas a través de implantación de soluciones y diseños de sistemas de seguimiento que permitan alcanzar las metas de mejora de calidad del proyecto, asegurando que se han arreglado las causales de la variación de los procesos y sus resultados y que las soluciones propuestas sean funcionales al ser implementadas por completo. Los pasos a realizar son:

- ✓ Generar diferentes soluciones para cada causa raíz.
- ✓ Por medio de una matriz de prioridades, elegir la mejor solución.
- ✓ Definir tolerancias operacionales del sistema potencial.
- ✓ Evaluar los modos de falla de la solución potencial.
- ✓ Validar mejoras potenciales mediante estudios piloto.
- ✓ Corregir y reevaluar la solución potencial.

Las herramientas consideradas son:

- ✓ Lluvia de ideas.

- ✓ Métodos a prueba de error (*Mistake Proofing*).
 - ✓ Diseño de experimentos.
 - ✓ Matriz de prioridades.
 - ✓ Despliegue de la función de calidad (QFD).
 - ✓ Análisis de Modo y Efecto de Falla (AMEF).
 - ✓ Software de simulación.
- **Controlar:** Es la última fase de esta metodología en donde se implementa la solución, asegura que dicha solución sea sostenida y comparte las lecciones aprendidas de cualquier proyecto de mejora que pueden ser tomadas como ejemplo. Asegura que las mejoras al proceso, una vez implementadas, serán sostenidas y que el proceso considerado no se va a revertir a su estado anterior. Adicionalmente permite que se comparta la información que puede acelerar mejoras similares en otras áreas. Los pasos a realizar son:
- ✓ Estandarizar el proceso.
 - ✓ Documentar el plan de control.
 - ✓ Monitorear el proceso.
 - ✓ Cerrar y difundir el proyecto.

Las herramientas consideradas son:

- ✓ Cálculo del nivel sigma del proceso.
- ✓ Cartas de control (variables y atributos).
- ✓ Cálculo de ahorros y costos.
- ✓ Plan de control.

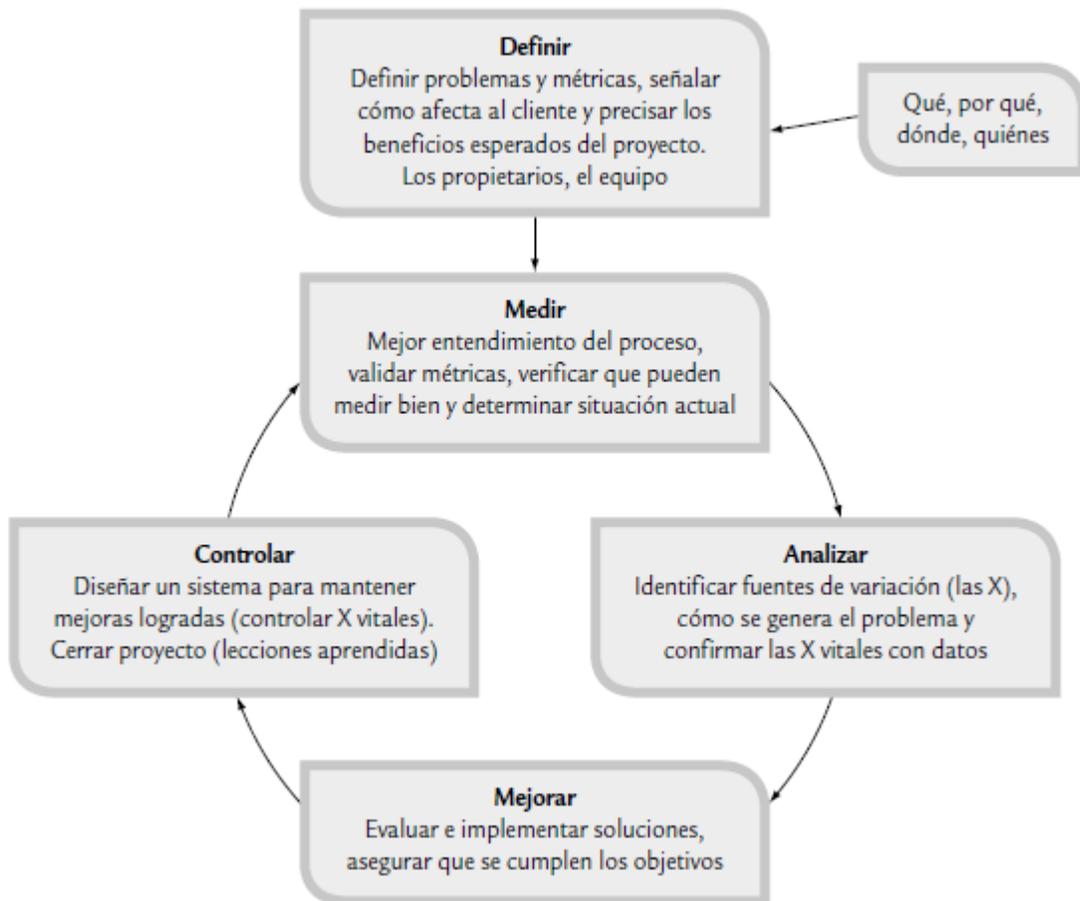


Imagen N° 2.8.

Las cinco etapas en la realización de un proyecto 6σ.

Fuente: Adaptado de Gutiérrez & De La Vara (2013).

2.4. Definición de términos básicos.

- * **Amurada:** Es la parte del buque que está conformada por planchas curvas de la parte de proa en los costados, donde comienza el afinamiento del casco hacia proa.
- * **Arboladura:** Es el conjunto de mástiles de un barco (Blanes, 2015). Para un buque pesquero, la arboladura se compone por el mástil central, con sus bípodes de apoyo, las plumas tipo principal y auxiliar (además de una pluma adicional para tangón de bomba absorbente) con sus respectivos pinzotes y bocinas de pivote. Además, se dispone los winches de plumas y amantillo, las tuberías de protección de los cables de las luces del mástil, entre otros.
- * **Babor:** Es el costado izquierdo de un buque, visto de popa a proa (Blanes, 2015).
- * **Bodegas o cubas de pescado:** Son los compartimientos que sirven para almacenar y preservar los cardúmenes de pescado capturados en la faena.
- * **Bulbo de enfriamiento:** Consiste en un recinto estructural estanco (conformado por planchajes y reforzamientos internos) dispuesto en los laterales de la parte inferior o quilla del casco de un buque, que sirve como depósito del agua de enfriamiento de las maquinarias.
- * **Cadenas y ancla:** Es el conjunto que conforma el sistema de fondeo de un buque, y se dispone desde la proa.
- * **Calado:** Es la medida (en unidades lineales) de la profundidad que alcanza en el agua la parte sumergida de un buque. Según las autoridades marítimas, en el buque pesquero se deben colocar marcas de calado en los extremos de proa y popa.

- * **Camarote:** Es una habitación, por lo general de pequeñas dimensiones, destinadas a dormitorio de una o varias personas (**Marina de Guerra del Perú, 2018**).
- * **Carena:** Es la parte del casco que comprende en especial los fondos del buque que están en contacto con el agua durante la flotación del mismo. También se refiere a la reparación del buque, ya sea por la limpieza de fondos o con obras de mayor envergadura, efectuadas en dique o incluso en gradas de un astillero (**Marina de Guerra del Perú, 2018**).
- * **Casco:** Es el conjunto de las diferentes piezas que constituyen el cuerpo del buque y su envuelta impermeable (normalmente constituido de planchas fabricadas y unidas de forma consistente), sin considerar las máquinas, arboladuras ni pertrechos (**Marina de Guerra del Perú, 2018**).
- * **Caseta principal:** Es el conjunto de compartimientos ubicado por encima de la cubierta principal, que abarca el sector proa y parte del sector central de un buque pesquero.
- * **Cofferdam:** Es el espacio vacío ubicado entre dos mamparos, relativamente cerca uno del otro, para aislar bodega, tanques, sección de proa o cuarto de máquinas de un buque. Para un buque pesquero, el cofferdam puede dividir la sala de frío y las bodegas o cubas de pescado.
- * **Cubichete de guardacalor:** Es el compartimiento de un buque en donde se disponen las tuberías de escape y otros implementos, además de ser el acceso hacia la sala de máquinas dispuesta en la zona de popa. Puede estar dispuesto a cualquiera de los costados o lados del buque.
- * **Cubierta:** Es una superficie horizontal que en conjunto de cubiertas van a dividir el interior de un buque en el sentido de su altura. Pueden ser de madera o acero naval (**Marina de Guerra del Perú, 2018**).

- * **Disco de Plimsoll:** Es una marcación (ya sea en alto o bajo relieve) que es instalada en la parte central por debajo de la línea de verduguete, e indica la marca de francobordo del buque pesquero (que es la altura desde la línea de flotación hacia la cubierta principal, que indica la reserva de flotabilidad de la embarcación).
- * **Estribor:** Es el lado derecho de un buque, mirando de popa a proa (**Blanes, 2015**).
- * **Herramientas de calidad:** Se denominan las siete herramientas básicas de calidad, o también conocidas en la industria como Herramientas 7QC, se utilizan en el contexto del Ciclo *PDCA* (*Plan-Do-Check-Act*) para resolver problemas relacionados con la calidad. Estas herramientas mencionadas son: Diagramas Causa-Efecto (Ishikawa), Mapa de Procesos, Hojas de Verificación, Diagrama de Pareto, Histogramas, Diagramas de Control y Diagramas de Dispersión X-Y (**Project Management Institute, 2017**).
- * **Lastre:** Viene a ser un objeto de peso significativo que se coloca al fondo del casco de un buque, para facilitar su conducción mejorando la estabilidad (**Marina de Guerra del Perú, 2018**).
- * **Lazareto:** Es el compartimiento ubicado en popa que alberga al mecanismo de accionamiento hidráulico del sistema de gobierno de un buque, así como la disposición de los tanques de combustible (de tipo estructural).
- * **Mantenimiento oportuno:** Se denomina al tipo de mantenimiento a realizar en un equipo, maquinaria o conjunto de sistemas en donde se ejecuta en temporadas donde no haya operaciones en línea de forma constante y se aprovecha dichos tiempos que se establecen en base a normativas y/o especificaciones de acuerdo al tipo de ámbito industrial que se refiera. En este caso, el mantenimiento del buque pesquero, puesto en un astillero, se realiza en la temporada de veda en el litoral peruano.

- * **Mantenimiento programado:** También denominado mantención programada, es el tipo de mantención cuya fecha o período de ejecución se ha establecido con el objeto de obtener la mejor adecuación entre necesidades y medios y el menor tiempo de ejecución de las intervenciones programadas (**Gestiopolis, 2019**).
- * **Metodología DMAMC:** Es aquella que está incluida en el principio del *Six Sigma* y que posee cinco pasos a seguir para lograr la mejora continua en los procesos y productos de un determinado proyecto. Estos pasos son: Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar. También se denomina *DMAIC* (en el idioma inglés) las cuales refieren a los pasos *Define-Measure-Analyze-Improve-Control*. Esta metodología además posee el principio similar al proceso PHVA (Planificar, Hacer, Verificar y Actuar), que en inglés sería denominado como *PDCA (Plan-Do-Check-Act)*.
- * **Pañol:** Son lugares en los que se almacenan los distintos efectos de respeto y aprovisionamiento del barco. Además, es un compartimiento de un buque que sirve de depósito de víveres, municiones, etc (**Blanes, 2015**).
- * **Pique:** Es un espacio bajo la cubierta, donde se estiban pertrechos específicos para la navegación (**Blanes, 2015**).
- * **Popa:** Es la parte posterior de un buque donde va colocado el timón, y es la parte opuesta a la proa (**Marina de Guerra del Perú, 2018**).
- * **Poza de red de cerco:** Ubicado en la cubierta de popa de un buque pesquero, en donde se dispone y estiba la red de cerco con la ayuda del ordenador de red (*net stacker*) y cuenta con los siguientes límites: una estructura tubular tipo reja (a proa), el mamparo longitudinal lateral del guardacalor (a babor), la aleta de tiburón y el porta-anillas (a estribor) y el mamparo transversal de rampa (a popa).

- * **Proa:** Es la parte delantera de un buque, de forma afilada (con un perfil transversal en forma de “V”) para ofrecer menos resistencia al corte de agua que impide el avance del buque en navegación (**Marina de Guerra del Perú, 2018**).
- * **Puente de mando:** Es el compartimiento de un buque en donde se realiza el control de la navegación a través de consolas de mando para la navegación y comunicaciones.
- * **Quilla:** Es la pieza que va de proa a popa por la parte más baja de un buque. En buques metálicos está constituida por una hilada de piezas o planchas que forman la quilla horizontal sobre la que, perpendicularmente, se monta otra traca de planchas reforzadas, con angulares (quilla vertical). La quilla es la primera pieza que se coloca en la construcción de un buque (**Marina de Guerra del Perú, 2018**).
- * **Rampa de popa:** Es la continuidad de la amurada de cubierta de popa, ubicado en el extremo de popa, en donde se dispone el bote auxiliar del buque pesquero (denominado panga). Consiste en planchaje de acero naval y reforzada con rieles de barra semi-circular (en el exterior de rampa) y reforzamiento con longitudinales (en el interior de rampa). En esta rampa se dispone el nombre del puerto (ya sea en alto o bajo relieve) en donde opera el buque pesquero.
- * **Roda:** Es una pieza gruesa y curva que forma la proa de un buque (**Marina de Guerra del Perú, 2018**). Esta pieza se refuerza a las estructuras internas del pique de proa, pañol de cadenas y cubierta de proa.
- * **Sala de frío:** También denominado cuarto de frío, es el compartimiento de un buque pesquero en donde se disponen los equipos del sistema de frío de las bodegas de pescado y generación eléctrica del buque.

- * **Sistema de gobierno:** Es el conjunto normalmente dispuesto en la popa, que permite el control de la maniobrabilidad del buque durante la navegación. Está conformado por el servomotor, eje limera, bocinas, acoplamientos y la pala de timón (conformado por una estructura con perfil hidrodinámico, unido a un talón o zapata del casco del buque).
- * **Sistema de propulsión:** Es el conjunto normalmente dispuesto en la popa, que permite el movimiento del buque durante la navegación. Está conformado por el motor propulsor, ejes, chumaceras, bocinas, acoplamientos y la hélice de propulsión (conformado por el cubo o núcleo central y las palas o álabes).
- * **Tomas de mar:** Son aquellas hendiduras que tienen forma rectangular o circular que se disponen en cajas herméticas internamente y localizadas en los laterales del fondo de casco de proa y popa de un buque. Se emplea como parte de las acciones de succión y descarga de agua de los sistemas de achique y enfriamiento.
- * **Veda:** Se define como el período en que una flota de buques pesqueros no puede realizar acciones de pesca en el litoral del país, debido a que las especies de captura (como la anchoveta, jurel y caballa) se encuentran en proceso de crecimiento biológico y evitar depredación de las especies mencionadas. Normalmente en un año, el período de veda en nuestro país es en el primer y tercer trimestre.
- * **Verduguete:** También denominado verduguillo, es un listón de madera o acero, de media caña, que se coloca al costado como adorno, refuerzo o defensa (**Blanes, 2015**). Mayormente en los buques pesqueros se coloca este tipo de listón para fines de refuerzo y defensa ante fuerzas externas.

III. HIPÓTESIS Y VARIABLES

3.1 Hipótesis.

3.1.1 Hipótesis general.

Al aplicar la metodología *Lean Six Sigma* en el proceso de mantenimiento del buque pesquero puesto en el astillero de una empresa de Callao - Perú se espera conseguir y mantener la mejora continua en las actividades y resultados del mantenimiento.

3.1.2 Hipótesis específicas.

- a) Al aplicar la metodología presentada, se espera determinar las actividades que presentan mayor criticidad para su posterior mejora durante el proceso de mantenimiento del buque pesquero.
- b) Al aplicar la metodología presentada, se espera conseguir una notable reducción en los costos por actividades que representen la ruta crítica del proceso de mantenimiento del buque pesquero.
- c) Al aplicar la metodología presentada, se espera obtener un adecuado nivel de conformidad por parte del cliente en el resultado de los trabajos de mantenimiento del buque pesquero.

3.2 Definición conceptual de variables.

3.2.1 Variables independientes.

Estas variables se definen como aquella propiedad, cualidad o característica de una realidad, evento o fenómeno, que cuentan con la capacidad de afectar a otras variables, y se centran en la implementación de la metodología de mejora continua. La naturaleza de estas variables radica en que son independientes porque no dependen de otras variables o factores. Estas variables son:

- Metodología *Lean Six Sigma*.
- Astillero naval.
- Buque pesquero.

3.2.2 Variables dependientes.

Estas variables se definen como aquella propiedad, cualidad o característica de una realidad, evento o fenómeno que estamos tomando como objeto de estudio sobre la cual se centra la investigación realizada y además se espera los resultados producto de la implementación de la metodología mencionada, y la naturaleza de estas variables radica en que son dependientes de otras variables o factores. La variable dependiente globalizada viene a ser:

- Mantenimiento de Infraestructura del Buque Pesquero.

3.3 Operacionalización de variables.

Tabla N° 3.1.

Variables independientes y dependientes, con su dimensión e indicadores.

VARIABLE	DIMENSIÓN	INDICADOR
Metodología <i>Lean Six Sigma.</i>	Atributos de la Metodología <i>Lean Six Sigma.</i>	Requerimientos del cliente.
		Reducción del tiempo por actividad.
		Número de fallas o defectos por actividad.
		Número de desperdicios detectados por actividad.
Astillero naval.	Trabajos de astillero naval.	Clase y/o tipo de actividad.
Buque pesquero.	Infraestructura del Buque pesquero.	Zona del buque en donde se realiza la actividad.
	Estado de alistamiento del Buque pesquero.	Condición del buque antes de ingresar al astillero. Desempeño operacional requerido en el buque.
Mantenimiento de Infraestructura del Buque Pesquero.	Proceso de Mantenimiento del Buque Pesquero.	Número de Actividades en el Proceso de Mantenimiento del Buque Pesquero.
	Actividades de mayor criticidad del Proceso de Mantenimiento.	Número de Actividades con Mejora Continua.
	Costos por actividad del Proceso de Mantenimiento.	Reducción de Costos por actividad del Proceso de Mantenimiento.
	Resultado del Proceso de Mantenimiento.	Nivel de conformidad por parte del cliente.

Fuente: Elaboración propia.

3.3.1 Metodología *Lean Six Sigma*.

Aquí se mencionan los indicadores empleados para el presente estudio, basados en las variables independientes que se relacionan a los objetivos general y específicos, que serán denotados de la siguiente manera:

- a) **Requerimientos del cliente:** Se denomina cliente al armador (persona natural o empresa) que tiene en su poder una flota de buques pesqueros, y es quien determina los requisitos mínimos que se deben conseguir con los resultados del proceso de mantenimiento del buque pesquero puesto en astillero. En este ámbito, el cliente o armador hace el enunciado de estos requisitos a través del listado preliminar de actividades a realizar en el mantenimiento del buque en astillero, teniendo en cuenta los componentes que lo conforman (casco, equipamiento y sistemas). El contenido de dicho listado es enunciado de forma generalizada por el armador y posteriormente definido por el astillero quien realizará el mantenimiento del buque pesquero. En la mayoría de casos, la clasificación del listado de actividades se da en relación a los tipos de trabajos que realiza el astillero.

De manera previa al enunciado de estos requisitos, se efectúa un estado de alistamiento de la embarcación pesquera que en la mayoría de los casos se realiza cuando el buque se encuentra a flote (es decir, el buque en el agua). En el caso que el buque requiera una modificación estructural (ya sea ampliación de sus dimensiones principales o cambio de equipamiento de generación de energía para las operaciones del buque), se necesita que la embarcación ingrese a dique para realizar las actividades preliminares de toma de medidas para la adaptación de los módulos correspondientes de ampliación, así como los análisis predictivos para el cambio de los motores y/o generadores a cambiar.

Tabla N° 3.2.

Requerimientos básicos del armador para el mantenimiento del buque pesquero y sus niveles de importancia para su ejecución.

REQUERIMIENTOS DEL ARMADOR	NIVEL DE IMPORTANCIA
Varado y desvarado del buque.	Primordial
Estadía del buque en dique y/o varadero del astillero.	Primordial
Servicios de grúa, aire comprimido, desgasificado, entre otros.	Por Ocurrencia
Casco: Preparación superficial.	Primordial
Cubierta: Preparación superficial.	Primordial
Bodegas: Preparación superficial.	Primordial
Caseta y puente: Preparación superficial.	Primordial
Compartimientos interiores: Preparación superficial.	Primordial
Gobierno: Toma de luces.	Primordial
Gobierno: Mantenimiento de pala y eje limera.	Primordial
Propulsión: Toma de luces.	Primordial
Propulsión: Mantenimiento de hélice y eje de cola.	Primordial
Propulsión: Mantenimiento de ejes intermedios.	Primordial
Casco: Protección catódica.	Primordial
Casco: Cajas de mar y colectores.	Primordial
Casco: Defensas de protección y en zona de pesca.	Por Ocurrencia
Anclas y cadenas.	Primordial
Andamiajes alrededor del buque.	Por Ocurrencia
Válvulas de tomas de mar.	Primordial
Reparaciones en acero naval (por kilage).	Por Ocurrencia
Reparaciones en acero naval (por obra).	Por Ocurrencia
Reparaciones de tuberías y conexiones (por metro lineal).	Por Ocurrencia
Evacuación y llenado en tanques del buque.	Por Ocurrencia
Limpieza en interior de tanques del buque.	Por Ocurrencia
Prueba de estanqueidad de tanques del buque.	Primordial

Fuente: Elaboración propia.

Tener en cuenta que estos requisitos mencionados están enfocados a la infraestructura del buque pesquero, estando independiente de los planes de mantenimiento que siguen los equipos y máquinas del buque (como motores, generadores, bombas, equipos oleo-hidráulicos para manejo de la red de cerco, entre otros).

- b) **Reducción del tiempo por actividad:** En la mayoría de estudios realizados, la disminución del tiempo de actividad y/o intervenciones en una estructura o equipamiento, representa una optimización en el proceso de mantenimiento de cualquier tipo; y para nuestro caso, este tiempo se sujeta a estados de variabilidad que provienen de factores diversos e imprevistos (ya sean internos o externos al campo del astillero naval). Así como este indicador está incluido en la mencionada metodología, también está considerado en los conceptos de la gestión del tiempo, según los principios de la gerencia de proyectos. En base a lo enunciado por **Project Management Institute (2017)**, también se pueden realizar estimaciones sobre la cantidad de tiempo de la reserva de gestión del proyecto.

- c) **Número de fallas o defectos por actividad:** Según **Hernández & Vizán (2013)**, los defectos se dan en el proceso y repetición de trabajos (desperdicios y defectos de calidad que requiere reparación). Es por ello que estas fallas y/o defectos han sido detectados por cada actividad de mantenimiento, las cuales van a ser enunciadas en el Capítulo IV.

- d) **Número de desperdicios detectados por actividad:** Los desperdicios más frecuentes ya han sido definidos en el Capítulo II del presente estudio, y van a ser enunciados del mismo modo en el Capítulo IV, teniendo en cuenta que el astillero de la empresa de Callao-Perú se ubica en el rubro de la industria de reparación naval.

3.3.2 Astillero Naval.

El astillero naval se ha definido como el espacio físico en donde se realizan los trabajos de construcción, reparación y modificación de buques y artefactos navales, y para el caso del mantenimiento de buques pesqueros, se va a mencionar la clasificación de los tipos de actividades del proceso de mantenimiento basado en las especialidades con las que cuenta la mano de obra y materiales empleados, que siguen las buenas prácticas de trabajo en astilleros navales así como las normativas de las sociedades de clasificación de buques. Estos trabajos se clasifican de la siguiente forma:

a) **Por especialidad de los procesos.**

- **Trabajos de carena:** Aquí se incluyen las actividades para el varado y desvarado del buque en el dique y/o varadero del astillero; los días de estadía del buque en astillero; los servicios que ofrece el astillero como grúa, aire comprimido, desgasificado de compartimientos; la preparación superficial de la infraestructura del buque (casco, cubierta, superestructura, compartimientos interiores) con sus respectivas planillas de calibración de espesores de planchajes y estructuras de acero naval; trabajos en propulsión y gobierno; protección catódica con ánodos de sacrificio; tomas de mar; defensas del casco; ancla y cadenas; entre otros.

- **Trabajos de reparación de acero naval:** Estas actividades integran a procesos de calderería y soldadura para reemplazo de planchaje y estructura de acero naval en la infraestructura del buque, y dichos procesos se clasifican por kilaje (tarifado por tonelada de acero trabajado) y por obra (cuando se reemplazan estructuras menores).

- **Trabajos de reparación de tuberías y conexiones:** Estas actividades engloban a los procesos de calderería, soldadura y conexionado de líneas de tuberías a reemplazar en los sistemas principales y auxiliares del buque pesquero. El tarifado de estos trabajos es mayormente por metro lineal y diámetro nominal de tramos de tuberías trabajadas.
- **Trabajos generales de limpieza y pruebas:** Estas actividades incluyen a los procesos de evacuación y llenado de tanques estructurales del buque (como los tanques de lastre, agua dulce, combustible, entre otros); la limpieza en interior de tanques; las pruebas de estanqueidad de tanques (de tipo hidráulica o neumática); y otras pruebas o ensayos necesarios en la infraestructura del buque.

b) Por nivel de importancia.

- **Trabajos primordiales:** Son aquellos que se realizan de manera obligatoria en el mantenimiento de la infraestructura del buque pesquero, los cuales se confirman definitivamente en las reuniones denominadas juntas de casco realizadas en el astillero. Es así que la totalidad de los trabajos de carena se consideran en este grupo, así como los trabajos generales de limpieza y pruebas.
- **Trabajos complementarios:** Son los que se realizan a causa de una ocurrencia suscitada en la infraestructura del buque (como defectos por corrosión marina, siniestros, entre otros), siendo considerados en este grupo a los trabajos de reparaciones en acero naval y tuberías.

3.3.3 Buque pesquero.

La definición del buque pesquero ya se mostró en el capítulo anterior, y en este apartado se va a mencionar a los indicadores de las variables cualitativas y cuantitativas necesarias para el estudio realizado:

- a) **Zona del buque:** Es definido como un indicador cualitativo que representa al lugar en la embarcación pesquera en donde se realizar las actividades de mantenimiento. Las zonas definidas en el buque siguen el criterio de dividir al buque en tres secciones o módulos: proa, centro y popa. En el capítulo anterior se ha mostrado las especificaciones de cada sector y conjuntos que integran a las zonas descritas, y serán listadas en la Tabla 3.3.

- b) **Condición del buque antes de ingresar al astillero:** Este indicador cuantitativo representa al estado de alistamiento actual en la que se encuentra el buque pesquero antes de su ingreso a las instalaciones del astillero naval, y es determinado mayormente cuando el buque se encuentra a flote. Este escenario se da para reparaciones generales en el buque pesquero, ya que para los procesos de modificaciones de su infraestructura se necesita evaluaciones previas tales como mediciones y análisis predictivos estando el buque puesto en el dique o varadero del astillero. Para determinar la condición inicial del buque, se emplea los siguientes parámetros:

G.A.C. : Grado de Alistamiento del Conjunto.

F.I.C. : Factor de Importancia del Conjunto.

G.A.S. : Grado de Alistamiento del Sector.

F.I.S. : Factor de Importancia del Sector.

G.A.B. : Grado de Alistamiento del Buque.

Tabla N° 3.3.

Zonas del buque pesquero, con sus sectores y conjuntos correspondientes.

ITEM	ZONA	SECTOR	CONJUNTO
1	PROA	Casco proa	Planchaje de casco (obra viva)
2			Planchaje de casco (obra muerta)
3			Marcas de calados
4			Nombre y matrícula de la embarcación
5			Bulbo de proa
6			Compartimiento de hélices de proa
7			Rejillas de tomas de mar
8			Ductos de domo sonar y ecosonda
9			Bulbo de enfriamiento
10			Compartimiento de lastre de quilla
11		Cubierta proa	Planchaje de cubierta
12			Amurada de cubierta
13			Equipamiento de cubierta
14			Sistemas de tuberías
15		Pañol de cadenas	Estructuras
16			Cajón de cadenas
17			Cadenas y ancla
18			Sistemas de tuberías
19		Pique de proa	Estructuras
20			Sistemas de tuberías
21		Sala de frío	Estructuras
22			Puerta de acceso a sala de frío
23			Puerta de acceso a cofferdam
24			Equipamiento
25			Sistemas de tuberías
26		Caseta principal	Puerta de acceso a caseta principal
27			Comedor
28			Cocina
29			Camarotes
30		Puente de mando	Cabina de mando
31			Camarotes

32	CENTRO	Casco centro	Planchaje de casco (obra viva)
33			Planchaje de casco (obra muerta)
34			Verduguete (lados estribor y babor)
35			Disco de Plimsoll
36			Defensas laterales
37			Bulbo de enfriamiento
38			Compartimiento de lastre de quilla
39			Planchaje de cubierta
40			Amurada de cubierta
41			Equipamiento de cubierta
42	Sistemas de tuberías		
43	Pasarela central		
44	Bodegas o cubas de pescado	Estructura	
45		Colectores y escurrideras	
46		Sistema de tuberías	
47	Arboladura	Mástil principal	
48		Pluma principal	
49		Pluma auxiliar	
50		Mástil de popa	
51		Pluma tangón	
52	POPA	Casco popa	Planchaje de casco (obra viva)
53			Planchaje de casco (obra muerta)
54			Verduguete (lados estribor y babor)
55			Marcas de calado
56			Defensas laterales
57			Rejillas de tomas de mar
58			Bulbo de enfriamiento
59			Compartimiento de lastre de quilla
60			Sistema de propulsión
61			Sistema de gobierno
62	Cubierta popa	Planchaje de cubierta	
63		Amurada de cubierta	
64		Rampa de popa	
65		Acceso a sala de máquinas desde cubierta	

66	Cubierta popa	Equipos de cubierta
67		Sistemas de tuberías
68	Poza de red	Estructuras
69		Aleta de tiburón
70		Porta-anillas
71		Estructuras
72	Cubichete de guardacalor	Sistema de escape
73		Ventanas con persianas
74		Puerta de acceso a guardacalor (a proa)
75		Acceso a sala de máquinas popa
76		Puerta de acceso a guardacalor (a popa)
77		Estructuras
78	Sala de máquinas	Puerta de acceso a sala de máquinas
79		Puerta de acceso a lazareto
80		Equipamiento
81		Sistema de propulsión
82		Sistemas de tuberías
83	Lazareto	Estructuras
84		Tanques de combustible
85		Sistema de gobierno

Fuente: Elaboración propia.

- c) **Desempeño operacional requerido en el buque:** Este indicar cuantitativo va a estar relacionado con las exigencias que requiere el armador para el funcionamiento adecuado de su flota de buques pesqueros durante el proceso de faena de pesca, y que su valor debe reflejarse de los resultados obtenidos al término del proceso de mantenimiento de la infraestructura del buque pesquero. A continuación, se mostrará los parámetros de calificación para determinar el estado inicial y final del buque pesquero en su período de mantenimiento en astillero y que darán la valoración correspondiente a la condición del buque pesquero.

Tabla N° 3.4.

Calificación del estado de conservación del buque pesquero para su desempeño operacional.

CRITERIO DE ESTADO DE CONSERVACIÓN	CALIFICACIÓN
Nuevo.	1.00
Excelente, los elementos del componente que se está calificando han tenido un mantenimiento planificado y cumplen su propósito en un 76% al 100%	0.90
Bueno, el componente que se está calificando cumple con su propósito de un 51% a un 75%, para lo cual requiere reparaciones sencillas.	0.85
Defectuoso, se entiende que el elemento que se está calificando cumple su propósito en menos de un 50% o no se encuentra funcionando, por lo que requiere reparaciones importantes.	0.70
El elemento calificado no cumple con su función y necesita reparación urgente, lo cual requiere reparaciones integrales a costo oneroso.	0.50 a 0.64
Los elementos calificados están incompletos o el buque no cuenta con ellos, por lo que no se justifican inversiones para la recuperación de los componentes o sistemas del buque.	0.10 a 0.49

Fuente: Elaboración propia.

3.3.4 Proceso de Mantenimiento del Buque Pesquero.

En esta parte se muestra el ciclo que rige el mantenimiento de la infraestructura del buque pesquero, y teniendo como indicador al número de actividades. Según la Imagen N° 2.5., este ciclo es estructurado como un diagrama de fases secuenciadas que tienen como finalidad conseguir el resultado esperado para el buque pesquero y su adecuada condición operativa en faena de pesca.

3.3.5 Actividades de mayor criticidad en el Proceso de Mantenimiento.

En base al apartado anterior, se van a considerar las actividades que representen la ruta crítica del cronograma del mantenimiento de infraestructura del buque pesquero (en pocas palabras, la carena del buque en astillero), en relación a la detección de defectos y/o desperdicios durante cada actividad de mantenimiento, así como el tiempo por actividad (expresado en valor de horas hombre de trabajo). Para efecto de estudio, se han resaltado las actividades necesarias para el aseguramiento de la disponibilidad del buque pesquero, y que siempre se realizarán en cada intervención.

El indicador de **Número de Actividades con Mejora Continua** se determinó luego de la evaluación de las actividades de mayor criticidad para saber las zonas localizadas en donde se debe enfocar un adecuado mantenimiento de su infraestructura, mientras que el indicador de **Reducción de Costos por actividad del Proceso de Mantenimiento** se dio a conocer tanto por las mencionadas actividades de mayor criticidad y el empleo de la metodología de mejora continua presentada para el mantenimiento realizado en el buque pesquero.

3.3.6 Resultado del Proceso de Mantenimiento del Buque Pesquero.

El resultado se refleja en el **Nivel de Conformidad** por parte del armador (cliente) al recibir finalmente la embarcación lista en su infraestructura para las operaciones de pesca.

3.3.7 Determinación de las variables según los objetivos.

Tabla N° 3.5. *Variables independientes y dependientes del objetivo general.*

Objetivo General: Aplicar la metodología *Lean Six Sigma* a las actividades del proceso de mantenimiento de un buque pesquero puesto en el astillero de una empresa de Callao-Perú para conseguir y mantener la mejora continua, de acuerdo a los requerimientos del cliente.

VARIABLES INDEPENDIENTES		
INDICADOR	UNIDAD DE MEDIDA	INSTRUMENTO DE MEDICIÓN
Requerimientos del cliente.	Cantidad de requerimientos (unidades).	Observación, Entrevistas, Encuestas.
VARIABLES DEPENDIENTES		
INDICADOR	UNIDAD DE MEDIDA	INSTRUMENTO DE MEDICIÓN
Actividades en el Proceso de Mantenimiento.	Cantidad de actividades (unidades).	Fuentes primarias, Fuentes secundarias.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla N° 3.6. *Variables independientes y dependientes del primer objetivo específico.*

Objetivo Específico 01: Mejorar las actividades que poseen mayor criticidad en el proceso de mantenimiento del buque pesquero a través de la reducción de los tiempos y detección de fallas en las actividades del mantenimiento.

VARIABLES INDEPENDIENTES		
INDICADOR	UNIDAD DE MEDIDA	INSTRUMENTO DE MEDICIÓN
Reducción del tiempo por actividad.	Tiempo por actividad (horas, semanas).	Observación, Entrevistas.
Número de fallas o defectos por actividad.	Cantidad de fallas o defectos (unidades).	Observación, Fuentes primarias, Fuentes secundarias.
VARIABLES DEPENDIENTES		
INDICADOR	UNIDAD DE MEDIDA	INSTRUMENTO DE MEDICIÓN
Actividades de mayor criticidad en el Proceso de Mantenimiento.	Cantidad de actividades (unidades).	Observación, Fuentes primarias, Fuentes secundarias.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla N° 3.7. Variables independientes y dependientes del segundo objetivo específico.

Objetivo Específico 02: Reducir los costos de las actividades del proceso de mantenimiento a través de la detección de desperdicios originados en las actividades realizadas en las zonas del buque pesquero.

VARIABLES INDEPENDIENTES		
INDICADOR	UNIDAD DE MEDIDA	INSTRUMENTO DE MEDICIÓN
Número de desperdicios detectados por actividad.	Cantidad de desperdicios por tipo (unidades).	Observación, Fuentes primarias, Fuentes secundarias.
Número de fallas o defectos por actividad.	Cantidad de fallas o defectos (unidades).	Observación, Fuentes primarias, Fuentes secundarias.
VARIABLES DEPENDIENTES		
INDICADOR	UNIDAD DE MEDIDA	INSTRUMENTO DE MEDICIÓN
Reducción de Costos por actividad.	Costo por actividad (S/. o US\$).	Observación, Fuentes primarias, Fuentes secundarias.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla N° 3.8. Variables independientes y dependientes del tercer objetivo específico.

Objetivo Específico 03: Asegurar un adecuado nivel de conformidad (por parte del cliente) en las actividades realizadas del mantenimiento, en base al grado de desempeño operacional y condición inicial del buque pesquero.

VARIABLES INDEPENDIENTES		
INDICADOR	UNIDAD DE MEDIDA	INSTRUMENTO DE MEDICIÓN
Condición del buque antes de ingresar al astillero.	Nivel de condición inicial del buque pesquero antes del mantenimiento en seco (en %).	Observación, Fuentes primarias.
Desempeño operacional requerido en el buque.	Nivel del desempeño funcional del buque pesquero (en %).	Fuentes primarias, Fuentes secundarias.
VARIABLES DEPENDIENTES		
INDICADOR	UNIDAD DE MEDIDA	INSTRUMENTO DE MEDICIÓN
Conformidad por parte del cliente.	Nivel de conformidad (en %).	Observación, Entrevistas, Encuestas.

Fuente: Elaboración propia.

IV. DISEÑO METODOLÓGICO

4.1 Tipo y diseño de investigación.

La presente investigación es del tipo no experimental y de enfoque cuantitativo, que, según **Hernández, Fernández & Baptista (2014)**, podría definirse como la investigación que se realiza sin manipular deliberadamente variables. Es decir, se trata de estudios en los que no hacemos variar en forma intencional las variables independientes para ver su efecto sobre otras variables.

Ahora, los alcances de la presente investigación han sido dados a los niveles de tipo descriptivo y explicativo, que se mencionan a continuación.

4.1.1 Descriptivo.

Se enunciaron los aspectos principales de la metodología *Lean Six Sigma* para su implementación en el proceso de mantenimiento de la infraestructura del buque pesquero puesto en astillero. Estos aspectos se desarrollaron durante el análisis de datos obtenidos en la investigación.

4.1.2 Explicativo.

Como menciona el título del presente estudio, se trató de la aplicación de la metodología *Lean Six Sigma* en las actividades del mantenimiento de la infraestructura de un buque pesquero cuando se encuentra puesto en el astillero de una empresa de Callao - Perú. Cabe resaltar que esta metodología puede ser aplicada para otros tipos de buques como los empleados en la industria marítima, comercial, militar, entre otros.

4.2 Método de investigación.

El método empleado fue del tipo secuencial, ya que la metodología aplicada involucró el desarrollo de las cinco fases que conforman el proceso DMAMC incluido de dicha metodología, las cuales permitieron obtener los resultados esperados y descritos previamente en las hipótesis enunciadas.

4.3 Población y Muestra.

4.3.1 Población.

La población es el conjunto de individuos o personas o instituciones que son motivo de investigación (**Ñaupas et. al., 2014**). Para este caso, la población considerada fue la flota de buques pesqueros cuyo armador viene a ser un cliente específico (que representa a una empresa pesquera). Estos buques siguen un plan de mantenimiento del tipo oportuno, puestos en el astillero de una empresa de Callao - Perú. Esta población mantiene las características esenciales de homogeneidad, tiempo, espacio y cantidad para el análisis realizado. El tamaño de esta población es de cuatro buques pesqueros con capacidad de bodega de pescado entre 440 y 450 TM y cuyos mantenimientos han sido realizados en los últimos 5 años.

4.3.2 Muestra.

Según **Hernández, Fernández & Baptista (2014)**, para el proceso cuantitativo, la muestra es un subgrupo de la población de interés sobre el cual se recolectarán datos, y que tiene que definirse y delimitarse de antemano con precisión, además de que debe ser representativo de la población. Esta muestra se tomó de la población denotada en el apartado anterior, el cual ha sido un buque pesquero que fue intervenido en mantenimiento de su infraestructura cuando se encontraba

puesto en el astillero de una empresa de Callao - Perú. Cabe resaltar que esta muestra guarda los principios de ser aleatoria, estratificada y sistemática para efectos del análisis realizado a través del empleo de la metodología de mejora continua considerada para este trabajo de investigación.

4.4 Lugar de estudio y período desarrollado.

El presente estudio se desarrolló en un astillero naval perteneciente a una empresa de Callao - Perú en donde se realizan trabajos de reparación y/o modificación de la infraestructura de buques pesqueros. Respecto a los períodos de desarrollo, se consideró para la aplicación de la mencionada metodología al último período de carena (o intervención de la infraestructura del buque pesquero) cuyo tiempo es de un mes aproximadamente, y además se tomó en cuenta la información necesaria de los dos penúltimos períodos de carena, cuyo intervalo de tiempo entre períodos es de dos años aproximadamente.

4.5 Técnicas e instrumentos para la recolección de la información.

- ✓ La **observación** ha sido la técnica más empleada para el estudio por ser la más accesible y efectiva de acuerdo a la adecuada capacidad y experiencia del observador (quien ha sido el investigador del presente estudio).
- ✓ Las **fuentes primarias** conformaron las evidencias documentarias recolectadas de las actividades del mantenimiento de la infraestructura del buque pesquero puesto en el astillero de una empresa de Callao - Perú.
- ✓ Las **fuentes secundarias** han sido los textos, estudios, artículos, enlaces web, entre otros medios relacionados y/o cercanos al tema de investigación desarrollado.

Tabla N° 4.1. Instrumentos de medición empleados para las variables independientes.

VARIABLES INDEPENDIENTES		
INDICADOR	UNIDAD DE MEDIDA	INSTRUMENTO DE MEDICIÓN
Requerimientos del cliente.	Cantidad de requerimientos (unidades).	Observación.
Reducción del tiempo por actividad.	Tiempo por actividad (horas, semanas).	Observación.
Número de fallas o defectos por actividad.	Cantidad de fallas o defectos (unidades).	Observación, Fuentes primarias, Fuentes secundarias.
Número de desperdicios detectados por actividad.	Cantidad de desperdicios por tipo (unidades).	Observación, Fuentes primarias, Fuentes secundarias.
Número de fallas o defectos por actividad.	Cantidad de fallas o defectos (unidades).	Observación, Fuentes primarias, Fuentes secundarias.
Condición del buque antes de ingresar al astillero.	Condición inicial del buque pesquero antes de mantenimiento (en %).	Observación, Fuentes primarias.
Desempeño operacional requerido en el buque.	Desempeño funcional del buque pesquero (en %).	Fuentes primarias, Fuentes secundarias.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla N° 4.2. Instrumentos de medición empleados para las variables dependientes.

VARIABLES DEPENDIENTES		
INDICADOR	UNIDAD DE MEDIDA	INSTRUMENTO DE MEDICIÓN
Actividades en el Proceso de Mantenimiento del Buque Pesquero.	Cantidad de actividades (unidades).	Fuentes primarias, Fuentes secundarias.
Actividades de mayor criticidad en el Proceso de Mantenimiento.	Cantidad de actividades (unidades).	Observación, Fuentes primarias, Fuentes secundarias.
Reducción de Costos por actividad del Proceso de Mantenimiento.	Costo por actividad (S/. o US\$).	Observación, Fuentes primarias, Fuentes secundarias.
Conformidad por parte del cliente.	Nivel de conformidad (en %).	Observación, Fuentes primarias.

Fuente: Elaboración propia.

4.6 Análisis y procesamiento de datos.

4.6.1 Datos principales del buque pesquero.

El buque pesquero que ha sido objeto de muestra de la población descrita, cuenta con las siguientes características principales que se muestran a continuación:

Tabla N° 4.3.

Datos principales del buque pesquero (muestra seleccionada).

CARACTERÍSTICA	VALOR	UNIDADES
Eslora	50.52	m
Manga	8.00	m
Puntal	4.40	m
Calado	2.35	m
Desplazamiento (DWT)	900.00	ton
Capacidad de bodega	433.84	m ³
N° de Eje Propulsión	1.00	unidad
Diam. c/Eje Propulsión	165.10	mm
Diam. c/Hélice Propulsión	1300.00	mm
N° de Anclas de fondeo	2.00	unidad
Peso de c/Ancla	150.00	Kg

Fuente: Elaboración propia.

Estos datos han sido útiles para la determinación de las actividades realizadas en el período de carena (o intervención del mantenimiento) de la infraestructura del buque pesquero puesto en astillero, además de tomar en cuenta de forma primordial a los requerimientos del cliente y a las inspecciones iniciales.

En relación con la inspección inicial del buque pesquero, se muestra a continuación la condición inicial promedio de la infraestructura de dicho buque antes de realizado el mantenimiento en astillero naval peruano.

4.6.2 Determinación de la condición promedio antes del mantenimiento.

Tabla N° 4.4.

Condición inicial promedio del buque pesquero (muestra).

ITEM	ZONA	SECTOR	CONJUNTO	G.A.C.	F.I.C.	GAC*FIC	G.A.S.	F.I.S.	GAS*FIS
1			Planchaje de casco (Obra viva)	70.00%	50.00%	35.00%	72.18%	10.00%	7.22%
2			Planchaje de casco (Obra muerta)	75.00%	30.00%	22.50%			
3			Marcas de calados	70.00%	1.50%	1.05%			
4			Nombre y matrícula de la embarcación	75.00%	2.00%	1.50%			
5			Bulbo de proa	0.00%	0.00%	0.00%			
6		Casco proa	Compartimiento de hélices de proa	0.00%	0.00%	0.00%			
7			Rejillas de tomas de mar	70.00%	5.00%	3.50%			
8			Ductos de domo sonar y ecosonda	75.00%	1.50%	1.13%			
9			Bulbo de enfriamiento	75.00%	5.00%	3.75%			
10			Compartimiento de lastre de quilla	75.00%	5.00%	3.75%			
11	PROA (25%)		Planchaje de cubierta	75.00%	50.00%	37.50%	76.75%	1.50%	1.15%
12		Cubierta proa	Amurada de cubierta	75.00%	25.00%	18.75%			
13			Equipamiento de cubierta	80.00%	15.00%	12.00%			
14			Sistemas de tuberías	85.00%	10.00%	8.50%			
15			Estructuras	75.00%	25.00%	18.75%	72.75%	1.00%	0.73%
16		Pañol de cadenas	Cajón de cadenas	75.00%	10.00%	7.50%			
17			Cadenas y ancla	70.00%	60.00%	42.00%			
18			Sistemas de tuberías	90.00%	5.00%	4.50%			
19		Pique de proa	Estructuras	75.00%	90.00%	67.50%	77.50%	0.50%	0.39%
20			Sistemas de tuberías	100.00%	10.00%	10.00%			
21			Estructuras	80.00%	45.00%	36.00%	83.75%	5.00%	4.19%
22			Puerta de acceso a sala de frío	85.00%	2.50%	2.13%			
23		Sala de frío	Puerta de acceso a cofferdam	85.00%	2.50%	2.13%			
24			Equipamiento	85.00%	30.00%	25.50%			
25		Sistemas de tuberías	90.00%	20.00%	18.00%				
26		Puerta de acceso a caseta principal	85.00%	2.50%	2.13%	89.88%	4.00%	3.60%	
27	Caseta principal	Comedor	90.00%	20.00%	18.00%				
28		Cocina	90.00%	22.50%	20.25%				
29		Camarotes	90.00%	55.00%	49.50%				
30	Puente de mando	Cabina de mando	90.00%	70.00%	63.00%	90.00%	3.00%	2.70%	
31		Camarotes	90.00%	30.00%	27.00%				

32		Planchaje de casco (Obra viva)	70.00%	50.00%	35.00%	72.50%	15.00%	10.88%	
33		Planchaje de casco (Obra muerta)	75.00%	30.00%	22.50%				
34		Verduguete (laterales)	75.00%	5.00%	3.75%				
35	Casco centro	Disco de Plimsoll	75.00%	1.00%	0.75%				
36		Defensas laterales	75.00%	4.00%	3.00%				
37		Bulbo de enfriamiento	75.00%	5.00%	3.75%				
38		Compartim. de lastre de quilla	75.00%	5.00%	3.75%				
39			Planchaje de cubierta	70.00%	55.00%	38.50%	70.75%	2.50%	1.77%
40	Cubierta centro	Amurada de cubierta	70.00%	20.00%	14.00%				
41		Equipamiento de cubierta	70.00%	10.00%	7.00%				
42		Sistemas de tuberías	75.00%	5.00%	3.75%				
43		Pasarela central	75.00%	10.00%	7.50%				
44	Bodegas o cubas de pescado	Estructura	70.00%	75.00%	52.50%	70.75%	15.00%	10.61%	
45		Colectores y escurrideras	70.00%	10.00%	7.00%				
46		Sistema de tuberías	75.00%	15.00%	11.25%				
47	Arboladura	Mástil principal	75.00%	50.00%	37.50%	73.75%	7.50%	5.53%	
48		Pluma principal	70.00%	15.00%	10.50%				
49		Pluma auxiliar	70.00%	10.00%	7.00%				
50		Mástil de popa	75.00%	20.00%	15.00%				
51		Pluma tangón	75.00%	5.00%	3.75%				
52	POPA (35%)	Planchaje (Obra viva)	70.00%	45.00%	31.50%	72.50%	10.00%	7.25%	
53		Planchaje (Obra muerta)	75.00%	15.00%	11.25%				
54		Verduguete (laterales)	75.00%	5.00%	3.75%				
55		Marcas de calado	75.00%	1.00%	0.75%				
56		Casco popa	Defensas laterales	75.00%	4.00%	3.00%			
57			Rejillas de tomas de mar	70.00%	5.00%	3.50%			
58			Bulbo de enfriamiento	75.00%	1.00%	0.75%			
59			Compartim. de lastre de quilla	75.00%	4.00%	3.00%			
60			Sistema de propulsión	75.00%	10.00%	7.50%			
61		Sistema de gobierno	75.00%	10.00%	7.50%				
62		Cubierta popa	Planchaje de cubierta	70.00%	50.00%	35.00%	72.25%	5.00%	3.61%
63			Amurada de cubierta	70.00%	15.00%	10.50%			
64			Rampa de popa	75.00%	25.00%	18.75%			
65	Acceso a sala de máquinas desde cubierta		80.00%	3.00%	2.40%				
66	Equipos de cubierta		80.00%	2.00%	1.60%				
67	Sistemas de tuberías		80.00%	5.00%	4.00%				
68	Poza de red		Estructuras	70.00%	60.00%	42.00%	70.75%	5.00%	3.54%
69		Aleta de tiburón	70.00%	25.00%	17.50%				
70		Porta-anillas	75.00%	15.00%	11.25%				

71		Estructuras	80.00%	75.00%	60.00%	80.00%	2.50%	2.00%
72		Sistema de escape	80.00%	15.00%	12.00%			
73		Ventanas con persianas	80.00%	2.00%	1.60%			
74	Cubichete del guardacalor	Puerta de acceso a guardacalor (a proa)	80.00%	2.50%	2.00%			
75		Acceso a sala de máquinas popa	80.00%	3.00%	2.40%			
76		Puerta de acceso a guardacalor (a popa)	80.00%	2.50%	2.00%			
77		Estructuras	80.00%	40.00%	32.00%	78.50%	10.00%	7.85%
78		Puerta de acceso a sala de máquinas	80.00%	2.50%	2.00%			
79	Sala de máquinas	Puerta de acceso a lazareto	80.00%	2.50%	2.00%			
80		Equipamiento	75.00%	15.00%	11.25%			
81		Sistema de propulsión	75.00%	15.00%	11.25%			
82		Sistemas de tuberías	80.00%	25.00%	20.00%			
83		Estructuras	80.00%	50.00%	40.00%	78.00%	2.50%	1.95%
84	Lazareto	Tanques de combustible	75.00%	40.00%	30.00%			
85		Sistema de gobierno	80.00%	10.00%	8.00%			
							G.A.B.	74.95%

Fuente: Elaboración propia.

Tabla N° 4.5.

Cuadro resumen de la determinación de la condición promedio. ⁽¹⁾

ITEM	SECTOR	G.A.S.	F.I.S.	GAS*FIS	ZONA
1	Casco	72.41%	35.00%	25.34%	Proa, Centro, Popa.
2	Cubierta	72.58%	9.00%	6.53%	Proa, Centro, Popa.
3	Pañol de cadenas	72.75%	1.00%	0.73%	Proa.
4	Pique de proa	77.50%	0.50%	0.39%	Proa.
5	Sala de frío	83.75%	5.00%	4.19%	Proa.
6	Caseta principal	89.88%	4.00%	3.60%	Proa.
7	Puente de mando	90.00%	3.00%	2.70%	Proa.
8	Bodegas o cubas de pescado	70.75%	15.00%	10.61%	Centro.
9	Arboladura	73.75%	7.50%	5.53%	Centro.
10	Poza de red	70.75%	5.00%	3.54%	Popa.
11	Cubichete de guardacalor	80.00%	2.50%	2.00%	Popa.
12	Sala de máquinas	78.50%	10.00%	7.85%	Popa.
13	Lazareto	78.00%	2.50%	1.95%	Popa.
				G.A.B.	74.95%

Fuente: Elaboración propia.

⁽¹⁾ Los cálculos porcentuales mostrados provienen de la Tabla N° 4.4.

4.6.3 Determinación de las actividades a realizar en el mantenimiento.

Las actividades que se realizaron en el plan de mantenimiento de la infraestructura del buque pesquero se muestran a continuación:

Tabla N° 4.6.

Lista de actividades realizadas en el mantenimiento de infraestructura.

ITEM	ACTIVIDAD	SUB-ACTIVIDAD	DESCRIPCIÓN	UNID.	CTD.
1	Carena	Rasqueteo	CASCO OBRA VIVA	M2	700.00
2	Carena	Hidrolavado	CASCO OBRA VIVA (PREVIO AL ARENADO)	M2	700.00
3	Carena	Hidrolavado	CASCO OBRA MUERTA (PREVIO AL ARENADO)	M2	750.00
4	Carena	Arenado	CASCO OBRA VIVA	M2	700.00
5	Carena	Pintado	CASCO OBRA VIVA	M2	3500.00
6	Carena	Hidrolavado	CASCO OBRA VIVA (PREVIO AL PINTADO)	M2	700.00
7	Carena	Arenado	CASCO OBRA MUERTA	M2	750.00
8	Carena	Pintado	CASCO OBRA MUERTA	M2	2250.00
9	Carena	Hidrolavado	CASCO OBRA MUERTA (PREVIO AL PINTADO)	M2	750.00
10	Carena	Protección Catódica	CASCO: ÁNODOS DE ZINC	PZA	88.00
11	Carena	Tomas de mar	CASCO: REJILLAS DE MAR	OBR	1.00
12	Carena	Tomas de mar	SALA DE FRIO: VÁLVULAS DE MAR	OBR	1.00
13	Carena	Tomas de mar	SALA DE FRIO: VÁLVULAS DE DESCARGA	OBR	1.00
14	Carena	Tomas de mar	PAÑOL DE PROA: VÁLVULAS DE DESCARGA	OBR	1.00
15	Carena	Tomas de mar	SALA MÁQ.: VÁLVULAS DE MAR	OBR	1.00
16	Carena	Tomas de mar	SALA MÁQ.: VÁLVULAS DE DESCARGA	OBR	1.00
17	Carena	Defensas	VERDUGUETE ER-BR: TUBO MEDIA LUNA	OBR	1.00
18	Carena	Defensas	DEFENSAS ER: BARRA MEDIA LUNA	OBR	1.00
19	Carena	Gobierno	EJE Y BOCINAS: TOMA DE LUCES	OBR	1.00
20	Carena	Gobierno	ABRAZADERA TOPE: RETIRO Y MONTAJE	OBR	1.00
21	Carena	Gobierno	PALA DE TIMÓN: RETIRO Y MONTAJE	OBR	1.00
22	Carena	Propulsión	EJE Y BOCINAS: TOMA DE LUCES	OBR	1.00
23	Carena	Propulsión	GUARDACABOS: RETIRO Y MONTAJE	OBR	1.00
24	Carena	Propulsión	EJE DE COLA: MANTENIMIENTO Y ALINEACIÓN	OBR	1.00
25	Carena	Propulsión	HÉLICE: RETIRO Y MONTAJE	OBR	1.00
26	Carena	Propulsión	HÉLICE: MANTENIMIENTO Y ALINEACIÓN	OBR	1.00
27	Carena	Propulsión	HÉLICE: PULIDO DE SUPERFICIE	OBR	1.00
28	Carena	Fondeo	CADENAS Y ANCLA: ARRIADO E IZADO	OBR	1.00
29	Carena	Arenado	CADENAS Y ANCLA	OBR	1.00
30	Carena	Pintado	CADENAS Y ANCLA	OBR	1.00

31	Carena	Hidrolavado	CUBIERTA (PREVIO AL ARENADO)	M2	580.00
32	Carena	Arenado	CUBIERTA	M2	580.00
33	Carena	Pintado	CUBIERTA	M2	1740.00
34	Carena	Hidrolavado	CUBIERTA (PREVIO AL PINTADO)	M2	580.00
35	Carena	Hidrolavado	BODEGAS DE PESCADO (PREVIO AL ARENADO)	M2	2580.00
36	Carena	Arenado	BODEGAS DE PESCADO	M2	2580.00
37	Carena	Pintado	BODEGAS DE PESCADO	M2	7740.00
38	Carena	Hidrolavado	BODEGAS DE PESCADO (PREVIO AL PINTADO)	M2	2580.00
39	Carena	Hidrolavado	CASETA PRINCIPAL (PREVIO AL ARENADO)	M2	201.00
40	Carena	Arenado	CASETA PRINCIPAL	M2	201.00
41	Carena	Pintado	CASETA PRINCIPAL	M2	603.00
42	Carena	Hidrolavado	CASETA PRINCIPAL (PREVIO AL PINTADO)	M2	201.00
43	Carena	Hidrolavado	PUENTE DE MANDO (PREVIO AL ARENADO)	M2	99.00
44	Carena	Arenado	PUENTE DE MANDO	M2	99.00
45	Carena	Pintado	PUENTE DE MANDO	M2	297.00
46	Carena	Hidrolavado	PUENTE DE MANDO (PREVIO AL PINTADO)	M2	99.00
47	Carena	Hidrolavado	ARBOLADURA (PREVIO AL ARENADO)	M2	170.00
48	Carena	Arenado	ARBOLADURA	M2	170.00
49	Carena	Pintado	ARBOLADURA	M2	510.00
50	Carena	Hidrolavado	ARBOLADURA (PREVIO AL PINTADO)	M2	170.00

Fuente: Elaboración propia.

Además, se tienen actividades primordiales y de ocurrencia cuyos niveles de variabilidad no han sido tomados en cuenta para el estudio realizado.

Tabla N° 4.7.

Lista de actividades primordiales y con poco nivel de variabilidad.

ITEM	ACTIVIDAD	SUB-ACTIVIDAD	DESCRIPCIÓN	UNID.	CTD.
1	Carena	Varada	Varado y desvarado del buque.	OBR	1.00
2	Carena	Estadía	Estadía del buque en dique y/o pampa del astillero.	DÍAS	30.00
3	Carena	Servicios	Servicios de grúa, aire comprimido, entre otros.	OBR	1.00
4	Carena	Calibración	CASCO	PTOS	250.00
5	Carena	Calibración	CADENAS Y ANCLA	PTOS	500.00
6	Carena	Pintado	CASCO: NOMBRES, CALADOS, DISCO PLIMSOLL	OBR	1.00

Fuente: Elaboración propia.

Tabla N° 4.8.*Lista de actividades por ocurrencia cuyo nivel de variabilidad no es frecuente.*

ITEM	ACTIVIDAD	SUB-ACTIVIDAD	DESCRIPCIÓN	UNID.	CTD.
1	Calderería	Kilage	Reparaciones en acero naval (por kilage).	OBR	1.00
2	Calderería	Obra	Reparaciones en acero naval (por obra).	OBR	1.00
3	Tuberías	Obra	Reparaciones de tuberías y conexiones (por metro lineal).	OBR	1.00
4	Carena	Limpieza	Limpieza en interior de tanques del buque.	OBR	1.00
5	Carena	Evacuación/llenado	Evacuación y llenado en tanques del buque.	OBR	1.00
6	Carena	Pruebas	Prueba de estanqueidad de tanques del buque.	OBR	1.00

Fuente: Elaboración propia.

4.6.4 Determinación de los datos a analizar por cada actividad.

Para las actividades mencionadas en la Tabla N° 4.6, se han determinado los datos asociados a cada actividad, los cuales son las horas-hombre (HH-H) y los costos de mano de obra y materiales (en soles). En relación a los costos de actividades que conforman el plan de mantenimiento de infraestructura del buque pesquero puesto en astillero, se presenta el siguiente cuadro en la cual se muestran los intervalos porcentuales del costo de construcción que conforman a un proyecto de buque, que sirvió como referente para el análisis de datos, debido a que el costo de la intervención en infraestructura (casco de acero naval) se enfoca en al menos a la tercera parte del costo total de construcción del buque pesquero, tal como se aprecia en el siguiente cuadro debajo.

Tabla N° 4.9.*Valores típicos (%) para la distribución de costos de construcción de un buque.*

GRUPO DE ACTIVIDADES	% COSTO
Estructuras principales del casco (en acero naval).	24 a 35
Equipamiento principal (motor de propulsión, generación eléctrica).	08 a 13
Otros elementos (superestructuras, otros equipos, acomodación y conexiones).	50 a 60

Fuente: Adaptado de Papanikolaou (2014).

Según **IACS (2013)**, un buque que tenga a partir de 15 años de construido en astillero, debe tomarse en cuenta el programa extendido de intervenciones en inspección y mantenimiento en períodos entre 24 a 36 meses, sin exceder dichos tiempos. Para nuestro caso, el buque pesquero cuenta con poco más de 15 años de construido, y su programa de intervenciones en astillero (o denominados carenas) es en períodos de máximo 24 meses, por lo que los datos a analizar por cada actividad se denotarán para los dos penúltimos períodos de carena, siendo que la última carena es en donde se obtuvieron los valores como resultado de la implementación de la metodología citada. Tener en cuenta que los períodos mencionados de carena tienen el mismo intervalo de máximo 24 meses.

Tabla N° 4.10.

Valores de horas-hombre obtenidas para las dos penúltimas carenas (N° 1 y N° 2).

ITEM	ACTIVIDAD DESCRITA	CARENA 1	CARENA 2
		HH-H	HH-H
1	CASCO O.V.: Rasqueteo de incrustaciones.	40.00	48.00
2	CASCO O.V.: Hidrolavado antes de arenado.	74.00	72.00
3	CASCO O.M.: Hidrolavado antes de arenado.	78.00	76.00
4	CASCO O.V.: Arenado.	112.00	108.00
5	CASCO O.V.: Pintado (05 capas).	360.00	380.00
6	CASCO O.V.: Hidrolavado antes de pintado.	72.00	64.00
7	CASCO O.M.: Arenado.	160.00	180.00
8	CASCO O.M.: Pintado (03 capas).	290.00	300.00
9	CASCO O.M.: Hidrolavado antes de pintado.	78.00	76.00
10	CASCO: Cambio de ánodos de zinc.	390.00	398.00
11	CASCO: Recorrido de rejillas de mar.	64.00	60.00
12	SALA DE FRIO: Recorrido de válvulas de mar.	28.00	27.00
13	SALA DE FRIO: Recorrido de válvulas. de descarga.	64.00	0.00
14	PAÑOL PROA: Recorrido de válvulas. de descarga.	16.00	0.00
15	SALA MÁQ.: Recorrido de válvulas. de mar.	45.00	48.00
16	SALA MÁQ.: Recorrido de válvulas. de descarga.	0.00	80.00
17	CASCO: Cambio de verduguetes (por inspección).	792.50	0.00
18	CASCO: Cambio de defensas (por inspección).	250.00	0.00
19	GOBIERNO: Toma de luces de ejes y bocinas.	12.00	14.00
20	GOBIERNO: Recorrido a abrazadera tope.	16.00	16.00

21	GOBIERNO: Recorrido a pala de timón.	0.00	130.00
22	PROPULSIÓN: Toma de luces de ejes y bocinas.	32.00	36.00
23	PROPULSIÓN: Recorrido a funda guardacabos.	16.00	16.00
24	PROPULSIÓN: Mantenimiento de eje de cola.	0.00	150.00
25	PROPULSIÓN: Retiro y montaje de hélice.	0.00	56.00
26	PROPULSIÓN: Mantenimiento de hélice.	0.00	64.00
27	PROPULSIÓN: Pulido de superficie de hélice.	24.00	20.00
28	CADENAS Y ANCLA: Arriado e izado.	36.00	40.00
29	CADENAS Y ANCLA: Arenado.	25.00	28.00
30	CADENAS Y ANCLA: Pintado.	24.00	27.00
31	CUBIERTA: Hidrolavado previo al arenado.	54.00	60.00
32	CUBIERTA: Arenado.	54.00	60.00
33	CUBIERTA: Pintado.	178.00	180.00
34	CUBIERTA: Hidrolavado previo al pintado.	54.00	60.00
35	BODEGAS DE PESCADO: Hidrolavado previo al arenado.	320.00	280.00
36	BODEGAS DE PESCADO: Arenado.	540.00	560.00
37	BODEGAS DE PESCADO: Pintado.	980.00	1000.00
38	BODEGAS DE PESCADO: Hidrolavado previo al pintado.	300.00	290.00
39	CASETA PRINCIPAL: Hidrolavado previo al arenado.	24.00	28.00
40	CASETA PRINCIPAL: Arenado.	28.00	28.00
41	CASETA PRINCIPAL: Pintado.	64.00	60.00
42	CASETA PRINCIPAL: Hidrolavado previo al pintado.	24.00	28.00
43	PUENTE DE MANDO: Hidrolavado previo al arenado.	12.00	10.00
44	PUENTE DE MANDO: Arenado.	15.00	16.00
45	PUENTE DE MANDO: Pintado.	36.00	32.00
46	PUENTE DE MANDO: Hidrolavado previo al pintado.	15.00	16.00
47	ARBOLADURA: Hidrolavado previo al arenado.	24.00	20.00
48	ARBOLADURA: Arenado.	28.00	24.00
49	ARBOLADURA: Pintado.	58.00	64.00
50	ARBOLADURA: Hidrolavado previo al pintado.	24.00	20.00

Fuente: Elaboración propia.

Luego de mostrar el cuadro de horas-hombre obtenidas en las penúltimas carenas, se muestra a continuación el cuadro de los costos correspondientes a mano de obra y materiales empleados para las actividades de cada período.

Tabla N° 4.11.*Valores de costos obtenidos para las dos penúltimas carenas (N° 1 y N° 2).*

ITEM	ACTIVIDAD DESCRITA	CARENA 1 - Costos (en S/.)		CARENA 2 - Costos (en S/.)	
		Mano de Obra	Materiales e Insumos	Mano de Obra	Materiales e Insumos
1	CASCO O.V.: Rasqueteo de incrustaciones.	380.00	80.00	456.00	85.50
2	CASCO O.V.: Hidrolavado antes de arenado.	703.00	484.00	684.00	455.50
3	CASCO O.M.: Hidrolavado antes de arenado.	741.00	480.00	722.00	486.50
4	CASCO O.V.: Arenado.	1064.00	802.50	1026.00	675.50
5	CASCO O.V.: Pintado (05 capas).	3420.00	2345.60	3610.00	2455.50
6	CASCO O.V.: Hidrolavado antes de pintado.	684.00	492.00	608.00	400.50
7	CASCO O.M.: Arenado.	1520.00	1005.00	1710.00	1115.50
8	CASCO O.M.: Pintado (03 capas).	2755.00	1795.00	2850.00	2005.50
9	CASCO O.M.: Hidrolavado antes de pintado.	741.00	460.00	722.00	480.00
10	CASCO: Cambio de ánodos de zinc.	866.67	535.00	884.44	515.00
11	CASCO: Recorrido de rejillas de mar.	736.00	298.00	690.00	315.00
12	SALA DE FRIO: Recorrido de válvulas de mar.	322.00	280.00	310.50	218.00
13	SALA DE FRIO: Recorrido de válvulas. de descarga.	736.00	510.00	0.00	0.00
14	PAÑOL PROA: Recorrido de válvulas. de descarga.	184.00	140.00	0.00	0.00
15	SALA MÁQ.: Recorrido de válvulas. de mar.	517.50	330.00	552.00	368.00
16	SALA MÁQ.: Recorrido de válvulas. de descarga.	0.00	0.00	920.00	614.00
17	CASCO: Cambio de verduguetes (por inspección).	9906.25	4955.00	0.00	0.00
18	CASCO: Cambio de defensas (por inspección).	3125.00	2145.50	0.00	0.00
19	GOBIERNO: Toma de luces de ejes y bocinas.	138.00	85.00	161.00	95.00
20	GOBIERNO: Recorrido a abrazadera tope.	184.00	135.00	184.00	125.00
21	GOBIERNO: Recorrido a pala de timón.	0.00	0.00	1495.00	933.00
22	PROPULSIÓN: Toma de luces de ejes y bocinas.	368.00	255.00	414.00	246.00
23	PROPULSIÓN: Recorrido a funda guardacabos.	184.00	120.00	184.00	125.00
24	PROPULSIÓN: Mantenimiento de eje de cola.	0.00	0.00	1725.00	1545.00
25	PROPULSIÓN: Retiro y montaje de hélice.	0.00	0.00	644.00	430.00
26	PROPULSIÓN: Mantenimiento de hélice.	0.00	0.00	736.00	505.00
27	PROPULSIÓN: Pulido de superficie de hélice.	276.00	178.50	230.00	168.00
28	CADENAS Y ANCLA: Arriado e izado.	306.00	105.00	340.00	103.50
29	CADENAS Y ANCLA: Arenado.	237.50	150.00	266.00	185.50
30	CADENAS Y ANCLA: Pintado.	228.00	172.00	256.50	175.30
31	CUBIERTA: Hidrolavado previo al arenado.	513.00	250.00	570.00	275.50
32	CUBIERTA: Arenado.	513.00	240.00	570.00	250.00

33	CUBIERTA: Pintado.	1691.00	1050.00	1710.00	1100.00
34	CUBIERTA: Hidrolavado previo al pintado.	513.00	305.00	570.00	322.50
35	BODEGAS DE PESCADO: Hidrolavado previo al arenado.	3040.00	2015.50	2660.00	1775.00
36	BODEGAS DE PESCADO: Arenado.	5130.00	3215.50	5320.00	3433.50
37	BODEGAS DE PESCADO: Pintado.	9310.00	5855.50	9500.00	5945.50
38	BODEGAS DE PESCADO: Hidrolavado previo al pintado.	2850.00	1850.50	2755.00	1867.50
39	CASETA PRINCIPAL: Hidrolavado previo al arenado.	228.00	135.50	266.00	145.00
40	CASETA PRINCIPAL: Arenado.	266.00	165.50	266.00	148.00
41	CASETA PRINCIPAL: Pintado.	608.00	412.50	570.00	377.50
42	CASETA PRINCIPAL: Hidrolavado previo al pintado.	228.00	125.00	266.00	176.00
43	PUENTE DE MANDO: Hidrolavado previo al arenado.	114.00	75.60	95.00	64.00
44	PUENTE DE MANDO: Arenado.	142.50	115.50	152.00	102.00
45	PUENTE DE MANDO: Pintado.	342.00	245.50	304.00	202.00
46	PUENTE DE MANDO: Hidrolavado previo al pintado.	142.50	98.00	152.00	105.00
47	ARBOLADURA: Hidrolavado previo al arenado.	228.00	135.50	190.00	125.00
48	ARBOLADURA: Arenado.	266.00	160.00	228.00	155.00
49	ARBOLADURA: Pintado.	551.00	388.50	608.00	406.50
50	ARBOLADURA: Hidrolavado previo al pintado.	228.00	158.50	190.00	133.50

Fuente: Elaboración propia.

A continuación, se muestran los costos unitarios de horas-hombre para cada tipo de actividad ejecutada en el período de mantenimiento de la infraestructura del buque pesquero puesto en el astillero naval peruano.

Tabla N° 4.12.

Costo unitario de tipo de actividad (por cada hora-hombre).

ITEM	TIPO DE ACTIVIDAD	(S/. / HH-H)
1	CARENA: Tratamiento superficial	9.50
2	TUBERÍAS: Trabajos en válvulas y tomas de mar	11.50
3	CALDERERÍA: Cambio de defensas (por obra)	12.50
4	GOBIERNO: Trabajos relacionados	11.50
5	PROPULSIÓN: Trabajos relacionados	11.50
6	CARENA: Arriado e izado de cadenas y ancla	8.50

Fuente: Elaboración propia.

4.6.5 Desarrollo de las fases de la metodología.

En este apartado se dará a conocer la aplicación de la metodología *Lean Six Sigma* en base al enfoque DMAMC y las herramientas *lean* (ya descritas en el capítulo 2 del presente trabajo), a través de las siguientes fases:

a) Fase Definir.

Mediante las Tablas N° 4.6., 4.10. y 4.11. se han mostrado las actividades del período de carena del buque pesquero, así como sus valores de horas-hombre y costos en las carenas N° 1 y N° 2 descritas, siendo la carena N° 3 el período en donde se aplicó la metodología citada. A continuación, se muestra el diagrama SIPOC (Suppliers-Inputs-Process-Outputs-Customers) del proyecto.

Tabla N° 4.13.

Diagrama SIPOC para el período de carena del buque pesquero.

Nombre del proyecto	Mantenimiento de infraestructura del buque pesquero puesto en astillero peruano.			
Proveedores	Entradas	Proceso	Salidas	Clientes
* Armador del buque pesquero. * Contratistas de mano de obra por especialidad. * Proveedores de materiales para las actividades.	* Condición inicial del buque pesquero (antes del mantenimiento de la infraestructura). * Solicitud del armador. * Inspección inicial.	<pre> graph TD A[Varado del buque] --> B[Junta de casco] B --> C[Actividades del período de carena del buque pesquero (según zonas y especialidad de)] C --> D[Inspección final de trabajos realizados] D --> E[Desvarado del buque] E --> F[Pruebas de mar] </pre>	* Buque pesquero entregado a satisfacción del cliente. * Firma del acta de conformidad de trabajos realizados. * Facturación al cliente (armador). * Condición final del buque pesquero (luego de realizado el mantenimiento de la infraestructura).	* Armador del buque pesquero.

Fuente: Elaboración propia.

b) Fase Medir.

Para las horas-hombre por actividad, vamos a mostrar el cálculo correspondiente en función de los parámetros básicos de actividad (en cantidades, metraje, entre otros), en base a la siguiente formulación:

$$HH - H_{final} = (HH - H_{inicial}) * (f_{obra}) * (f_{dificultad}) \dots\dots\dots (4.1)$$

Donde:

HH-H inicial = Es el valor de las horas-hombre tarifadas por cada actividad, de forma inicial, calculadas en función de los parámetros base (ver Anexo II).

f obra = Es el factor de obra, que refiere a cantidad de obra total a realizar dependiendo de la inspección y verificación inicial del estado de infraestructura del casco.

f dificultad = Es el factor de dificultad, que refiere a las acciones complementarias que se deben realizar para realizar las actividades durante el período de carena.

HH-H final = Es el valor de las horas-hombre por cada actividad, como resultado del producto de las horas-hombre iniciales con los factores descrito líneas arriba.

Entonces, para cada actividad mostrada en la Tabla N° 4.10., se determinó las horas-hombre tarifadas empleando la Fórmula 4.1., asimismo, se han colocado los respectivos factores los cuales suelen variar de acuerdo al estado de alistamiento inicial de la infraestructura del casco y las condiciones de trabajo. Cabe resaltar que los valores de **horas-hombre finales (HH-H final)** para las actividades consideradas vienen a ser los valores que se deben alcanzar o estar lo más próximo, siendo en este caso **los valores objetivos** en relación a la metodología implementada para el período de carena N° 3.

Tabla N° 4.14.*Determinación de las horas-hombre tarifadas por actividad descrita.*

ITEM	ACTIVIDAD DESCRITA	HH-H	Factor	Factor	HH-H
		inicial	Obra	Dificultad	final
1	CASCO O.V.: Rasqueteo de incrustaciones.	112.00	0.40	1.00	44.80
2	CASCO O.V.: Hidrolavado antes de arenado.	70.00	1.00	1.00	70.00
3	CASCO O.M.: Hidrolavado antes de arenado.	75.00	1.00	1.00	75.00
4	CASCO O.V.: Arenado.	70.00	1.50	1.00	105.00
5	CASCO O.V.: Pintado (05 capas).	350.00	1.00	1.00	350.00
6	CASCO O.V.: Hidrolavado antes de pintado.	70.00	1.00	1.00	70.00
7	CASCO O.M.: Arenado.	75.00	1.50	1.25	140.63
8	CASCO O.M.: Pintado (03 capas).	225.00	1.00	1.25	281.25
9	CASCO O.M.: Hidrolavado antes de pintado.	75.00	1.00	1.00	75.00
10	CASCO: Cambio de ánodos de zinc.	396.00	1.00	1.00	396.00
11	CASCO: Recorrido de rejillas de mar.	54.45	1.00	1.00	54.45
12	SALA DE FRIO: Recorrido de vlvs. de mar.	23.00	1.00	1.00	23.00
13	SALA DE FRIO: Recorrido de vlvs. de descarga.	61.00	1.00	1.00	61.00
14	PAÑOL PROA: Recorrido de vlvs. de descarga.	13.50	1.00	1.00	13.50
15	SALA MÁQ.: Recorrido de vlvs. de mar.	41.00	1.00	1.00	41.00
16	SALA MÁQ.: Recorrido de vlvs. de descarga.	79.00	1.00	1.00	79.00
17	CASCO: Cambio de verduguetes (por inspección).	1267.50	0.50	1.25	792.19
18	CASCO: Cambio de defensas (por inspección).	400.00	0.50	1.25	250.00
19	GOBIERNO: Toma de luces de ejes y bocinas.	9.00	1.00	1.00	9.00
20	GOBIERNO: Recorrido a abrazadera tope.	11.00	1.00	1.00	11.00
21	GOBIERNO: Recorrido a pala de timón.	140.25	1.00	1.00	140.25
22	PROPULSIÓN: Toma de luces de ejes y bocinas.	30.00	1.00	1.00	30.00
23	PROPULSIÓN: Recorrido a funda guardacabos.	11.00	1.00	1.00	11.00
24	PROPULSIÓN: Mantenimiento de eje de cola.	120.00	1.00	1.00	120.00
25	PROPULSIÓN: Retiro y montaje de hélice.	48.00	1.00	1.00	48.00
26	PROPULSIÓN: Mantenimiento de hélice.	60.00	1.00	1.00	60.00
27	PROPULSIÓN: Pulido de superficie de hélice.	25.00	1.00	1.00	25.00
28	CADENAS Y ANCLA: Arriado e izado.	35.00	1.00	1.00	35.00
29	CADENAS Y ANCLA: Arenado.	8.00	2.00	1.25	20.00
30	CADENAS Y ANCLA: Pintado.	16.00	1.00	1.25	20.00
31	CUBIERTA: Hidrolavado previo al arenado.	58.00	1.00	1.00	58.00
32	CUBIERTA: Arenado.	58.00	1.00	1.00	58.00
33	CUBIERTA: Pintado.	174.00	1.00	1.00	174.00
34	CUBIERTA: Hidrolavado previo al pintado.	58.00	1.00	1.00	58.00
35	BODEGAS DE PESCADO: Hidrolavado previo al arenado.	258.00	1.00	1.00	258.00

36	BODEGAS DE PESCADO: Arenado.	258.00	1.50	1.25	483.75
37	BODEGAS DE PESCADO: Pintado.	774.00	1.00	1.25	967.50
38	BODEGAS DE PESCADO: Hidrolavado previo al pintado.	258.00	1.00	1.00	258.00
39	CASETA PRINCIPAL: Hidrolavado previo al arenado.	20.10	1.00	1.00	20.10
40	CASETA PRINCIPAL: Arenado.	20.10	1.00	1.00	20.10
41	CASETA PRINCIPAL: Pintado.	60.30	1.00	1.00	60.30
42	CASETA PRINCIPAL: Hidrolavado previo al pintado.	20.10	1.00	1.00	20.10
43	PUENTE DE MANDO: Hidrolavado previo al arenado.	9.90	1.00	1.00	9.90
44	PUENTE DE MANDO: Arenado.	9.90	1.00	1.00	9.90
45	PUENTE DE MANDO: Pintado.	29.70	1.00	1.00	29.70
46	PUENTE DE MANDO: Hidrolavado previo al pintado.	9.90	1.00	1.00	9.90
47	ARBOLADURA: Hidrolavado previo al arenado.	17.00	1.00	1.00	17.00
48	ARBOLADURA: Arenado.	17.00	1.00	1.20	20.40
49	ARBOLADURA: Pintado.	51.00	1.00	1.20	61.20
50	ARBOLADURA: Hidrolavado previo al pintado.	17.00	1.00	1.00	17.00

Fuente: Elaboración propia.

Al tener los valores óptimos de horas-hombre de la Tabla N° 4.14. y los valores obtenidos de horas-hombre de las carenas N° 1 y 2 mostrados en la Tabla N° 4.10., se muestran los valores de la diferencia entre cada valor óptimo con el valor obtenido en cada carena correspondiente, para luego determinar el facto DPMO (defecto por millón de oportunidades) con la finalidad de hallar el intervalo de nivel sigma (σ) en la que se encuentra la variabilidad de dichas diferencias, por cada carena citada, usando la información de la Tabla N° 2.5.

Tabla N° 4.15. *Determinación las diferencias entre valor óptimo y valor obtenido de horas-hombre de carena N° 1.*

ITEM	ACTIVIDAD DESCRITA	(A)	(B)	(C)	(D)
		HH-H final	HH-H (1)	(A) - (B)	DPMO
1	CASCO O.V.: Rasqueteo de incrustaciones.	44.80	40.00	4.80	1071.43
2	CASCO O.V.: Hidrolavado antes de arenado.	70.00	74.00	4.00	571.43
3	CASCO O.M.: Hidrolavado antes de arenado.	75.00	78.00	3.00	400.00
4	CASCO O.V.: Arenado.	105.00	112.00	7.00	666.67
5	CASCO O.V.: Pintado (05 capas).	350.00	360.00	10.00	285.71
6	CASCO O.V.: Hidrolavado antes de pintado.	70.00	72.00	2.00	285.71

7	CASCO O.M.: Arenado.	140.63	160.00	19.38	1377.78
8	CASCO O.M.: Pintado (03 capas).	281.25	290.00	8.75	311.11
9	CASCO O.M.: Hidrolavado antes de pintado.	75.00	78.00	3.00	400.00
10	CASCO: Cambio de ánodos de zinc.	396.00	390.00	6.00	151.52
11	CASCO: Recorrido de rejillas de mar.	54.45	64.00	9.55	1753.90
12	SALA DE FRIO: Recorrido de vlvs. de mar.	23.00	28.00	5.00	2173.91
13	SALA DE FRIO: Recorrido de vlvs. de descarga.	61.00	64.00	3.00	491.80
14	PAÑOL PROA: Recorrido de vlvs. de descarga.	13.50	16.00	2.50	1851.85
15	SALA MÁQ.: Recorrido de vlvs. de mar.	41.00	45.00	4.00	975.61
16	SALA MÁQ.: Recorrido de vlvs. de descarga.	79.00	0.00	79.00	10000.00
17	CASCO: Cambio de verduguetes (por inspección).	792.19	792.50	0.31	3.94
18	CASCO: Cambio de defensas (por inspección).	250.00	250.00	0.00	0.00
19	GOBIERNO: Toma de luces de ejes y bocinas.	9.00	12.00	3.00	3333.33
20	GOBIERNO: Recorrido a abrazadera tope.	11.00	16.00	5.00	4545.45
21	GOBIERNO: Recorrido a pala de timón.	140.25	0.00	140.25	10000.00
22	PROPULSIÓN: Toma de luces de ejes y bocinas.	30.00	32.00	2.00	666.67
23	PROPULSIÓN: Recorrido a funda guardacabos.	11.00	16.00	5.00	4545.45
24	PROPULSIÓN: Mantenimiento de eje de cola.	120.00	0.00	120.00	10000.00
25	PROPULSIÓN: Retiro y montaje de hélice.	48.00	0.00	48.00	10000.00
26	PROPULSIÓN: Mantenimiento de hélice.	60.00	0.00	60.00	10000.00
27	PROPULSIÓN: Pulido de superficie de hélice.	25.00	24.00	1.00	400.00
28	CADENAS Y ANCLA: Arriado e izado.	35.00	36.00	1.00	285.71
29	CADENAS Y ANCLA: Arenado.	20.00	25.00	5.00	2500.00
30	CADENAS Y ANCLA: Pintado.	20.00	24.00	4.00	2000.00
31	CUBIERTA: Hidrolavado previo al arenado.	58.00	54.00	4.00	689.66
32	CUBIERTA: Arenado.	58.00	54.00	4.00	689.66
33	CUBIERTA: Pintado.	174.00	178.00	4.00	229.89
34	CUBIERTA: Hidrolavado previo al pintado.	58.00	54.00	4.00	689.66
35	BODEGAS DE PESCADO: Hidrolavado previo al arenado.	258.00	320.00	62.00	2403.10
36	BODEGAS DE PESCADO: Arenado.	483.75	540.00	56.25	1162.79
37	BODEGAS DE PESCADO: Pintado.	967.50	980.00	12.50	129.20
38	BODEGAS DE PESCADO: Hidrolavado previo al pintado.	258.00	300.00	42.00	1627.91
39	CASETA PRINCIPAL: Hidrolavado previo al arenado.	20.10	24.00	3.90	1940.30
40	CASETA PRINCIPAL: Arenado.	20.10	28.00	7.90	3930.35
41	CASETA PRINCIPAL: Pintado.	60.30	64.00	3.70	613.60
42	CASETA PRINCIPAL: Hidrolavado previo al pintado.	20.10	24.00	3.90	1940.30
43	PUENTE DE MANDO: Hidrolavado previo al arenado.	9.90	12.00	2.10	2121.21
44	PUENTE DE MANDO: Arenado.	9.90	15.00	5.10	5151.52
45	PUENTE DE MANDO: Pintado.	29.70	36.00	6.30	2121.21
46	PUENTE DE MANDO: Hidrolavado previo al pintado.	9.90	15.00	5.10	5151.52

47	ARBOLADURA: Hidrolavado previo al arenado.	17.00	24.00	7.00	4117.65
48	ARBOLADURA: Arenado.	20.40	28.00	7.60	3725.49
49	ARBOLADURA: Pintado.	61.20	58.00	3.20	522.88
50	ARBOLADURA: Hidrolavado previo al pintado.	17.00	24.00	7.00	4117.65

Fuente: Elaboración propia.

Tabla N° 4.16.

Determinación de los niveles sigma en función del DPMO en carena N° 1.

Carena N° 1	DPMO	Nivel σ
MIN	0.00	> 6
MAX	5151.52	4 a 5
PROMEDIO	1647.21	4 a 5

Fuente: Elaboración propia.

Tabla N° 4.17. *Determinación las diferencias entre valor óptimo y valor obtenido de horas-hombre de carena N° 2.*

ITEM	ACTIVIDAD DESCRITA	(A)	(B)	(C)	(D)
		HH-H final	HH-H (2)	(A) - (B)	DPMO
1	CASCO O.V.: Rasqueteo de incrustaciones.	44.80	48.00	3.20	714.29
2	CASCO O.V.: Hidrolavado antes de arenado.	70.00	72.00	2.00	285.71
3	CASCO O.M.: Hidrolavado antes de arenado.	75.00	76.00	1.00	133.33
4	CASCO O.V.: Arenado.	105.00	108.00	3.00	285.71
5	CASCO O.V.: Pintado (05 capas).	350.00	380.00	30.00	857.14
6	CASCO O.V.: Hidrolavado antes de pintado.	70.00	64.00	6.00	857.14
7	CASCO O.M.: Arenado.	140.63	180.00	39.38	2800.00
8	CASCO O.M.: Pintado (03 capas).	281.25	300.00	18.75	666.67
9	CASCO O.M.: Hidrolavado antes de pintado.	75.00	76.00	1.00	133.33
10	CASCO: Cambio de ánodos de zinc.	396.00	398.00	2.00	50.51
11	CASCO: Recorrido de rejillas de mar.	54.45	60.00	5.55	1019.28
12	SALA DE FRIO: Recorrido de vlvs. de mar.	23.00	27.00	4.00	1739.13
13	SALA DE FRIO: Recorrido de vlvs. de descarga.	61.00	0.00	61.00	10000.00
14	PAÑOL PROA: Recorrido de vlvs. de descarga.	13.50	0.00	13.50	10000.00
15	SALA MÁQ.: Recorrido de vlvs. de mar.	41.00	48.00	7.00	1707.32
16	SALA MÁQ.: Recorrido de vlvs. de descarga.	79.00	80.00	1.00	126.58
17	CASCO: Cambio de verduguetes (por inspección).	792.19	0.00	792.19	10000.00
18	CASCO: Cambio de defensas (por inspección).	250.00	0.00	250.00	10000.00

19	GOBIERNO: Toma de luces de ejes y bocinas.	9.00	14.00	5.00	5555.56
20	GOBIERNO: Recorrido a abrazadera tope.	11.00	16.00	5.00	4545.45
21	GOBIERNO: Recorrido a pala de timón.	140.25	130.00	10.25	730.84
22	PROPULSIÓN: Toma de luces de ejes y bocinas.	30.00	36.00	6.00	2000.00
23	PROPULSIÓN: Recorrido a funda guardacabos.	11.00	16.00	5.00	4545.45
24	PROPULSIÓN: Mantenimiento de eje de cola.	120.00	150.00	30.00	2500.00
25	PROPULSIÓN: Retiro y montaje de hélice.	48.00	56.00	8.00	1666.67
26	PROPULSIÓN: Mantenimiento de hélice.	60.00	64.00	4.00	666.67
27	PROPULSIÓN: Pulido de superficie de hélice.	25.00	20.00	5.00	2000.00
28	CADENAS Y ANCLA: Arriado e izado.	35.00	40.00	5.00	1428.57
29	CADENAS Y ANCLA: Arenado.	20.00	28.00	8.00	4000.00
30	CADENAS Y ANCLA: Pintado.	20.00	27.00	7.00	3500.00
31	CUBIERTA: Hidrolavado previo al arenado.	58.00	60.00	2.00	344.83
32	CUBIERTA: Arenado.	58.00	60.00	2.00	344.83
33	CUBIERTA: Pintado.	174.00	180.00	6.00	344.83
34	CUBIERTA: Hidrolavado previo al pintado.	58.00	60.00	2.00	344.83
35	BODEGAS DE PESCADO: Hidrolavado previo al arenado.	258.00	280.00	22.00	852.71
36	BODEGAS DE PESCADO: Arenado.	483.75	560.00	76.25	1576.23
37	BODEGAS DE PESCADO: Pintado.	967.50	1000.00	32.50	335.92
38	BODEGAS DE PESCADO: Hidrolavado previo al pintado.	258.00	290.00	32.00	1240.31
39	CASETA PRINCIPAL: Hidrolavado previo al arenado.	20.10	28.00	7.90	3930.35
40	CASETA PRINCIPAL: Arenado.	20.10	28.00	7.90	3930.35
41	CASETA PRINCIPAL: Pintado.	60.30	60.00	0.30	49.75
42	CASETA PRINCIPAL: Hidrolavado previo al pintado.	20.10	28.00	7.90	3930.35
43	PUENTE DE MANDO: Hidrolavado previo al arenado.	9.90	10.00	0.10	101.01
44	PUENTE DE MANDO: Arenado.	9.90	16.00	6.10	6161.62
45	PUENTE DE MANDO: Pintado.	29.70	32.00	2.30	774.41
46	PUENTE DE MANDO: Hidrolavado previo al pintado.	9.90	16.00	6.10	6161.62
47	ARBOLADURA: Hidrolavado previo al arenado.	17.00	20.00	3.00	1764.71
48	ARBOLADURA: Arenado.	20.40	24.00	3.60	1764.71
49	ARBOLADURA: Pintado.	61.20	64.00	2.80	457.52
50	ARBOLADURA: Hidrolavado previo al pintado.	17.00	20.00	3.00	1764.71

Fuente: Elaboración propia.

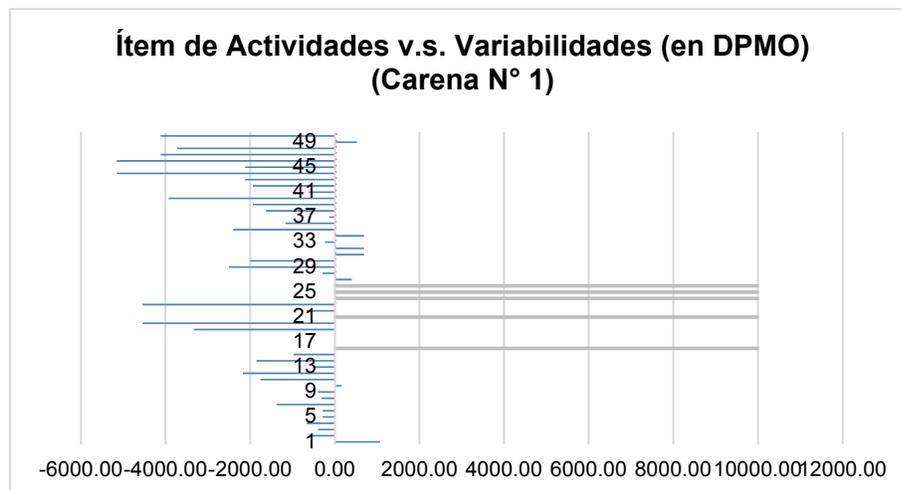
Tabla N° 4.18. Determinación de los niveles sigma en función del DPMO en carena N° 2.

Carena N° 2	DPMO	Nivel σ
MIN	49.75	5 a 6
MAX	6161.62	4 a 5
PROMEDIO	1754.15	4 a 5

Fuente: Elaboración propia.

De la Tabla N° 4.15., se observa que las actividades N° 16, 21, 24, 25 y 26 no han sido realizadas en la carena N° 1 por lo que al realizar el cálculo del DPMO resulta un valor de 10 000, que para este caso no tiene relevancia porque la variabilidad entre valores resultó ser el mismo valor óptimo. Además, en la Tabla N° 4.16., el nivel sigma obtenido en base a los DPMO calculados se encuentra entre 4 a 5, con el valor mínimo de DPMO próximo al valor ideal de 6. Cabe resaltar que el DPMO obtenido es mediante el valor absoluto de la diferencia entre el valor óptimo y valor obtenido de horas-hombre. Para los resultados de la carena N° 1, se muestra la gráfica de las variabilidades de valores de horas-hombre en función del DPMO para cada actividad de la carena N° 1.

Gráfico N° 4.1. Valores de variabilidad (en DPMO) por actividad de carena N° 1.

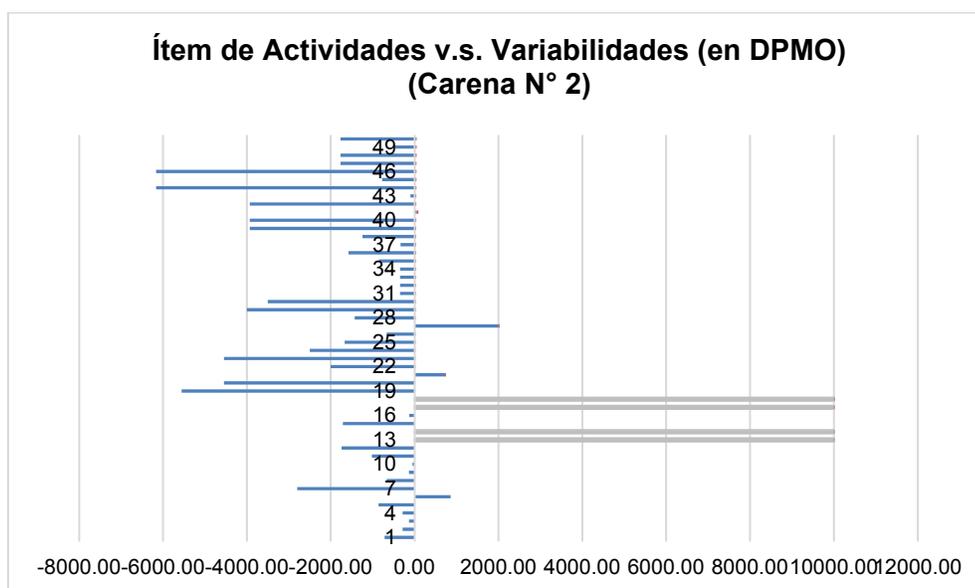


Fuente: Elaboración propia.

Los valores de DPMO se muestran en la gráfica con el correspondiente signo en el eje de las abcisas, debido a que se consideró la diferencia entre valores óptimo y obtenido de horas-hombre, mientras que en el eje de las ordenadas se tiene los ítems de actividad desde la N° 1 hasta la N° 50. Cabe mencionar que los valores altos de DPMO hacia la izquierda del eje de ordenadas representan que la mayoría de actividades realizadas fueron mayores que el valor óptimo, mientras que los valores altos de DPMO hacia la derecha del eje vertical son los dados para las actividades no realizadas (las de ítems N° 16, 21, 24, 25 y 26).

Asimismo, de la Tabla N° 4.17, se observa que las actividades N° 13, 14, 17 y 18 no han sido realizadas en la carena N° 2 y los valores obtenidos de DPMO no serán considerados como en el caso de la carena N° 1. Además, en la Tabla N° 4.18., el nivel sigma obtenido en base a los DPMO calculados se encuentra entre 4 a 5, con el valor mínimo de DPMO de cero, indicando que no existe variabilidad entre valores. Se muestra la gráfica de variabilidad de DPMO con sus signos correspondientes para cada actividad de la carena N° 2.

Gráfico N° 4.2. *Valores de variabilidad (en DPMO) por actividad de carena N° 2.*



Fuente: Elaboración propia.

En relación a la gráfica anterior, los valores de DPMO mostrados han sido determinados como en la carena N° 1, además tenemos que aún la mayoría de las actividades cuentan con variabilidades negativas y los valores altos de DPMO hacia la derecha del eje vertical son los denotados para las actividades no realizadas (las de ítems N° 13, 14, 17 y 18), por lo que dichos valores no son considerados en dicha gráfica.

Para determinar las actividades de mayor criticidad, se han realizado los siguientes pasos teniendo los datos obtenidos en esta fase de la metodología:

- ✓ Primero, se agrupo a todas las actividades del período típico de carena en grupos según la especialidad de trabajo y las zonas consideradas, usando clasificación por colores, tal como se indica en la Tabla N° 4.19.
- ✓ Segundo, se ordenó de forma descendente los valores obtenidos de DPMO en valor absoluto para los dos penúltimos períodos de carena, con las cantidades de actividades realizadas por cada carena (N_1 y N_2) y mostrando los ítems eliminados de actividades que no se realizaron en la carena correspondiente, tal como se indica en la Tabla N° 4.20.
- ✓ Tercero, se determinó los ítems próximos de actividades, por grupo y por zona intervenida en el buque pesquero, que alcanzan los valores altos de DPMO hasta antes del valor de DPMO correspondiente al nivel de 5 sigmas, tal como se mencionan en las Tablas N° 4.21. y 4.22.
- ✓ Finalmente, en base a las tablas anteriormente mencionadas, se determinaron los grupos de actividades con mayor criticidad en orden descendente, tal como se muestra en la Tabla N° 4.23.

Tabla N° 4.19.

Grupo de actividades (por zona y especialidad) del período típico de carena.

ÍTEM	GRUPO DE ACTIVIDADES POR ZONA Y ESPECIALIDAD	N° ÍTEM
1	CASCO: Tratamiento superficial.	1 al 9
2	CASCO: Cambio de ánodos de zinc.	10
3	CASCO: Recorrido de rejillas de mar.	11
4	TUBERÍAS: Recorrido de vlvs. de mar.	12 y 15
5	TUBERÍAS: Recorrido de vlvs. de descarga.	13, 14 y 16
6	CASCO: Cambio de verduguetes y defensas.	17 y 18
7	GOBIERNO: Trabajos de mantenimiento.	19 al 21
8	PROPULSIÓN: Trabajos de mantenimiento.	22 al 27
9	CADENAS Y ANCLA: Arriado e izado.	28
10	CADENAS Y ANCLA: Arenado y pintado.	29 y 30
11	CUBIERTA: Tratamiento superficial.	31 al 34
12	BODEGAS DE PESCADO: Tratamiento superficial.	35 al 38
13	CASETA PRINCIPAL: Tratamiento superficial.	39 al 42
14	PUENTE DE MANDO: Tratamiento superficial.	43 al 46
15	ARBOLADURA: Tratamiento superficial.	47 al 50

Fuente: Elaboración propia.

Tabla N° 4.20.

Valores absolutos de DPMO ordenados de mayor a menor para carenas N° 1 y 2.

Ctd. Ítems	Ítems	Ctd. Ítems	Ítems
N₁ = 45	Eliminados: 16,21,24,25,26	N₂ = 46	Eliminados: 13,14,17,18

ITEM	HH-H final	HH-H (1)	(A) - (B)	DPMO	ITEM	HH-H final	HH-H (2)	(A) - (B)	DPMO
44	9.90	15.00	5.10	5151.52	44	9.90	16.00	6.10	6161.62
46	9.90	15.00	5.10	5151.52	46	9.90	16.00	6.10	6161.62
20	11.00	16.00	5.00	4545.45	19	9.00	14.00	5.00	5555.56
23	11.00	16.00	5.00	4545.45	20	11.00	16.00	5.00	4545.45
47	17.00	24.00	7.00	4117.65	23	11.00	16.00	5.00	4545.45
50	17.00	24.00	7.00	4117.65	29	20.00	28.00	8.00	4000.00
40	20.10	28.00	7.90	3930.35	39	20.10	28.00	7.90	3930.35
48	20.40	28.00	7.60	3725.49	40	20.10	28.00	7.90	3930.35
19	9.00	12.00	3.00	3333.33	42	20.10	28.00	7.90	3930.35
29	20.00	25.00	5.00	2500.00	30	20.00	27.00	7.00	3500.00
35	258.00	320.00	62.00	2403.10	7	140.63	180.00	39.38	2800.00

12	23.00	28.00	5.00	2173.91	24	120.00	150.00	30.00	2500.00
43	9.90	12.00	2.10	2121.21	22	30.00	36.00	6.00	2000.00
45	29.70	36.00	6.30	2121.21	27	25.00	20.00	5.00	2000.00
30	20.00	24.00	4.00	2000.00	48	20.40	24.00	3.60	1764.71
39	20.10	24.00	3.90	1940.30	47	17.00	20.00	3.00	1764.71
42	20.10	24.00	3.90	1940.30	50	17.00	20.00	3.00	1764.71
14	13.50	16.00	2.50	1851.85	12	23.00	27.00	4.00	1739.13
11	54.45	64.00	9.55	1753.90	15	41.00	48.00	7.00	1707.32
38	258.00	300.00	42.00	1627.91	25	48.00	56.00	8.00	1666.67
7	140.63	160.00	19.38	1377.78	36	483.75	560.00	76.25	1576.23
36	483.75	540.00	56.25	1162.79	28	35.00	40.00	5.00	1428.57
1	44.80	40.00	4.80	1071.43	38	258.00	290.00	32.00	1240.31
15	41.00	45.00	4.00	975.61	11	54.45	60.00	5.55	1019.28
31	58.00	54.00	4.00	689.66	5	350.00	380.00	30.00	857.14
32	58.00	54.00	4.00	689.66	6	70.00	64.00	6.00	857.14
34	58.00	54.00	4.00	689.66	35	258.00	280.00	22.00	852.71
4	105.00	112.00	7.00	666.67	45	29.70	32.00	2.30	774.41
22	30.00	32.00	2.00	666.67	21	140.25	130.00	10.25	730.84
41	60.30	64.00	3.70	613.60	1	44.80	48.00	3.20	714.29
2	70.00	74.00	4.00	571.43	8	281.25	300.00	18.75	666.67
49	61.20	58.00	3.20	522.88	26	60.00	64.00	4.00	666.67
13	61.00	64.00	3.00	491.80	49	61.20	64.00	2.80	457.52
3	75.00	78.00	3.00	400.00	33	174.00	180.00	6.00	344.83
9	75.00	78.00	3.00	400.00	31	58.00	60.00	2.00	344.83
27	25.00	24.00	1.00	400.00	32	58.00	60.00	2.00	344.83
8	281.25	290.00	8.75	311.11	34	58.00	60.00	2.00	344.83
5	350.00	360.00	10.00	285.71	37	967.50	1000.00	32.50	335.92
6	70.00	72.00	2.00	285.71	4	105.00	108.00	3.00	285.71
28	35.00	36.00	1.00	285.71	2	70.00	72.00	2.00	285.71
33	174.00	178.00	4.00	229.89	3	75.00	76.00	1.00	133.33
10	396.00	390.00	6.00	151.52	9	75.00	76.00	1.00	133.33
37	967.50	980.00	12.50	129.20	16	79.00	80.00	1.00	126.58
17	792.19	792.50	0.31	3.94	43	9.90	10.00	0.10	101.01
18	250.00	250.00	0.00	0.00	10	396.00	398.00	2.00	50.51
					41	60.30	60.00	0.30	49.75

Valores de DPMO dentro de niveles sigma entre 5 a 6.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla N° 4.21. Grupo de actividades ordenados por mayor valor de DPMO (carena N° 1).

ÍTEM	GRUPO DE ACTIVIDADES POR ZONA Y ESPECIALIDAD	N° ÍTEM PRÓXIMO	ACTIVIDAD DESCRITA
1	PUENTE DE MANDO: Tratamiento superficial.	44	PUENTE DE MANDO: Arenado.
2	GOBIERNO: Trabajos de mantenimiento.	20	GOBIERNO: Recorrido a abrazadera tope.
3	PROPULSIÓN: Trabajos de mantenimiento.	23	PROPULSIÓN: Recorrido a funda guardacabos.
4	ARBOLADURA: Tratamiento superficial.	47	ARBOLADURA: Hidrolavado previo al arenado.
5	CASETA PRINCIPAL: Tratamiento superficial.	40	CASETA PRINCIPAL: Arenado.
6	CADENAS Y ANCLA: Arenado y pintado.	29	CADENAS Y ANCLA: Arenado.
7	BODEGAS DE PESCADO: Tratamiento superficial.	35	BODEGAS DE PESCADO: Hidrolavado previo al arenado.
8	TUBERÍAS: Recorrido de válvulas de mar.	12	SALA DE FRIO: Recorrido de válvulas de mar.
9	TUBERÍAS: Recorrido de válvulas de descarga.	14	PAÑOL PROA: Recorrido de válvulas de descarga.
10	CASCO: Recorrido de rejillas de mar.	11	CASCO: Recorrido de rejillas de mar.
11	CASCO: Tratamiento superficial.	7	CASCO O.M.: Arenado.
12	CUBIERTA: Tratamiento superficial.	31	CUBIERTA: Hidrolavado previo al arenado.
13	CADENAS Y ANCLA: Arriado e izado.	28	CADENAS Y ANCLA: Arriado e izado.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla N° 4.22. Grupo de actividades ordenados por mayor valor de DPMO (carena N° 2).

ÍTEM	GRUPO DE ACTIVIDADES POR ZONA Y ESPECIALIDAD	N° ÍTEM PRÓXIMO	ACTIVIDAD DESCRITA
1	PUENTE DE MANDO: Tratamiento superficial.	44	PUENTE DE MANDO: Arenado.
2	GOBIERNO: Trabajos de mantenimiento.	19	GOBIERNO: Toma de luces de ejes y bocinas.
3	PROPULSIÓN: Trabajos de mantenimiento.	23	PROPULSIÓN: Recorrido a funda guardacabos.
4	CADENAS Y ANCLA: Arenado y pintado.	29	CADENAS Y ANCLA: Arenado.
5	CASETA PRINCIPAL: Tratamiento superficial.	39	CASETA PRINCIPAL: Hidrolavado previo al arenado.
6	CASCO: Tratamiento superficial.	7	CASCO O.M.: Arenado.
7	ARBOLADURA: Tratamiento superficial.	48	ARBOLADURA: Arenado.
8	TUBERÍAS: Recorrido de válvulas de mar.	12	SALA DE FRIO: Recorrido de válvulas de mar.
9	BODEGAS DE PESCADO: Tratamiento superficial.	36	BODEGAS DE PESCADO: Arenado.
10	CADENAS Y ANCLA: Arriado e izado.	28	CADENAS Y ANCLA: Arriado e izado.
11	CASCO: Recorrido de rejillas de mar.	11	CASCO: Recorrido de rejillas de mar.
12	CUBIERTA: Tratamiento superficial.	33	CUBIERTA: Pintado.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla N° 4.23.

Grupo de actividades ordenados de mayor a menor criticidad en base a los valores DPMO hallados para las carenas N° 1 y N° 2.

ÍTEM	GRUPO DE ACTIVIDADES POR ZONA Y ESPECIALIDAD
1	PUENTE DE MANDO: Tratamiento superficial.
2	GOBIERNO: Trabajos de mantenimiento.
3	PROPULSIÓN: Trabajos de mantenimiento.
4	CASETA PRINCIPAL: Tratamiento superficial.
5	CADENAS Y ANCLA: Arenado y pintado.
6	ARBOLADURA: Tratamiento superficial.
7	TUBERÍAS: Recorrido de válvulas de mar.
8	BODEGAS DE PESCADO: Tratamiento superficial.
9	CASCO: Tratamiento superficial.
10	TUBERÍAS: Recorrido de válvulas de descarga.
11	CASCO: Recorrido de rejillas de mar.
12	CADENAS Y ANCLA: Arriado e izado.
13	CUBIERTA: Tratamiento superficial.

Fuente: Elaboración propia.

c) Fase Analizar.

Se muestran a continuación las hipótesis planteadas en el presente estudio, como parte de esta fase de la metodología implementada:

Tabla N° 4.24.

Hipótesis planteadas para la implementación de la metodología citada.

Hipótesis general.	Al implementar la metodología Lean Six Sigma en el proceso de mantenimiento de buques pesqueros puestos en astilleros se espera conseguir y mantener la mejora continua en las actividades y resultados.
Hipótesis específica N° 01.	Al implementar la metodología presentada, se espera determinar las actividades que presentan mayor criticidad para su posterior mejora durante el proceso de mantenimiento del buque pesquero.
Hipótesis específica N° 02.	Al implementar la metodología presentada, se espera conseguir una notable reducción en los costos por actividades que representen la ruta crítica del proceso de mantenimiento del buque pesquero.
Hipótesis específica N° 03.	Al implementar la metodología presentada, se espera obtener un adecuado nivel de conformidad por parte del cliente en el resultado de los trabajos de mantenimiento del buque pesquero.

Fuente: Elaboración propia.

Para los grupos de actividades de mayor criticidad dadas en la Tabla N° 4.23., se determinaron los defectos y desperdicios encontrados durante el proceso de mantenimiento en los períodos de carena descritos, con las consecuencias respectivas, y que han sido tomados en cuenta para el último período de carena realizado, siendo éste la carena N° 3 considerada para la cuarta fase de la metodología usada.

Tabla N° 4.25.

Defectos detectados en las actividades de los períodos de carenas referidos.

N°	DEFECTO	CONSECUENCIA	GRUPO DE ACTIVIDADES AFECTADOS
1	Falta de rasqueteo en zonas poco accesibles del casco del buque.	Posibilidad de presencia de socavaciones.	Carena: Tratamiento Superficial.
		Posibilidad de presencia de corrosión. Mal acabado en pintado de superficies.	
2	Falta de adherencia entre capas de pintado de superficies del buque.	Desprendimiento de capas de pintado.	Carena: Tratamiento Superficial.
		Propagación de la corrosión superficial. Aparición de socavaciones superficiales.	
3	Inadecuado recorrido a válvulas de tomas de mar del casco del buque.	Pérdida de estanqueidad de lengüeta de cierre.	Sistema de tuberías: Recorrido de válvulas de tomas de mar.
		Acumulación de contaminantes sólidos.	
		Desgaste mecánico en cuerpo interno de válvula.	
4	Mal acabado en cordones de soldadura.	Aparición de agrietamientos en cordones.	Calderería por kilage y por obra.
		Presencia de socavaciones en cordones.	
		Posible desprendimiento de ánodo de zinc.	
5	Desbalanceo y/o desalineamiento de ejes.	Aparición de modos vibracionales.	Carena: Propulsión y Gobierno.
		Aparición de defectos estructurales.	
		Desgaste en componentes internos de equipos.	
6	Inadecuado adujado de cadenas de ancla.	Trabamientos al momento de izar el ancla.	Carena: Cadenas y ancla.
		Desgaste mecánico en cadenas y ancla.	
		Desgaste mecánico en cabrestante proa.	

Fuente: Elaboración propia.

Tabla N° 4.26.

Desperdicios detectados en las actividades de los períodos de carenas referidos.

N°	DESPERDICIO	CONSECUENCIA
1	Exceso del pedido de materiales.	Aumento del costo por actividad, que no será reconocido por el cliente.
2	Exceso del pedido de insumos.	
3	Espera en obtención de materiales.	Retraso temporal en actividad, que puede intensificar ruta crítica del proyecto.
4	Espera en obtención de insumos.	
5	Exceso de transporte de fabricaciones.	
6	Exceso de transporte de materiales.	Pérdida de insumos por mal empleo.
7	Exceso de transporte de insumos.	
8	Verificación e inspección adicional.	Aumento del inventario de almacén del astillero.
9	Realizar reprocesos de actividad.	
10	Aplicación innecesaria de insumos.	
11	Solicitud en alta demasía en materiales.	Calidad inadecuada en resultado del mantenimiento.
12	Solicitud en alta demasía en insumos.	
13	Falta de experiencia en ejecutar actividad.	

Fuente: Elaboración propia.

En el caso de los defectos encontrados, se analizaron las causas-raíces que los originan, a través de la herramienta de calidad conocida como la espina de pescado (o método Ishikawa). Cada diagrama de espina de pescado se ha realizado para los seis (06) principales defectos encontrados durante el proceso de mantenimiento de infraestructura del buque pesquero puesto en astillero.

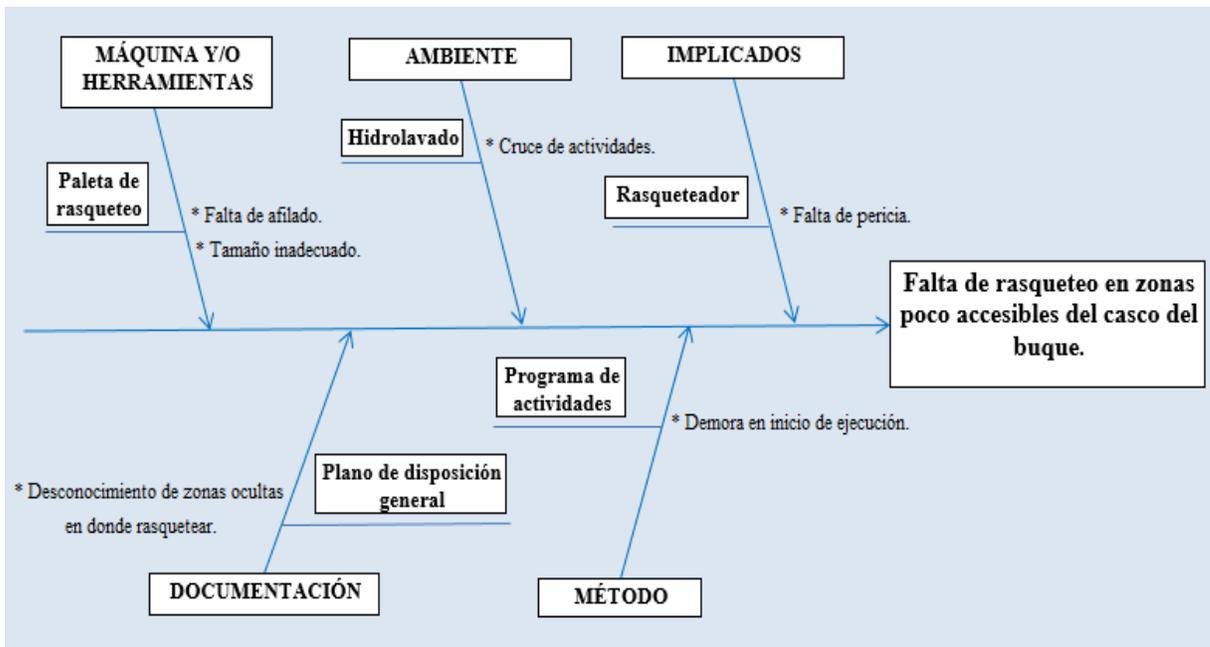


Imagen N° 4.1. Diagrama Ishikawa para el defecto N° 1.

Fuente: Elaboración propia.

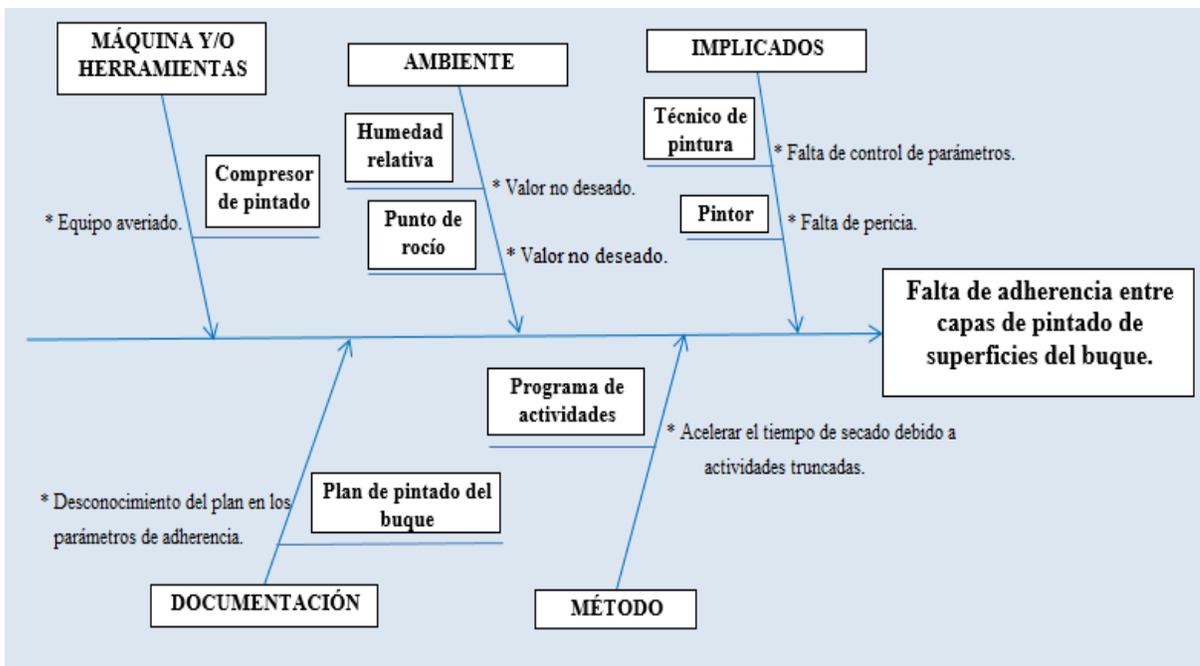


Imagen N° 4.2. Diagrama Ishikawa para el defecto N° 2.

Fuente: Elaboración propia.

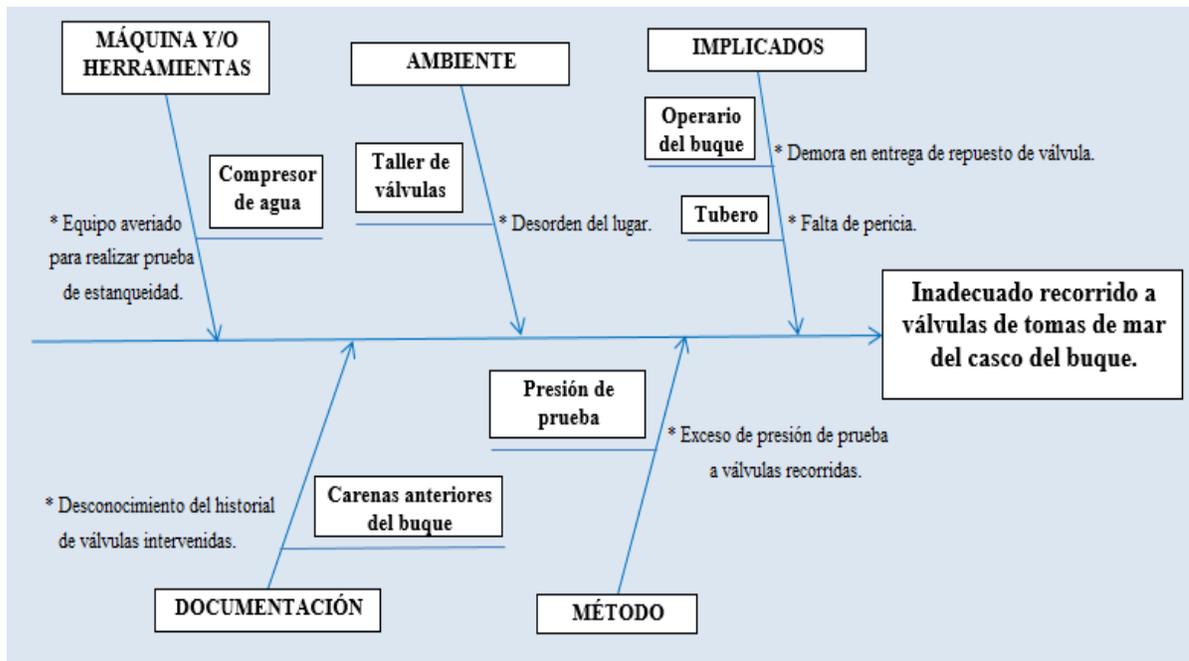


Imagen N° 4.3. Diagrama Ishikawa para el defecto N° 3.

Fuente: Elaboración propia.

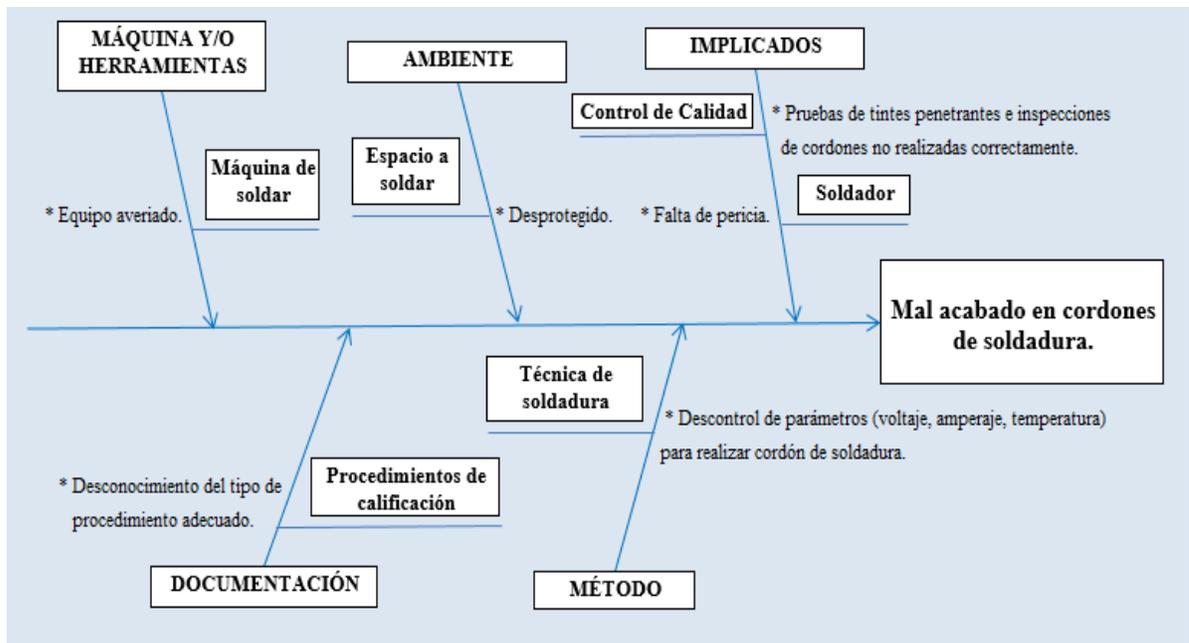


Imagen N° 4.4. Diagrama Ishikawa para el defecto N° 4.

Fuente: Elaboración propia.

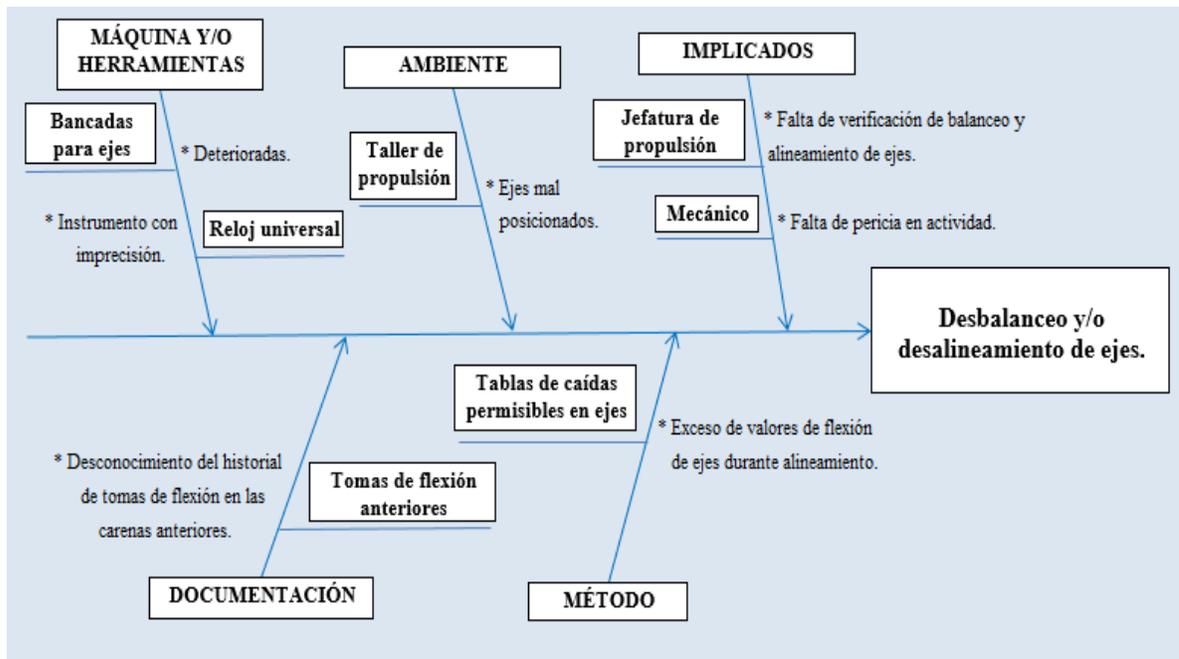


Imagen N° 4.5. Diagrama Ishikawa para el defecto N° 5.

Fuente: Elaboración propia.

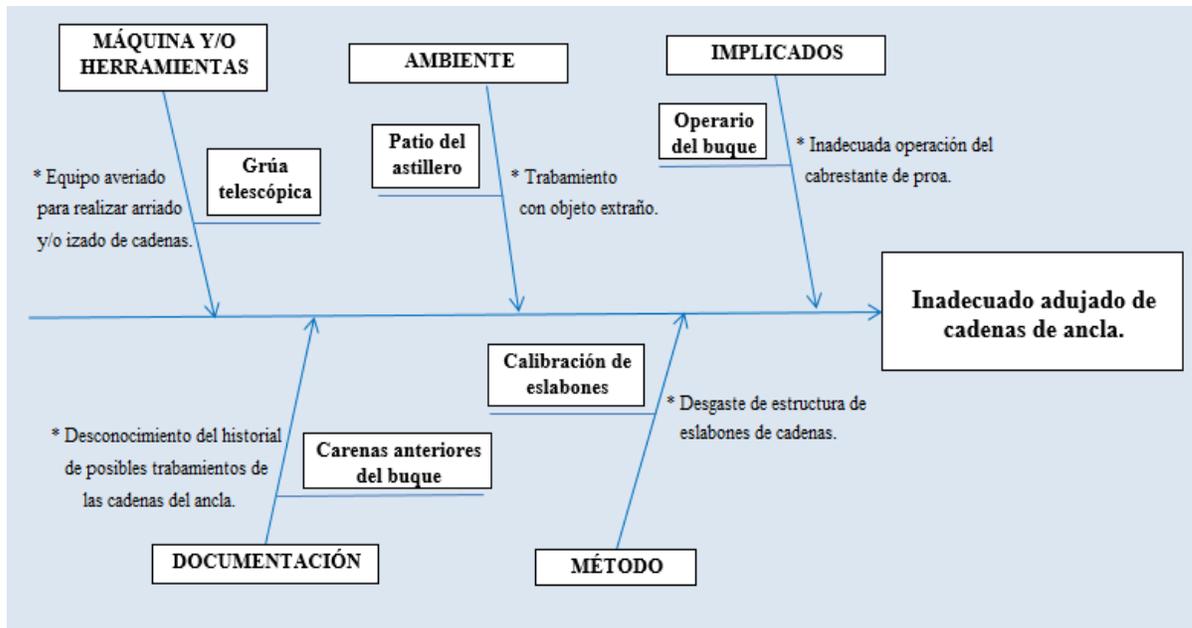


Imagen N° 4.6. Diagrama Ishikawa para el defecto N° 6.

Fuente: Elaboración propia.

Para los tipos de desperdicios mostrados en la Tabla N° 4.26., se han determinado las cantidades de ocurrencias para los grupos de actividades de cada período de carena evaluada. Asimismo, se ha determinado para cada grupo las cantidades totales de desperdicios, los que nos permitió determinar cuál tipo de desperdicio es el más frecuente en ocurrencias y cual grupo de actividades es la que presenta la mayor cantidad de ocurrencia de desperdicios en total. Para los datos hallados se empleó el diagrama de Pareto, de la siguiente manera:

Tabla N° 4.27.

Cantidades de ocurrencias de los desperdicios en actividades de la carena N° 1. ⁽¹⁾

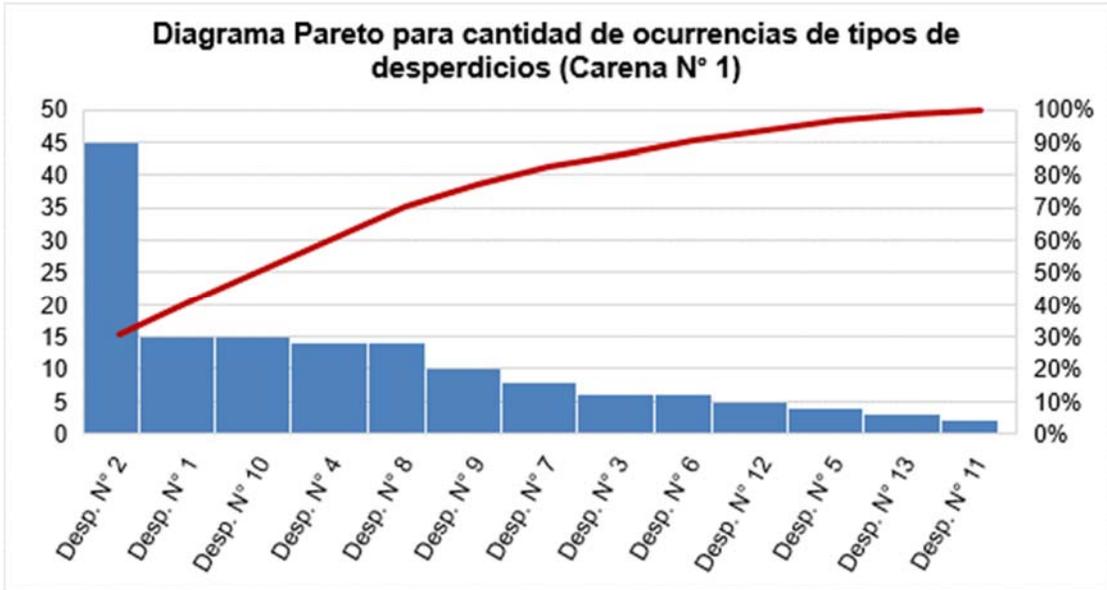
ÍTEM	GRUPO DE ACTIVIDADES POR ZONA Y ESPECIALIDAD	OCURRENCIA DE DESPERDICIOS POR CADA GRUPO DE ACTIVIDADES (POR N°)													
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	
1	CASCO: Tratamiento superficial.	0	6	0	3	0	1	0	2	2	4	0	2	1	21
2	CASCO: Cambio de ánodos de zinc.	0	1	1	0	0	2	0	2	0	0	0	0	0	6
3	CASCO: Recorrido de rejillas de mar.	2	3	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	8
4	TUBERÍAS: Recorrido de válvulas de mar.	2	5	2	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	12
5	TUBERÍAS: Recorrido de válvulas de descarga.	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
6	CASCO: Cambio de verdugetes y defensas.	4	5	2	3	1	3	1	3	2	2	2	1	0	29
7	GOBIERNO: Trabajos de mantenimiento.	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
8	PROPULSIÓN: Trabajos de mantenimiento.	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
9	CADENAS Y ANCLA: Arriado e izado.	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	3
10	CADENAS Y ANCLA: Arenado y pintado.	0	3	0	0	0	0	1	0	1	2	0	0	0	7
11	CUBIERTA: Tratamiento superficial.	0	3	0	1	0	0	0	0	1	2	0	0	0	7
12	BODEGAS DE PESCADO: Tratamiento superficial.	2	7	1	2	3	0	3	2	3	5	0	2	0	30
13	CASETA PRINCIPAL: Tratamiento superficial.	1	3	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	7
14	PUENTE DE MANDO: Tratamiento superficial.	1	3	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	7
15	ARBOLADURA: Tratamiento superficial.	0	2	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	3
		15	45	6	14	4	6	8	14	10	15	2	5	3	Σ

Fuente: Elaboración propia.

⁽¹⁾ Las cantidades totales de desperdicios se obtuvieron por recolección de datos durante las actividades de mantenimiento realizadas en la carena N° 1.

Gráfico N° 4.3.

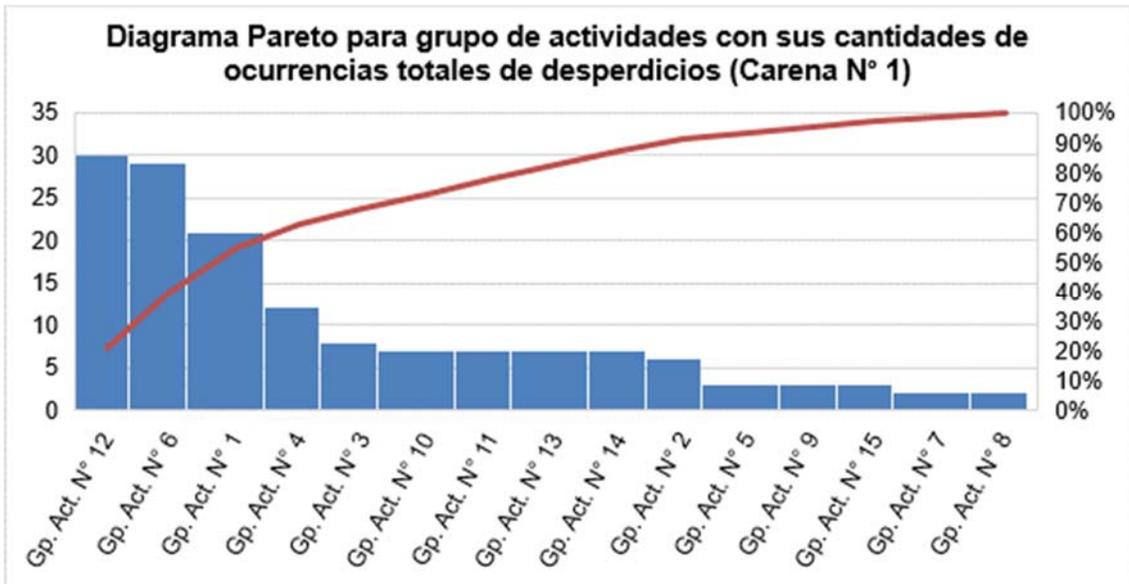
Diagrama Pareto para cantidades de tipos de desperdicios en carena N° 1.



Fuente: Elaboración propia.

Gráfico N° 4.4.

Diagrama Pareto para grupo de actividades y sus desperdicios en carena N° 1.



Fuente: Elaboración propia.

Tabla N° 4.28.

Cantidades de ocurrencias de los desperdicios en actividades de la carena N° 2. ⁽¹⁾

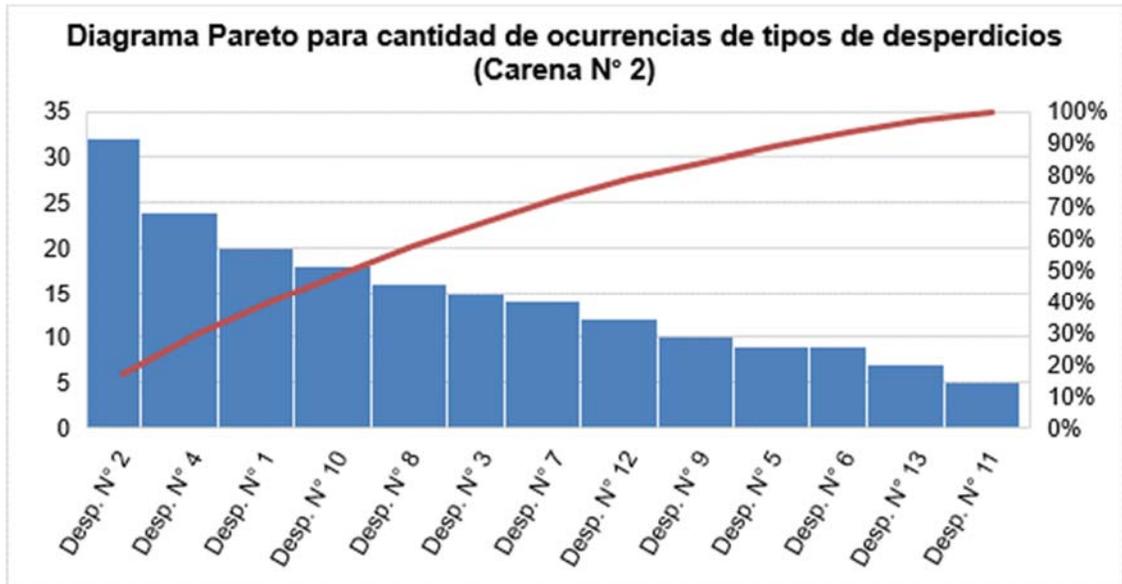
ÍTEM	GRUPO DE ACTIVIDADES POR ZONA Y ESPECIALIDAD	OCURRENCIA DE DESPERDICIOS POR CADA GRUPO DE ACTIVIDADES (POR N°)													
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	
1	CASCO: Tratamiento superficial.	0	5	0	3	0	1	0	2	1	3	0	3	0	18
2	CASCO: Cambio de ánodos de zinc.	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	2
3	CASCO: Recorrido de rejillas de mar.	3	2	3	2	0	0	0	1	1	1	0	0	1	14
4	TUBERÍAS: Recorrido de válvulas de mar.	2	4	3	1	0	0	0	2	0	0	0	2	1	15
5	TUBERÍAS: Recorrido de válvulas de descarga.	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
6	CASCO: Cambio de verdugetes y defensas.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	GOBIERNO: Trabajos de mantenimiento.	4	3	3	4	2	2	2	2	1	2	1	1	2	29
8	PROPULSIÓN: Trabajos de mantenimiento.	6	6	4	5	4	3	4	3	2	2	2	3	2	46
9	CADENAS Y ANCLA: Arriado e izado.	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	2
10	CADENAS Y ANCLA: Arenado y pintado.	0	1	0	0	0	0	2	0	1	3	0	0	0	7
11	CUBIERTA: Tratamiento superficial.	0	2	0	2	0	0	0	0	1	2	0	0	0	7
12	BODEGAS DE PESCADO: Tratamiento superficial.	3	5	2	4	3	0	3	3	3	4	2	3	1	36
13	CASETA PRINCIPAL: Tratamiento superficial.	1	1	0	2	0	0	1	1	0	0	0	0	0	6
14	PUENTE DE MANDO: Tratamiento superficial.	1	1	0	1	0	0	2	1	0	0	0	0	0	6
15	ARBOLADURA: Tratamiento superficial.	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	2
		20	32	15	24	9	9	14	16	10	18	5	12	7	Σ

Fuente: Elaboración propia.

⁽¹⁾ Las cantidades totales de desperdicios se obtuvieron por recolección de datos durante las actividades de mantenimiento realizadas en la carena N° 2.

Gráfico N° 4.5.

Diagrama Pareto para cantidades de tipos de desperdicios en carena N° 2.



Fuente: Elaboración propia.

Gráfico N° 4.6.

Diagrama Pareto para grupo de actividades y sus desperdicios en carena N° 2.



Fuente: Elaboración propia.

d) Fase Mejorar.

Luego de mostrar las causantes de la aparición de los defectos y desperdicios descritos en las Tablas N° 4.25. y 4.26., a continuación, se mencionan las soluciones correspondientes empleando las herramientas *lean* para el siguiente período de carena que viene a ser el último de los dos anteriores ya evaluados, denominándose el período de carena N° 3.

Tabla N° 4.29.

Empleo del Control Total de Calidad (TQM) para mitigar los defectos detectados.

ÍTEM	DEFECTO	IMPLICADOS	AMBIENTE	MÁQUINAS / HERRAMIENTAS	DOCUMENTA- CIÓN	MÉTODO
1	Falta de rasqueteo en zonas poco accesibles del casco del buque.	El ejecutor de trabajo debe tener pericia y ser evaluado.	Evitar el cruce y trancado de las actividades.	Afilar la punta de paleta de rasqueteo.	Repasar el plano de disposición general del buque.	Proactividad desde el ingreso del buque a la explanada del astillero.
2	Falta de adherencia entre capas de pintado de superficies del buque.	El pintor y el técnico de pintura deben tener pericia adecuada.	Alcanzar valores ideales de humedad relativa y punto de rocío.	Reparar el compresor de pintura antes de iniciada la carena.	Repasar el plan de pintado de las superficies del buque.	Mantener el tiempo programado de secado de superficie.
3	Inadecuado recorrido a válvulas de tomas de mar del casco del buque.	El tubero debe tener pericia y el armador debe entregar a tiempo las válvulas.	Ordenar de forma adecuada las válvulas a recorrer en el taller.	Reparar el compresor de agua antes de iniciada la carena.	Repasar el historial de recorrido de válvulas en anteriores carenas.	Conocer la presión adecuada para prueba (1.5 veces la presión de trabajo de válvula).
4	Mal acabado en cordones de soldadura.	Soldador homologado y Control de Calidad realizar las pruebas adecuadamente.	Proteger con biombos las zonas a soldar en el buque, para los pases de raíz.	Reparar máquina de soldar antes de iniciada la carena.	Revalidar los certificados de calificación de soldadura.	Controlar los parámetros para la generación del cordón de soldadura.
5	Desbalanceo y/o desalineamiento de ejes de propulsión.	Mecánico con pericia y Mejorar verificación de alineamiento y balanceo de ejes.	Posicionar de forma adecuada los ejes de propulsión y/o gobierno.	Reparar barandas averiadas y Calibrar reloj universal antes de la carena.	Repasar el historial de tomas de flexión de ejes en anteriores carenas.	Controlar los valores de caída de ejes de propulsión durante alineamientos.
6	Inadecuado adujado de cadenas de ancla.	Operario del buque debe controlar el adujado de cadenas en cabrestante proa.	Revisar que las cadenas no se traben con objetos extraños.	Revisar operatividad de la grúa telescópica antes de iniciada la carena.	Revisar el historial de posibles trabamientos de eslabones de cadenas.	Evaluar posible desgaste de eslabones de cadenas luego de calibración.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla N° 4.30.

Empleo de las 5 "S" para mitigar los desperdicios encontrados.

ÍTEM	DESPERDICIO	FASES DEL 5 "S"				
		Clasificar	Ordenar	Limpiar	Estandarizar	Disciplinar
1	Exceso del pedido de materiales.	* Clasificar mermas por actividades.	* Ordenar mermas para reciclaje o en trabajos puntuales.	* Realizar evacuación de residuos de materiales del patio.	* Realizar formato de control de mermas de materiales.	* Instruir a los obreros del astillero respecto al control.
2	Exceso del pedido de insumos.	* Clasificar mermas por actividades.	* Ordenar mermas para reciclaje o en trabajos puntuales.	* Realizar evacuación de residuos de insumos del patio.	* Realizar formato de control de mermas de insumos.	* Instruir a los obreros del astillero respecto al control.
3	Espera en obtención de materiales.				* Realizar programa de llegada de materiales.	
4	Espera en obtención de insumos.				* Realizar programa de llegada de insumos.	
5	Exceso de transporte de fabricaciones.	* Priorizar las fabricaciones de actividades críticas.		* Evacuar y liberar las rutas de transporte dentro de astillero.	* Colocar señaléticas de rutas de transporte dentro de astillero.	* Instruir a los despachadores para mejor distribución.
6	Exceso de transporte de materiales.	* Priorizar los materiales de actividades críticas.		* Evacuar y liberar las rutas de transporte dentro de astillero.	* Colocar señaléticas de rutas de transporte dentro de astillero.	* Instruir a los despachadores para mejor distribución.
7	Exceso de transporte de insumos.	* Priorizar los insumos de actividades críticas.		* Evacuar y liberar las rutas de transporte dentro de astillero.	* Colocar señaléticas de rutas de transporte dentro de astillero.	* Instruir a los despachadores para mejor distribución.
8	Verificación e inspección adicional.				* Realizar programas de inspección y verificación.	
9	Realizar reprocesos de actividad.	* Priorizar las actividades de mayor criticidad.	* Secuenciar la ejecución de las actividades.	* Dejar disponible las áreas de trabajo en el buque pesquero.	* Desarrollar formato de programación de actividades críticas.	* Realizar de manera afinada el programa de carena.
10	Aplicación innecesaria de insumos.	* Demarcar zonas de aplicación de pintura para calderería.	* Ordenar mermas para control de uso de insumos.		* Realizar formato de control de mermas de insumos.	* Instruir a los obreros del astillero respecto al control.

11	Solicitud en alta demasía en materiales.	* Indicar los límites de pedidos de materiales.	* Instruir a los obreros del astillero respecto al control.
12	Solicitud en alta demasía en insumos.	* Indicar los límites de pedidos de insumos.	* Instruir a los obreros del astillero respecto al control.
13	Falta de experiencia en ejecutar actividad.	* Realizar evaluación de capacidades por especialidad.	* Instruir al personal de obra para las actividades a realizar.

Fuente: Elaboración propia.

Con las soluciones expuestas para mitigar los defectos y desperdicios detectados en las actividades del mantenimiento de la infraestructura del buque pesquero puesto en astillero, mostradas en las Tablas N° 4.29. y 4.30. para la última carena realizada, se consiguieron los siguientes datos de cantidad de mano de obra (en horas-hombre) para las actividades realizadas en dicho período de carena en donde se implementó la metodología de mejora continua.

Tabla N° 4.31.

Determinación de las horas-hombre para la carena N° 3.

ITEM	ACTIVIDAD DESCRITA	CARENA 3
		HH-H
1	CASCO O.V.: Rasqueteo de incrustaciones.	44.00
2	CASCO O.V.: Hidrolavado antes de arenado.	70.00
3	CASCO O.M.: Hidrolavado antes de arenado.	76.00
4	CASCO O.V.: Arenado.	104.00
5	CASCO O.V.: Pintado (05 capas).	350.00
6	CASCO O.V.: Hidrolavado antes de pintado.	68.00
7	CASCO O.M.: Arenado.	140.00
8	CASCO O.M.: Pintado (03 capas).	282.00
9	CASCO O.M.: Hidrolavado antes de pintado.	76.00
10	CASCO: Cambio de ánodos de zinc.	395.00
11	CASCO: Recorrido de rejillas de mar.	55.00
12	SALA DE FRIO: Recorrido de válvulas de mar.	24.00
13	SALA DE FRIO: Recorrido de válvulas de descarga.	0.00
14	PAÑOL PROA: Recorrido de válvulas de descarga.	0.00

15	SALA MÁQ.: Recorrido de válvulas de mar.	40.00
16	SALA MÁQ.: Recorrido de válvulas de descarga.	0.00
17	CASCO: Cambio de verduguetes (por inspección).	0.00
18	CASCO: Cambio de defensas (por inspección).	0.00
19	GOBIERNO: Toma de luces de ejes y bocinas.	10.00
20	GOBIERNO: Recorrido a abrazadera tope.	12.00
21	GOBIERNO: Recorrido a pala de timón.	0.00
22	PROPULSIÓN: Toma de luces de ejes y bocinas.	30.00
23	PROPULSIÓN: Recorrido a funda guardacabos.	12.00
24	PROPULSIÓN: Mantenimiento de eje de cola.	0.00
25	PROPULSIÓN: Retiro y montaje de hélice.	0.00
26	PROPULSIÓN: Mantenimiento de hélice.	0.00
27	PROPULSIÓN: Pulido de superficie de hélice.	24.00
28	CADENAS Y ANCLA: Arriado e izado.	36.00
29	CADENAS Y ANCLA: Arenado.	22.00
30	CADENAS Y ANCLA: Pintado.	22.00
31	CUBIERTA: Hidrolavado previo al arenado.	56.00
32	CUBIERTA: Arenado.	60.00
33	CUBIERTA: Pintado.	175.00
34	CUBIERTA: Hidrolavado previo al pintado.	57.00
35	BODEGAS DE PESCADO: Hidrolavado previo al arenado.	256.00
36	BODEGAS DE PESCADO: Arenado.	488.00
37	BODEGAS DE PESCADO: Pintado.	966.00
38	BODEGAS DE PESCADO: Hidrolavado previo al pintado.	256.00
39	CASETA PRINCIPAL: Hidrolavado previo al arenado.	20.00
40	CASETA PRINCIPAL: Arenado.	22.00
41	CASETA PRINCIPAL: Pintado.	60.00
42	CASETA PRINCIPAL: Hidrolavado previo al pintado.	20.00
43	PUENTE DE MANDO: Hidrolavado previo al arenado.	10.00
44	PUENTE DE MANDO: Arenado.	10.00
45	PUENTE DE MANDO: Pintado.	30.00
46	PUENTE DE MANDO: Hidrolavado previo al pintado.	10.00
47	ARBOLADURA: Hidrolavado previo al arenado.	18.00
48	ARBOLADURA: Arenado.	21.00
49	ARBOLADURA: Pintado.	60.00
50	ARBOLADURA: Hidrolavado previo al pintado.	18.00

Fuente: Elaboración propia.

Asimismo, se han obtenido los costos de mano de obra y materiales para el mencionado período de carena en donde se implementó la metodología de mejora continua, y cuyos valores obtenidos serán comparados con las dos carenas anteriores con la finalidad de verificar los resultados conseguidos.

Tabla N° 4.32.

Determinación de los costos de mano de obra y materiales para la carena N° 3.

ITEM	ACTIVIDAD DESCRITA	CARENA 3 - Costos (en S/.)	
		Mano de Obra	Materiales e Insumos
1	CASCO O.V.: Rasqueteo de incrustaciones.	418.00	80.50
2	CASCO O.V.: Hidrolavado antes de arenado.	665.00	430.00
3	CASCO O.M.: Hidrolavado antes de arenado.	722.00	478.00
4	CASCO O.V.: Arenado.	988.00	665.00
5	CASCO O.V.: Pintado (05 capas).	3325.00	2228.50
6	CASCO O.V.: Hidrolavado antes de pintado.	646.00	430.50
7	CASCO O.M.: Arenado.	1330.00	945.00
8	CASCO O.M.: Pintado (03 capas).	2679.00	1750.00
9	CASCO O.M.: Hidrolavado antes de pintado.	722.00	450.00
10	CASCO: Cambio de ánodos de zinc.	877.78	505.50
11	CASCO: Recorrido de rejillas de mar.	632.50	290.00
12	SALA DE FRIO: Recorrido de válvulas de mar.	276.00	192.00
13	SALA DE FRIO: Recorrido de válvulas de descarga.	0.00	0.00
14	PAÑOL PROA: Recorrido de válvulas de descarga.	0.00	0.00
15	SALA MÁQ.: Recorrido de válvulas de mar.	460.00	320.00
16	SALA MÁQ.: Recorrido de válvulas de descarga.	0.00	0.00
17	CASCO: Cambio de verduguetes (por inspección).	0.00	0.00
18	CASCO: Cambio de defensas (por inspección).	0.00	0.00
19	GOBIERNO: Toma de luces de ejes y bocinas.	115.00	75.00
20	GOBIERNO: Recorrido a abrazadera tope.	138.00	91.00
21	GOBIERNO: Recorrido a pala de timón.	0.00	0.00
22	PROPULSIÓN: Toma de luces de ejes y bocinas.	345.00	244.00
23	PROPULSIÓN: Recorrido a funda guardacabos.	138.00	91.00
24	PROPULSIÓN: Mantenimiento de eje de cola.	0.00	0.00
25	PROPULSIÓN: Retiro y montaje de hélice.	0.00	0.00
26	PROPULSIÓN: Mantenimiento de hélice.	0.00	0.00
27	PROPULSIÓN: Pulido de superficie de hélice.	276.00	180.00
28	CADENAS Y ANCLA: Arriado e izado.	306.00	285.50

29	CADENAS Y ANCLA: Arenado.	209.00	150.00
30	CADENAS Y ANCLA: Pintado.	209.00	145.50
31	CUBIERTA: Hidrolavado previo al arenado.	532.00	355.00
32	CUBIERTA: Arenado.	570.00	355.00
33	CUBIERTA: Pintado.	1662.50	1005.00
34	CUBIERTA: Hidrolavado previo al pintado.	541.50	335.00
35	BODEGAS DE PESCADO: Hidrolavado previo al arenado.	2432.00	1580.00
36	BODEGAS DE PESCADO: Arenado.	4636.00	3100.50
37	BODEGAS DE PESCADO: Pintado.	9177.00	5835.50
38	BODEGAS DE PESCADO: Hidrolavado previo al pintado.	2432.00	1555.50
39	CASETA PRINCIPAL: Hidrolavado previo al arenado.	190.00	125.00
40	CASETA PRINCIPAL: Arenado.	209.00	140.00
41	CASETA PRINCIPAL: Pintado.	570.00	360.00
42	CASETA PRINCIPAL: Hidrolavado previo al pintado.	190.00	127.00
43	PUENTE DE MANDO: Hidrolavado previo al arenado.	95.00	64.00
44	PUENTE DE MANDO: Arenado.	95.00	75.00
45	PUENTE DE MANDO: Pintado.	285.00	180.00
46	PUENTE DE MANDO: Hidrolavado previo al pintado.	95.00	75.50
47	ARBOLADURA: Hidrolavado previo al arenado.	171.00	112.50
48	ARBOLADURA: Arenado.	199.50	140.00
49	ARBOLADURA: Pintado.	570.00	350.00
50	ARBOLADURA: Hidrolavado previo al pintado.	171.00	120.00

Fuente: Elaboración propia.

Asimismo, se determinó el nivel sigma que poseen las actividades del período de carena N° 3 en función de los valores de DPMO, cuyo procedimiento es similar a lo obtenido en las Tablas N° 4.15. y 4.17. para los dos penúltimos períodos de carena; además de mostrar la gráfica de variabilidad de valores de DPMO para las actividades del último período de carena en donde se implementó la metodología.

Tabla N° 4.33. Determinación las diferencias entre valor óptimo y valor obtenido de horas-hombre de carena N° 3.

ITEM	ACTIVIDAD DESCRITA	(A)	(B)	(C)	(D)
		HH-H final	HH-H (3)	(A) - (B)	DPMO
1	CASCO O.V.: Rasqueteo de incrustaciones.	44.80	44.00	0.80	178.57
2	CASCO O.V.: Hidrolavado antes de arenado.	70.00	70.00	0.00	0.00
3	CASCO O.M.: Hidrolavado antes de arenado.	75.00	76.00	1.00	133.33
4	CASCO O.V.: Arenado.	105.00	104.00	1.00	95.24
5	CASCO O.V.: Pintado (05 capas).	350.00	350.00	0.00	0.00
6	CASCO O.V.: Hidrolavado antes de pintado.	70.00	68.00	2.00	285.71
7	CASCO O.M.: Arenado.	140.63	140.00	0.63	44.44
8	CASCO O.M.: Pintado (03 capas).	281.25	282.00	0.75	26.67
9	CASCO O.M.: Hidrolavado antes de pintado.	75.00	76.00	1.00	133.33
10	CASCO: Cambio de ánodos de zinc.	396.00	395.00	1.00	25.25
11	CASCO: Recorrido de rejillas de mar.	54.45	55.00	0.55	101.01
12	SALA DE FRIO: Recorrido de válvulas de mar.	23.00	24.00	1.00	434.78
13	SALA DE FRIO: Recorrido de válvulas de descarga.	61.00	0.00	61.00	10000.00
14	PAÑOL PROA: Recorrido de válvulas de descarga.	13.50	0.00	13.50	10000.00
15	SALA MÁQ.: Recorrido de válvulas de mar.	41.00	40.00	1.00	243.90
16	SALA MÁQ.: Recorrido de válvulas de descarga.	79.00	0.00	79.00	10000.00
17	CASCO: Cambio de verduguetes (por inspección).	792.19	0.00	792.19	10000.00
18	CASCO: Cambio de defensas (por inspección).	250.00	0.00	250.00	10000.00
19	GOBIERNO: Toma de luces de ejes y bocinas.	9.00	10.00	1.00	1111.11
20	GOBIERNO: Recorrido a abrazadera tope.	11.00	12.00	1.00	909.09
21	GOBIERNO: Recorrido a pala de timón.	140.25	0.00	140.25	10000.00
22	PROPULSIÓN: Toma de luces de ejes y bocinas.	30.00	30.00	0.00	0.00
23	PROPULSIÓN: Recorrido a funda guardacabos.	11.00	12.00	1.00	909.09
24	PROPULSIÓN: Mantenimiento de eje de cola.	120.00	0.00	120.00	10000.00
25	PROPULSIÓN: Retiro y montaje de hélice.	48.00	0.00	48.00	10000.00
26	PROPULSIÓN: Mantenimiento de hélice.	60.00	0.00	60.00	10000.00
27	PROPULSIÓN: Pulido de superficie de hélice.	25.00	24.00	1.00	400.00
28	CADENAS Y ANCLA: Arriado e izado.	35.00	36.00	1.00	285.71
29	CADENAS Y ANCLA: Arenado.	20.00	22.00	2.00	1000.00
30	CADENAS Y ANCLA: Pintado.	20.00	22.00	2.00	1000.00

31	CUBIERTA: Hidrolavado previo al arenado.	58.00	56.00	2.00	344.83
32	CUBIERTA: Arenado.	58.00	60.00	2.00	344.83
33	CUBIERTA: Pintado.	174.00	175.00	1.00	57.47
34	CUBIERTA: Hidrolavado previo al pintado.	58.00	57.00	1.00	172.41
35	BODEGAS DE PESCADO: Hidrolavado previo al arenado.	258.00	256.00	2.00	77.52
36	BODEGAS DE PESCADO: Arenado.	483.75	488.00	4.25	87.86
37	BODEGAS DE PESCADO: Pintado.	967.50	966.00	1.50	15.50
38	BODEGAS DE PESCADO: Hidrolavado previo al pintado.	258.00	256.00	2.00	77.52
39	CASETA PRINCIPAL: Hidrolavado previo al arenado.	20.10	20.00	0.10	49.75
40	CASETA PRINCIPAL: Arenado.	20.10	22.00	1.90	945.27
41	CASETA PRINCIPAL: Pintado.	60.30	60.00	0.30	49.75
42	CASETA PRINCIPAL: Hidrolavado previo al pintado.	20.10	20.00	0.10	49.75
43	PUENTE DE MANDO: Hidrolavado previo al arenado.	9.90	10.00	0.10	101.01
44	PUENTE DE MANDO: Arenado.	9.90	10.00	0.10	101.01
45	PUENTE DE MANDO: Pintado.	29.70	30.00	0.30	101.01
46	PUENTE DE MANDO: Hidrolavado previo al pintado.	9.90	10.00	0.10	101.01
47	ARBOLADURA: Hidrolavado previo al arenado.	17.00	18.00	1.00	588.24
48	ARBOLADURA: Arenado.	20.40	21.00	0.60	294.12
49	ARBOLADURA: Pintado.	61.20	60.00	1.20	196.08
50	ARBOLADURA: Hidrolavado previo al pintado.	17.00	18.00	1.00	588.24

Fuente: Elaboración propia.

Cabe resaltar que en la carena N° 3 no se han considerado las actividades que no han sido realizadas tanto en las carenas N° 1 y N° 2, cuyos ítems de actividades son: N° 13, 14, 16, 17, 18, 21, 24, 25 y 26. Al aclarar esta parte, se muestran los niveles sigma alcanzados para la carena N° 3.

Tabla N° 4.34.

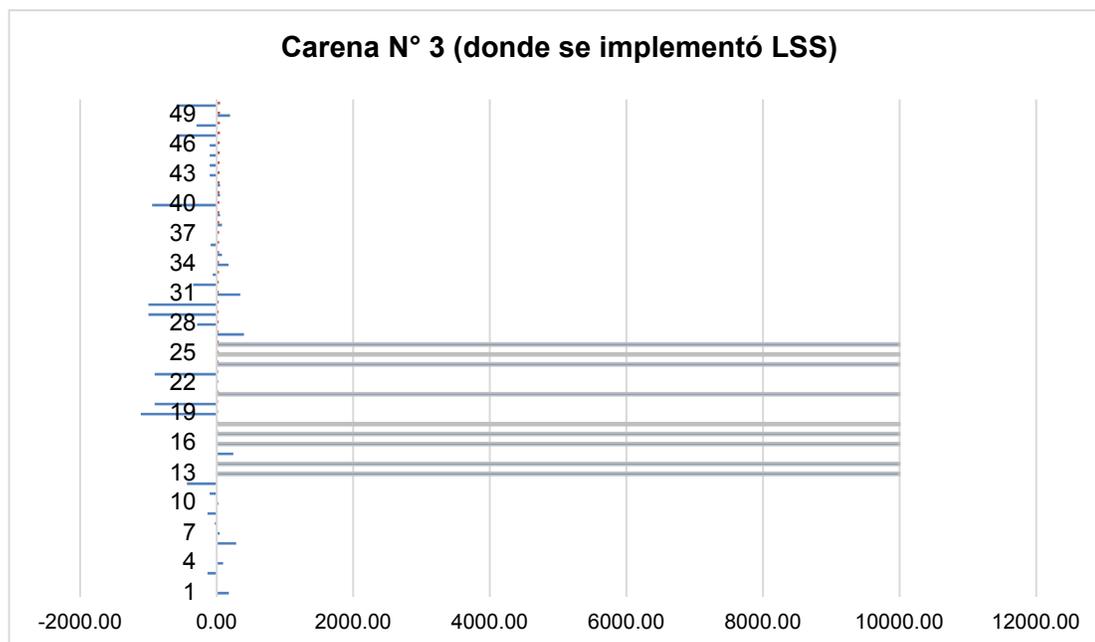
Determinación de los niveles sigma en función del DPMO en carena N° 3.

Carena N° 3	DPMO	Nivel σ
MIN	0.00	> 6
MAX	1111.11	4 a 5
PROMEDIO	284.40	≈ 5

Fuente: Elaboración propia.

Gráfico N° 4.7.

Valores de variabilidad (en DPMO) por actividad de carena N° 3.



Fuente: Elaboración propia.

e) Fase Controlar.

En el Gráfico N° 4.7. se aprecian los valores de variabilidad de DPMO con su correspondiente signo para cada actividad por ítem, apreciándose que se han reducido las variabilidades negativas (que representaban un exceso de las horas-hombre trabajadas), en comparación con las dos penúltimas carenas. Por tanto, los resultados de variabilidades de la última carena son el referente para el siguiente período de carena, que vendría a ser dentro de unos dos (02) años, siempre y cuando el buque pesquero aún mantenga su condición operacional vigente. Además, para el período de carena N° 3 se obtuvo los grupos de actividades con mayor criticidad en función del valor máximo absoluto del DPMO de cada actividad, similar a lo desarrollado y mostrado para las dos penúltimas carenas en las Tabla N° 4.21. y 4.22.

Tabla N° 4.35.

Valores absolutos de DPMO para la carena N° 3.

Ctd. Ítems		Elim: 13,14,17,18		
N₃ = 41		Elim: 16,21,24,25,26		
ITEM	HH-H final	HH-H (3)	 (A) - (B) 	 DPMO
19	9.00	10.00	1.00	1111.11
29	20.00	22.00	2.00	1000.00
30	20.00	22.00	2.00	1000.00
40	20.10	22.00	1.90	945.27
20	11.00	12.00	1.00	909.09
23	11.00	12.00	1.00	909.09
47	17.00	18.00	1.00	588.24
50	17.00	18.00	1.00	588.24
12	23.00	24.00	1.00	434.78
27	25.00	24.00	1.00	400.00
31	58.00	56.00	2.00	344.83
32	58.00	60.00	2.00	344.83
48	20.40	21.00	0.60	294.12

6	70.00	68.00	2.00	285.71
28	35.00	36.00	1.00	285.71
15	41.00	40.00	1.00	243.90
49	61.20	60.00	1.20	196.08
1	44.80	44.00	0.80	178.57
34	58.00	57.00	1.00	172.41
3	75.00	76.00	1.00	133.33
9	75.00	76.00	1.00	133.33
43	9.90	10.00	0.10	101.01
44	9.90	10.00	0.10	101.01
46	9.90	10.00	0.10	101.01
45	29.70	30.00	0.30	101.01
11	54.45	55.00	0.55	101.01
4	105.00	104.00	1.00	95.24
36	483.75	488.00	4.25	87.86
35	258.00	256.00	2.00	77.52
38	258.00	256.00	2.00	77.52
33	174.00	175.00	1.00	57.47
41	60.30	60.00	0.30	49.75
39	20.10	20.00	0.10	49.75
42	20.10	20.00	0.10	49.75
7	140.63	140.00	0.63	44.44
8	281.25	282.00	0.75	26.67
10	396.00	395.00	1.00	25.25
37	967.50	966.00	1.50	15.50
2	70.00	70.00	0.00	0.00
5	350.00	350.00	0.00	0.00
22	30.00	30.00	0.00	0.00

Valores de DPMO dentro de niveles sigma entre 5 a 6.

Fuente: Elaboración propia.

En base a la Tabla N° 4.35., las actividades consideradas como ejecutadas han sido 41 de las 50 actividades típicas de las carenas del buque pesquero puesto en astillero, y de las 41 actividades consideradas en esta carena, se observa que hay 16 actividades que cuentan con valores de DPMO menores al nivel sigma 5, mientras que el resto de las actividades se encuentran en nivel sigma entre 5 a 6.

Tabla N° 4.36.

Grupo de actividades e ítems con mayor DPMO para la carena N° 3.

ÍTEM	GRUPO DE ACTIVIDADES POR ZONA Y ESPECIALIDAD	N° ÍTEM PRÓXIMO	ACTIVIDAD DESCRITA
1	GOBIERNO: Trabajos de mantenimiento.	19	GOBIERNO: Toma de luces de ejes y bocinas.
2	CADENAS Y ANCLA: Arenado y pintado.	29	CADENAS Y ANCLA: Arenado.
3	CASETA PRINCIPAL: Tratamiento superficial.	40	CASETA PRINCIPAL: Arenado.
4	PROPULSIÓN: Trabajos de mantenimiento.	23	PROPULSIÓN: Recorrido a funda guardacabos.
5	ARBOLADURA: Tratamiento superficial.	47	ARBOLADURA: Hidrolavado previo al arenado.
6	TUBERÍAS: Recorrido de válvulas de mar.	12	SALA DE FRIO: Recorrido de válvulas de mar.
7	CUBIERTA: Tratamiento superficial.	31	CUBIERTA: Hidrolavado previo al arenado.
8	CASCO: Tratamiento superficial.	6	CASCO O.V.: Hidrolavado antes de pintado.
9	CADENAS Y ANCLA: Arriado e izado.	28	CADENAS Y ANCLA: Arriado e izado.

Fuente: Elaboración propia.

De esta manera, se redujeron los grupos de actividades con mayor criticidad a una cantidad de nueve (09) grupos, comparado con las dos penúltimas carenas, cuyas cantidades fueron de trece (13) y doce (12) respectivamente. Además, en la Tabla N° 4.34. se menciona el nivel sigma recomendado para los valores de horas-hombre obtenidos, cuyo valor es de **5 sigma**, lo cual es aceptable para el proceso de mantenimiento de infraestructura del buque pesquero puesto en astillero.

Cabe resaltar que la limitación de los siguientes períodos de carena radica en la vida útil que tenga la infraestructura del buque pesquero, cuya evaluación debe

ser dada a fin de saber si la consistencia estructural del casco, cubierta, superestructura y compartimientos internos sigan manteniendo sus propiedades mecánicas y químicas de resistencia estructural y a la corrosión marina para el propósito de desempeño operacional del buque pesquero. A continuación, se muestra la condición final promedio de la infraestructura del buque pesquero evaluado, a través de valores de porcentajes, luego de realizadas las actividades de mantenimiento en la carena N° 3.

Tabla N° 4.37.

Condición final del buque luego de los trabajos de mantenimiento.

ITEM	ZONA	SECTOR	CONJUNTO	G.A.C.	F.I.C.	GAC*FIC	G.A.S.	F.I.S.	GAS*FIS
1			Planchaje de casco (Obra viva)	100.00%	50.00%	50.00%	100.00%	10.00%	10.00%
2			Planchaje de casco (Obra muerta)	100.00%	30.00%	30.00%			
3			Marcas de calados	100.00%	1.50%	1.50%			
4			Nombre y matrícula de la embarcación	100.00%	2.00%	2.00%			
5			Bulbo de proa	0.00%	0.00%	0.00%			
6		Casco proa	Compartimiento de hélices de proa	0.00%	0.00%	0.00%			
7			Rejillas de tomas de mar	100.00%	5.00%	5.00%			
8			Ductos de domo sonar y ecosonda	100.00%	1.50%	1.50%			
9			Bulbo de enfriamiento	100.00%	5.00%	5.00%			
10			Compartimiento de lastre de quilla	100.00%	5.00%	5.00%			
11	PROA (25%)	Cubierta proa	Planchaje de cubierta	100.00%	50.00%	50.00%	97.50%	1.50%	1.46%
12			Amurada de cubierta	100.00%	25.00%	25.00%			
13			Equipamiento de cubierta	90.00%	15.00%	13.50%			
14			Sistemas de tuberías	90.00%	10.00%	9.00%			
15		Pañol de cadenas	Estructuras	90.00%	25.00%	22.50%	96.00%	1.00%	0.96%
16			Cajón de cadenas	90.00%	10.00%	9.00%			
17			Cadenas y ancla	100.00%	60.00%	60.00%			
18			Sistemas de tuberías	90.00%	5.00%	4.50%			
19		Pique de proa	Estructuras	90.00%	90.00%	81.00%	91.00%	0.50%	0.46%
20			Sistemas de tuberías	100.00%	10.00%	10.00%			
21		Sala de frío	Estructuras	90.00%	45.00%	40.50%	90.00%	5.00%	4.50%
22			Puerta de acceso a sala de frío	90.00%	2.50%	2.25%			
23			Puerta de acceso a cofferdam	90.00%	2.50%	2.25%			
24			Equipamiento	90.00%	30.00%	27.00%			
25			Sistemas de tuberías	90.00%	20.00%	18.00%			

26		Puerta de acceso a caseta ppal	100.00%	2.50%	2.50%	90.25%	4.00%	3.61%	
27	Caseta principal	Comedor	90.00%	20.00%	18.00%				
28		Cocina	90.00%	22.50%	20.25%				
29		Camarote	90.00%	55.00%	49.50%				
30		Puente de mando	Cabina de mando	100.00%	70.00%	70.00%	100.00%	3.00%	3.00%
31	Camarote		100.00%	30.00%	30.00%				
32	CENTRO (40%)	Planchaje de casco (Obra viva)	100.00%	50.00%	50.00%	99.55%	15.00%	14.93%	
33		Planchaje de casco (Obra muerta)	100.00%	30.00%	30.00%				
34		Casco centro	Verduquete (laterales)	95.00%	5.00%	4.75%			
35			Disco de Plimsoll	100.00%	1.00%	1.00%			
36			Defensas laterales	95.00%	4.00%	3.80%			
37			Bulbo de enfriamiento	100.00%	5.00%	5.00%			
38			Compart. de lastre de quilla	100.00%	5.00%	5.00%			
39		Cubierta centro	Planchaje de cubierta	100.00%	55.00%	55.00%	98.00%	2.50%	2.45%
40			Amurada de cubierta	100.00%	20.00%	20.00%			
41			Equipamiento de cubierta	90.00%	10.00%	9.00%			
42			Sistemas de tuberías	100.00%	5.00%	5.00%			
43			Pasarela central	90.00%	10.00%	9.00%			
44	Bodegas o cubas de pescado	Estructura	98.00%	75.00%	73.50%	98.00%	15.00%	14.70%	
45		Colectores y escurrideras	98.00%	10.00%	9.80%				
46		Sistema de tuberías	98.00%	15.00%	14.70%				
47	Arboladura	Mástil principal	100.00%	50.00%	50.00%	100.00%	7.50%	7.50%	
48		Pluma principal	100.00%	15.00%	15.00%				
49		Pluma auxiliar	100.00%	10.00%	10.00%				
50		Mástil de popa	100.00%	20.00%	20.00%				
51		Pluma tangón	100.00%	5.00%	5.00%				
52	POPA (35%)	Planchaje casco (Obra viva)	100.00%	45.00%	45.00%	98.55%	10.00%	9.86%	
53		Planchaje casco (Obra muerta)	100.00%	15.00%	15.00%				
54		Casco popa	Verduquete (laterales)	95.00%	5.00%	4.75%			
55			Marcas de calado	100.00%	1.00%	1.00%			
56			Defensas laterales	95.00%	4.00%	3.80%			
57			Rejillas de tomas de mar	100.00%	5.00%	5.00%			
58			Bulbo de enfriamiento	100.00%	1.00%	1.00%			
59			Compart. de lastre de quilla	100.00%	4.00%	4.00%			
60			Sistema de propulsión	95.00%	10.00%	9.50%			
61			Sistema de gobierno	95.00%	10.00%	9.50%			
62		Cubierta popa	Planchaje de cubierta	100.00%	50.00%	50.00%	96.50%	5.00%	4.83%
63			Amurada de cubierta	100.00%	15.00%	15.00%			
64	Rampa de popa		90.00%	25.00%	22.50%				
65	Acceso a sala de máquinas desde cubierta		90.00%	3.00%	2.70%				
66	Equipos de cubierta		90.00%	2.00%	1.80%				
67	Sistemas de tuberías	90.00%	5.00%	4.50%					
68	Poza de red	Estructuras	95.00%	60.00%	57.00%	95.00%	5.00%	4.75%	
69		Aleta de tiburón	95.00%	25.00%	23.75%				
70		Porta-anillas	95.00%	15.00%	14.25%				

71		Estructuras	90.00%	75.00%	67.50%	90.00%	2.50%	2.25%
72		Sistema de escape	90.00%	15.00%	13.50%			
73	Cubichete de guardacalor	Ventanas con persianas	90.00%	2.00%	1.80%			
74		Puerta de acceso a guardacalor (a proa)	90.00%	2.50%	2.25%			
75		Acceso a s/máquinas popa	90.00%	3.00%	2.70%			
76		Puerta de acceso a guardacalor (a popa)	90.00%	2.50%	2.25%			
77		Estructuras	90.00%	40.00%	36.00%	90.00%	10.00%	9.00%
78		Puerta de acceso a sala de máquinas	90.00%	2.50%	2.25%			
79	Sala de máquinas	Puerta de acceso a lazareto	90.00%	2.50%	2.25%			
80		Equipamiento	90.00%	15.00%	13.50%			
81		Sistema de propulsión	90.00%	15.00%	13.50%			
82		Sistemas de tuberías	90.00%	25.00%	22.50%			
83		Estructuras	90.00%	50.00%	45.00%	90.00%	2.50%	2.25%
84	Lazareto	Tanques de combustible	90.00%	40.00%	36.00%			
85		Sistema de gobierno	90.00%	10.00%	9.00%			
							G.A.B.	96.50%

Fuente: Elaboración propia.

Tabla N° 4.38.

Cuadro resumen de la determinación de la condición promedio. ⁽¹⁾

ITEM	SECTOR	G.A.S.	F.I.S.	GAS*FIS	ZONA
1	Casco	99.39%	35.00%	34.79%	Proa, Centro, Popa.
2	Cubierta	97.08%	9.00%	8.74%	Proa, Centro, Popa.
3	Pañol de cadenas	96.00%	1.00%	0.96%	Proa.
4	Pique de proa	91.00%	0.50%	0.46%	Proa.
5	Sala de frío	90.00%	5.00%	4.50%	Proa.
6	Caseta principal	90.25%	4.00%	3.61%	Proa.
7	Puente de mando	100.00%	3.00%	3.00%	Proa.
8	Bodegas o cubas de pescado	98.00%	15.00%	14.70%	Centro.
9	Arboladura	100.00%	7.50%	7.50%	Centro.
10	Poza de red	95.00%	5.00%	4.75%	Popa.
11	Cubichete de guardacalor	90.00%	2.50%	2.25%	Popa.
12	Sala de máquinas	90.00%	10.00%	9.00%	Popa.
13	Lazareto	90.00%	2.50%	2.25%	Popa.
				G.A.B.	96.50%

Fuente: Elaboración propia.

⁽¹⁾ Los cálculos porcentuales mostrados provienen de la Tabla N° 4.37.

V. RESULTADOS

5.1 Determinación de niveles sigma para los períodos de carena evaluados.

De las Tablas N° 4.16., 4.18., y 4.34. se extraen los niveles sigma obtenidos para los períodos de carena evaluados, mostrados en la Tabla N° 5.1., siendo que para la carena N° 3 se tiene un nivel sigma promedio muy cercano al valor de 5, a comparación de las dos penúltimas carenas, en donde cada una se encontraba entre niveles mayores a 4 y menores a 5, consiguiendo la mejora en el proceso de mantenimiento del buque pesquero a través de la metodología implementada.

Tabla N° 5.1. Niveles sigma obtenidos en las carenas N° 1, 2 y 3.

DPMO	Carena	Carena N° 1		Carena N° 2		Carena N° 3	
	Valor	Nivel σ	Valor	Nivel σ	Valor	Nivel σ	
DPMO máximo	5151.52	4 a 5	6161.62	4 a 5	1111.11	4 a 5	
DPMO promedio	1647.21	4 a 5	1754.15	4 a 5	284.40	≈ 5	

Fuente: Elaboración propia.

5.2 Determinación de niveles de criticidad de los grupos de actividades.

De las Tablas N° 4.21., 4.22., y 4.36. se extraen los niveles de criticidad de los grupos de actividades de los períodos de carena evaluados mediante la metodología empleada, mostrados en forma resumida en la Tabla N° 5.2., donde se ha considerado el valor promedio de los niveles de criticidad de las tres carenas evaluadas para cada grupo de actividades. Tener en cuenta que el nivel de criticidad es de alto grado cuanto menor es el valor de dicho nivel, siendo el valor de 1 como el más alto grado. Cabe resaltar que el promedio del nivel de criticidad se ha considerado para los grupos de actividades que se realizaron en todas las tres carenas evaluadas, siendo que los grupos de actividades que hayan sido realizados en dos, una o ninguna carena, no se han considerado en efecto.

Tabla N° 5.2.*Niveles de criticidad de grupo de actividades para carenas N° 1, 2 y 3.*

ÍTEM	GRUPO DE ACTIVIDADES POR ZONA Y ESPECIALIDAD	NIVELES DE CRITICIDAD (LSS)			
		Carena N° 1	Carena N° 2	Carena N° 3	Promedio
1	CASCO: Tratamiento superficial.	11	6	8	8.33
2	CASCO: Cambio de ánodos de zinc.	--	--	--	--
3	CASCO: Recorrido de rejillas de mar.	10	11	--	--
4	TUBERÍAS: Recorrido de válvulas de mar.	8	8	6	7.33
5	TUBERÍAS: Recorrido de válvulas de descarga.	9	--	--	--
6	CASCO: Cambio de verduguetes y defensas.	--	--	--	--
7	GOBIERNO: Trabajos de mantenimiento.	2	2	1	1.67
8	PROPULSIÓN: Trabajos de mantenimiento.	3	3	4	3.33
9	CADENAS Y ANCLA: Arriado e izado.	13	10	9	10.67
10	CADENAS Y ANCLA: Arenado y pintado.	6	4	2	4.00
11	CUBIERTA: Tratamiento superficial.	12	12	7	10.33
12	BODEGAS DE PESCADO: Tratamiento superficial.	7	9	--	--
13	CASETA PRINCIPAL: Tratamiento superficial.	5	5	3	4.33
14	PUENTE DE MANDO: Tratamiento superficial.	1	1	--	--
15	ARBOLADURA: Tratamiento superficial.	4	7	5	5.33

Fuente: Elaboración propia.

Luego, en la Tabla N° 5.3. se muestra el nivel de criticidad para los grupos de actividades que se han ejecutado en todas las tres carenas evaluadas.

Tabla N° 5.3.*Grupo de actividades ordenados por mayor criticidad para las carenas N° 1, 2 y 3.*

ÍTEM	GRUPO DE ACTIVIDADES POR ZONA Y ESPECIALIDAD	NIVEL DE CRITICIDAD
7	GOBIERNO: Trabajos de mantenimiento.	1.67
8	PROPULSIÓN: Trabajos de mantenimiento.	3.33
10	CADENAS Y ANCLA: Arenado y pintado.	4.00
13	CASETA PRINCIPAL: Tratamiento superficial.	4.33
15	ARBOLADURA: Tratamiento superficial.	5.33
4	TUBERÍAS: Recorrido de válvulas de mar.	7.33
1	CASCO: Tratamiento superficial.	8.33
11	CUBIERTA: Tratamiento superficial.	10.33
9	CADENAS Y ANCLA: Arriado e izado.	10.67

Fuente: Elaboración propia.

5.3 Comparación de costos de los períodos de carena evaluados.

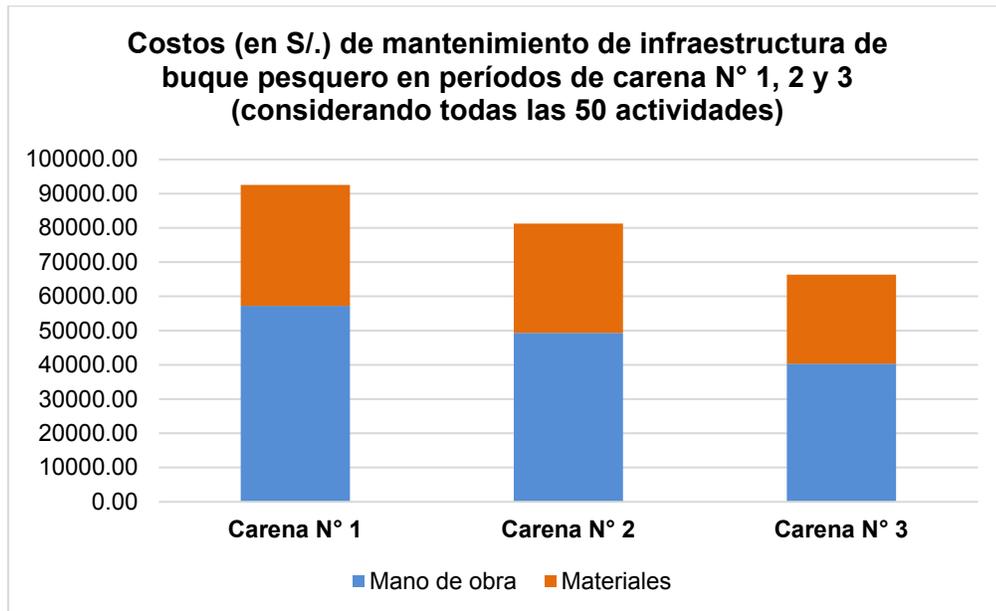
De las Tablas N° 4.11. y 4.32. se extraen los costos obtenidos para mano de obra y materiales de cada actividad del mantenimiento de la infraestructura del buque pesquero puesto en astillero, colocando las sumas correspondientes en las Tablas N° 5.4. y 5.5. para todas las 50 actividades consideradas y para todas menos las 9 actividades sin ejecución en las dos penúltimas carenas, respectivamente.

Tabla N° 5.4. Comparación de costos de todas las actividades de carenas evaluadas.

Carena	Carena N° 1		Carena N° 2		Carena N° 3	
	Valor (S/.)	(%)	Valor (S/.)	(%)	Valor (S/.)	(%)
Mano de obra	57226.92	61.83%	49322.44	60.70%	40300.78	60.77%
Materiales	35335.70	38.17%	31935.30	39.30%	26017.50	39.23%
Total	92562.62	100.00%	81257.74	100.00%	66318.28	100.00%
Reducción	0.00	0.00%	11304.87	12.21%	26244.34	28.35%

Fuente: Elaboración propia.

Gráfico N° 5.1. Costos (en S/.) de mantenimiento de infraestructura de buque pesquero en períodos de carena N° 1, 2 y 3 (considerando todas las 50 actividades).



Fuente: Elaboración propia.

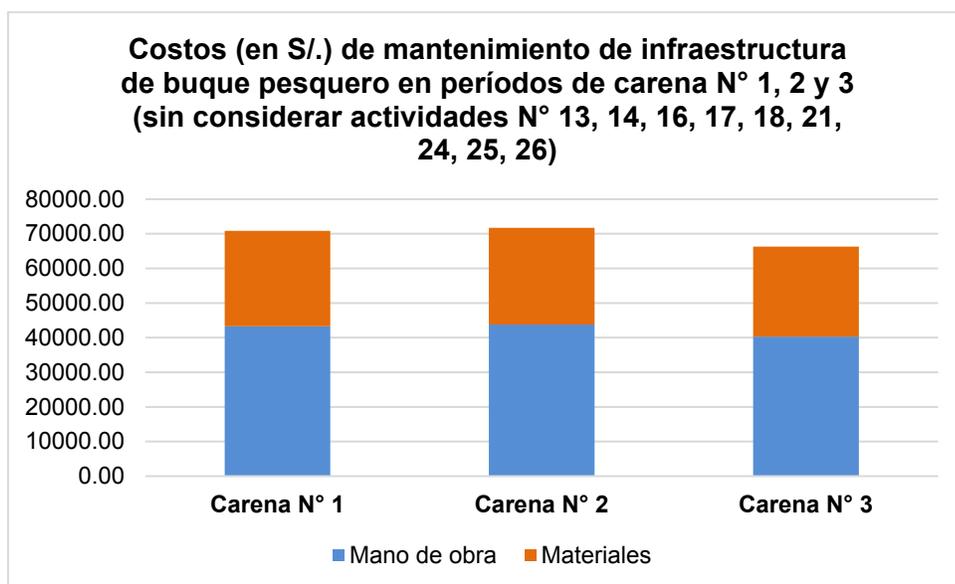
Tabla N° 5.5. Comparación de costos de todas las actividades para carenas

N° 1, 2 y 3 (menos las actividades de ítems N° 13, 14, 16, 17, 18, 21, 24, 25, 26).

Carena	Carena N° 1		Carena N° 2		Carena N° 3	
	Valor	(%)	Valor	(%)	Valor	(%)
Mano de obra	43275.67	61.07%	43802.44	61.08%	40300.78	60.77%
Materiales	27585.20	38.93%	27908.30	38.92%	26017.50	39.23%
Total	70860.87	100.00%	71710.74	100.00%	66318.28	100.00%
Reducción	849.88	1.19%	0.00	0.00%	5392.47	7.52%

Fuente: Elaboración propia.

Gráfico N° 5.2. Costos (en S/.) de mantenimiento de infraestructura de buque pesquero en períodos de carena N° 1, 2 y 3 (sin considerar actividades N° 13, 14, 16, 17, 18, 21, 24, 25, 26).



Fuente: Elaboración propia.

Para la carena N° 3 se tiene una notoria reducción de costos de mano de obra y materiales, en comparación con las dos penúltimas carenas; además se muestra los porcentajes de cada tipo de costo con el costo total por cada carena evaluada, existiendo una relación promedio de costos de mano de obra en un +/- 60% y el costo de materiales e insumos en un +/- 40% aproximadamente.

5.4 Nivel de conformidad del armador del buque pesquero intervenido.

Tabla N° 5.6. Comparación de condición de alistamiento inicial y final de la infraestructura del buque pesquero en el período de carena N° 3.

ITEM	ZONA	SECTOR	PERÍODO DE CARENA N° 3 (ANTES DE MANTENIMIENTO)			PERÍODO DE CARENA N° 3 (DESPUÉS DE MANTENIMIENTO)		
			G.A.S.	F.I.S.	GAS*FIS	G.A.S.	F.I.S.	GAS*FIS
1	Proa, Centro, Popa.	Casco	72.41%	35.00%	25.34%	99.39%	35.00%	34.79%
2	Proa, Centro, Popa.	Cubierta	72.58%	9.00%	6.53%	97.08%	9.00%	8.74%
3	Proa.	Pañol de cadenas	72.75%	1.00%	0.73%	96.00%	1.00%	0.96%
4	Proa.	Pique de proa	77.50%	0.50%	0.39%	91.00%	0.50%	0.46%
5	Proa.	Sala de frío	83.75%	5.00%	4.19%	90.00%	5.00%	4.50%
6	Proa.	Caseta principal	89.88%	4.00%	3.60%	90.25%	4.00%	3.61%
7	Proa.	Puente de mando	90.00%	3.00%	2.70%	100.00%	3.00%	3.00%
8	Centro.	Bodegas o cubas de pescado	70.75%	15.00%	10.61%	98.00%	15.00%	14.70%
9	Centro.	Arboladura	73.75%	7.50%	5.53%	100.00%	7.50%	7.50%
10	Popa.	Poza de red	70.75%	5.00%	3.54%	95.00%	5.00%	4.75%
11	Popa.	Cubichete de guardacalor	80.00%	2.50%	2.00%	90.00%	2.50%	2.25%
12	Popa.	Sala de máquinas	78.50%	10.00%	7.85%	90.00%	10.00%	9.00%
13	Popa.	Lazareto	78.00%	2.50%	1.95%	90.00%	2.50%	2.25%
			G.A.B. 74.95%			G.A.B. 96.50%		

Fuente: Elaboración propia.

Se observa que el valor de **G.A.B. (Grado de Alistamiento del Buque)** luego de realizado el mantenimiento en el período de carena N° 3, resultó ser de **96.50%**, siendo éste un valor muy aceptable para el nivel de conformidad del armador del buque pesquero evaluado.

VI. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

6.1 Contratación y demostración de la hipótesis con los resultados.

Los resultados obtenidos en la implementación de la metodología *Lean Six Sigma* al mantenimiento de la infraestructura del buque pesquero puesto en astillero peruano, nos demuestra que:

- a) Se alcanzó un nivel sigma promedio de 5 para los resultados obtenidos en la carena N° 3 en donde se implementó dicha metodología, consiguiendo una mejora continua de carácter aceptable y que debe mantenerse para minimizar las variabilidades de las horas-hombre evaluadas.
- b) Por medio del nivel de criticidad en función de los valores de DPMO de variabilidad de las horas-hombre de las actividades ejecutadas, se han determinado los grupos de actividades con alto grado de nivel de criticidad, las cuales deben tomarse en cuenta para su debido control en un siguiente período de carena.
- c) Al mencionar las soluciones para mitigar los defectos y desperdicios encontrados en las actividades ejecutadas en la carena N° 3, se obtuvo una reducción del costo de mantenimiento de 7.52% respecto al costo de mantenimiento de la carena N° 2 (el cual obtuvo mayor costo de las carenas evaluadas), en el caso de considerar la ejecución de 41 de las 50 actividades típicas y programadas en cada período de carena.
- d) Al finalizar el período de carena N° 3, la condición final del buque pesquero intervenido ha sido de 96.50%, siendo un valor acorde con un nivel muy aceptable de conformidad del armador del buque pesquero.

6.2 Contratación de los resultados con otros estudios similares.

- a) En base al estudio presentado por **Rivera Yanasupo, W.** en la tesis **Modelo de Gestión de Mantenimiento bajo el Enfoque PDCA y su Influencia en la Eficiencia General de Máquinas en los Buques de la Armada Peruana**, se resalta la importancia del empleo de la metodología enfocada en el ciclo PDCA (*Plan / Do / Check / Act*) para mejorar la eficiencia general de las máquinas de los buques de la Armada Peruana, de similar modo como se aplicó la metodología *Lean Six Sigma* en el proceso de mantenimiento de un buque pesquero puesto en astillero, consiguiendo los resultados correspondientes a la mejora en tiempo, costo y calidad.
- b) En el estudio presentado por **Cordero Palacios, O. y Che Vallejos, S.** en la tesis **Gestión de Mantenimiento para reducir el costo de operación de un Remolcador Marítimo en el Puerto de Bayóvar Piura**, se tiene que, el modelo de gestión de mantenimiento aplicado a embarcaciones del tipo remolcadores ha conseguido la reducción de costos de operación en un 1.4% y ha asegurado la calidad de servicio, y en la aplicación de la metodología de mejora continua (*Lean Six Sigma*) al mantenimiento de la infraestructura del buque pesquero puesto en astillero se ha logrado una reducción de costos de un 7.52% tal como se muestra en la Tabla N° 5.5. y en el Grafico N° 5.2.
- c) Basado en el estudio presentado por **Cossa Reyna, S., et al.** en la tesis **Propuesta para Reducir las Horas Extras del Área de Producción de un Astillero Aplicando Incentivos y Otras Alternativas a través de Herramientas de Mejora Continua**, nos indica la importancia del empleo de las herramientas de mejora continua para afrontar la problemática de la aparición de los desperdicios como los reprocesos en actividades y demoras en entrega de materiales e insumos que ocasionan el exceso de

los sobretiempos de la mano de obra disponible en el astillero, y que en la mayoría de casos, los costos que representan no son reconocidos por el cliente (armador) y no añaden valor al proyecto de mantenimiento.

- d) Respecto al estudio presentado por **Pérez Ortiz, H.** en la tesis **El impacto de Lean Six Sigma en organizaciones latinoamericanas y sus factores críticos de éxito**, se menciona el sentido innovador que implica usar la metodología *Lean Six Sigma* como modelo de calidad y para conseguir la reducción de costos operativos, tiempos de entrega y fallas en procesos, productos y servicios, por lo que se ha aplicado dicha metodología de mejora continua a las actividades de mantenimiento del buque pesquero puesto en astillero, obteniendo los resultados ya conocidos.

- e) Según el estudio presentado por **Fernández Rodríguez, A.** en su tesis **Investigación y Análisis de Procesos de Fabricación y Ensamblaje en Astilleros dedicados a la Construcción de Buques Tecnológicamente Complejos mediante la Aplicación de las Técnicas de Fabricación Lean**, nos muestra la importancia de la aplicación de las herramientas del *Lean Manufacturing*, como parte de la metodología implementada en el período de carena N° 3, a los procesos de construcción de buques y comparando los tipos de construcción desde tradicional hasta compleja. Para el presente estudio, mediante el empleo de las herramientas de Control Total de Calidad (TQM) y las 5 “S” se han determinado las soluciones para mitigar los defectos y desperdicios detectados, respectivamente, como parte de la fase 3 de la metodología empleada.

Cabe resaltar que los estudios presentados para comparación con el estudio realizado, han sido los más cercanos a éste último, debido a que la mayoría de los estudios realizados se enfocan en el mantenimiento de los equipos y sistemas del buque cuando se encuentran a flote previo a su temporada de pesca, y para el

caso de la infraestructura es muy poco lo tratado en estudios similares, debido a que los períodos de carenas han sido desarrollados considerando las buenas prácticas de astillero y en segundo plano las normativas que imponen las sociedades de clasificación de los buques, siempre y cuando estas unidades se eximan de certificados de clasificación de buques. Es por ello que se han encontrado los estudios más cercanos al tema tratado para la mejor comprensión del lector de esta presente tesis de posgrado.

6.3 Responsabilidad ética de acuerdo a los reglamentos vigentes.

El autor de la presente investigación se responsabiliza por la información emitida en esta tesis de posgrado. Asimismo, el autor autoriza que esta tesis sea tomada como referencia para futuros trabajos de investigación similares y/o afines al tema presentado.

CONCLUSIONES

- a) La implementación de la metodología *Lean Six Sigma* en el mantenimiento de la infraestructura del buque pesquero puesto en astillero ha permitido conseguir un valor de nivel sigma de 5 para las variabilidades de los valores de horas-hombre de las actividades desarrolladas en el período de carena correspondiente a la implementación dada, que viene a ser un valor aceptable y que debe mantenerse en la mejora continua.
- b) Al determinar los valores de DPMO de las variaciones de valores de horas-hombre de las actividades del proceso de mantenimiento de la infraestructura del buque pesquero, se obtuvieron los niveles de criticidad de los grupos de actividades correspondientes para la carena N° 3 en comparación con las dos penúltimas carenas estudiadas.
- c) Mediante el empleo de las herramientas *Lean* se expuso las soluciones para mitigar los defectos y desperdicios detectados en las actividades, y se obtuvo una reducción de costos de mantenimiento de infraestructura del buque pesquero puesto en astillero (en materiales y mano de obra) en un 7.52% en comparación con las carenas N° 1 y 2, considerando las actividades realizadas en las tres carenas descritas.
- d) Luego de implementar la metodología citada, se obtuvo un valor de condición final de 96.50% para la infraestructura del buque pesquero, siendo un indicador para un muy aceptable nivel de conformidad del armador del buque pesquero puesto en el astillero, tomando como referencia la condición inicial con la que ingresó el buque a la explanada del astillero en el período de carena N° 3.

RECOMENDACIONES

- a) La metodología *Lean Six Sigma* también puede ser aplicable para proyectos de mantenimiento de infraestructura, equipos y sistemas de otros tipos de buques, con la finalidad de asegurar la mejora continua y mantenerla al hacer seguimiento del nivel sigma que se logre luego de la implementación.
- b) Los niveles de criticidad obtenidos para los grupos de actividades nos ayudan a saber su importancia en el trayecto de la ruta crítica de la programación de actividades, aparte del principio de la dependencia de actividades y de las condiciones que se rige el proceso de mantenimiento de la infraestructura del buque pesquero puesto en astillero.
- c) En este estudio realizado, se obtuvo una interesante relación porcentual promedio entre los costos de mano de obra y materiales de las actividades de mantenimiento (siendo de 60% y 40% respectivamente), que debería ser confirmado consistentemente con otros estudios similares y posteriores.
- d) Es recomendable que para un proyecto de mantenimiento de buque pesquero se obtenga los valores de condición inicial y final del buque en cada período de carena a ser evaluado, debido a que en este estudio solo se ha contado con estos valores para la carena N° 3 debido a que recién en dicha carena se ha impuesto el formato de determinación de la condición de alistamiento del buque pesquero.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- 1) Barzola Salvador, G., et al. (2013). *Plan estratégico de la Industria de Reparaciones Marítimo Navales del Perú*. (Tesis de Maestría en Administración Estratégica de Empresas). Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, Perú.
- 2) Blanes Palmer, A. (2015). *Diccionario Náutico*. Recuperado el 15 de noviembre del 2019, de <http://www.blanes.ag/app/download/5799357445/Diccionario+nautico.pdf>
- 3) Butler, D. (2012). *A Guide To Ship Repair Estimates*. 2° ed. Oxford: Butterworth-Heinemann.
- 4) Cordero Palacios, O., & Che Vallejos, S. (2018). *Gestión de Mantenimiento para reducir el costo de operación de un Remolcador Marítimo en el Puerto de Bayóvar Piura*. (Tesis de Maestría en Gerencia de Mantenimiento). Universidad Nacional del Callao, Callao, Perú.
- 5) Cossa Reyna, S., Hidalgo Cossio, O., & Núñez Gainza, J. (2014). *Propuesta para Reducir las Horas Extras del Área de Producción de un Astillero Aplicando Incentivos y Otras Alternativas a través de Herramientas de Mejora Continua*. (Tesis de Maestría en Dirección de Operaciones y Logística). Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Lima, Perú.
- 6) Cuatrecasas, L. (2015). *Lean Management: La gestión competitiva por excelencia*. 7° ed. Barcelona: Profit.

- 7) Fernández Rodríguez, A. (2015). *Investigación y Análisis de Procesos de Fabricación y Ensamblaje en Astilleros dedicados a la Construcción de Buques Tecnológicamente Complejos mediante la Aplicación de las Técnicas de Fabricación Lean*. (Tesis Doctoral en Ingeniería Marítima). Universidad de La Coruña, La Coruña, España.
- 8) Gestipolis (2019). *Glosario de términos en la Gestión de Mantenimiento*. Recuperado el 25 de octubre del 2019, de <https://www.gestipolis.com/glosario-terminos-la-gestion-mantenimiento/#autores>
- 9) Gutiérrez Pulido, H., & De La Vara Salazar, R. (2013). *Control Estadístico de Calidad y Seis Sigma*. 3° ed. México D.F.: McGraw-Hill.
- 10) Hernández Matías, J., & Vizán Idoipe, A. (2013). *Lean Manufacturing: Conceptos, técnicas e implantación*. Madrid: Escuela de Organización Industrial.
- 11) Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, M. (2014). *Metodología de la investigación*. 6° ed. México D.F.: McGraw-Hill.
- 12) International Association Of Classification Societies -IACS- (2013). *No. 133 Guidelines for Pilot Schemes of Extended Interval between Surveys in Dry-Dock - Extended Dry-docking (EDD) Scheme*. Recuperado el 06 de Setiembre del 2019, de <http://www.iacs.org.uk/search-result?query=Guidelines+for+Pilot+Schemes>
- 13) Marina de Guerra del Perú (2018). *Terminología Náutica*. Recuperado el 15 de agosto del 2018, de <https://www.marina.mil.pe/es/cultura/terminologia/>
- 14) Ministerio de la Producción - Perú (2018). *Lista de embarcaciones pesqueras*. Recuperado el 16 de diciembre del 2018, de <https://www.produce.gob.pe/index.php/shortcode/servicios-pesca/embarcaciones-pesqueras#>

- 15) Mora Gutiérrez, A. (2014). *Mantenimiento: Planeación, ejecución y control*. 1° ed. México: Alfaomega Grupo Editor S.A.
- 16) Ñaupas Paitán, H., et. al. (2014). *Metodología de la investigación cuantitativa-cualitativa y redacción de la tesis*. 4° ed. Bogotá: Ediciones de la U.
- 17) Papanikolaou, A. (2014). *Ship Design: Methodologies of Preliminary Design*. 1° ed. Atenas: Springer.
- 18) Pérez Ortiz, H. (2016). *El impacto de Lean Six Sigma en organizaciones latinoamericanas y sus factores críticos de éxito*. (Tesis de Doctorado en Alta Dirección en Educación Pública). Universidad Antropológica de Guadalajara, Guadalajara, México.
- 19) Project Management Institute (2017). *Guía de los Fundamentos para la Dirección de Proyectos. Guía del PMBOK®*. 6° ed. EE.UU.: [s.n.]
- 20) Quesquén Fernández, R. (2015). *Texto: Embarcaciones Pesqueras*. 1° ed. Callao: Universidad Nacional del Callao, Facultad de Ingeniería Pesquera y de Alimentos, Instituto de Investigación.
- 21) Rajadell Carreras, M. (2012). *Lean Manufacturing: La evidencia de una necesidad*. 1° ed. Madrid: Diaz de Santos.
- 22) Rivera Yanasupo, W. (2019). *Modelo de Gestión de Mantenimiento bajo el Enfoque PDCA y su Influencia en la Eficiencia General de Máquinas en los Buques de la Armada Peruana, Callao 2019*. (Tesis de Maestría en Gerencia de Mantenimiento). Universidad Nacional del Callao, Callao, Perú.

ANEXO I: Matriz de Consistencia

DETERMINACIÓN DEL PROBLEMA	FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN	JUSTIFICACIÓN	HIPÓTESIS
En el ciclo de mantenimiento oportuno de un buque pesquero puesto en un astillero de una empresa localizada en Callao - Perú, se espera alcanzar la mejora continua en el resultado de los trabajos realizados en la estructura y sistemas del buque, así como la excelencia en el desempeño de su operatividad en la faena de pesca. Sin embargo, durante el desarrollo de las actividades del mantenimiento se presentan defectos debido a diversos factores conocidos e imprevistos, dados en cada zona y/o sistema del buque, los cuales ocasionan retrasos y baja calidad en el resultado del mantenimiento, haciendo que el buque pesquero no esté disponible y/o confiable adecuadamente para las temporadas de pesca.	1.- Problema General.	1.- Objetivo General.	* Justificación teórica: La tesis a desarrollar representará un tema novedoso a nivel teórico para los proyectos de mantenimiento de buques, y será enfocado al caso del mantenimiento de la infraestructura del buque pesquero.	1.- Hipótesis General / Sistema de Variables (V.I. y V.D.)
	¿De qué manera la metodología <i>Lean Six Sigma</i> ayudará a conseguir y mantener la mejora continua en las actividades del proceso de mantenimiento de un buque pesquero puesto en el astillero de una empresa de Callao-Perú?	Aplicar la metodología <i>Lean Six Sigma</i> a las actividades del proceso de mantenimiento de un buque pesquero puesto en el astillero de una empresa de Callao - Perú, para conseguir y mantener la mejora continua del proceso, de acuerdo a los requerimientos		* Justificación tecnológica: En el astillero de la empresa de Callao - Perú donde se realizan los trabajos de mantenimiento por reparación y/o modificación de buques se espera innovar con la aplicación de la metodología <i>Lean Six Sigma</i> con la finalidad de emplear las adecuadas tecnologías y optimizar los recursos empleados en las actividades desarrolladas durante el mantenimiento del buque pesquero.
	2.- Problemas Específicos.	2.- Objetivos Específicos.	2.- Hipótesis Específicas / Sistema de Variables (V.I. y V.D.)	
a. ¿Cómo afectará la metodología <i>Lean Six Sigma</i> en las actividades de mayor criticidad del proceso de mantenimiento de un buque pesquero puesto en el astillero de una empresa de Callao-Perú?	a. Mejorar las actividades que poseen mayor criticidad en el proceso de mantenimiento del buque pesquero a través de la reducción de los tiempos y detección de fallas en las actividades del mantenimiento.	* Justificación económica: Al emplear la metodología mencionada, se dará una reducción en los costos de las actividades del mantenimiento del buque pesquero para que el mencionado astillero pueda conseguir una adecuada rentabilidad y acogida de nuevos proyectos de mantenimiento similares.	H1: Al aplicar la metodología presentada, se espera determinar las actividades de mayor criticidad para su posterior mejora durante el proceso de mantenimiento del buque pesquero. V.I.: Tiempo, N° de defectos y/o fallas por actividad. V.D.: Actividades de mayor criticidad en el proceso.	
b. ¿Cómo afectará la metodología <i>Lean Six Sigma</i> en los costos de las actividades del proceso de mantenimiento de un buque pesquero puesto en el astillero de una empresa de Callao-Perú?	b. Reducir los costos de las actividades del proceso de mantenimiento a través de la detección de desperdicios originados en las actividades realizadas en las zonas del buque pesquero.			H2: Al aplicar la metodología presentada, se espera conseguir una notable reducción en los costos por actividades que representen la ruta crítica del proceso de mantenimiento. V.I.: N° de desperdicios, N° de defectos y/o fallas por actividad. V.D.: Reducción de Costos por actividades del proceso.
c. ¿De qué forma la metodología <i>Lean Six Sigma</i> influirá en el nivel de conformidad del cliente en los resultados del mantenimiento de un buque pesquero puesto en el astillero de una empresa de Callao-Perú?	c. Asegurar un adecuado nivel de conformidad (por parte del cliente) en las actividades realizadas del mantenimiento, en base al grado de desempeño operacional y condición inicial del buque pesquero.			

Fuente: Elaboración propia.

ANEXO II: Tablas de cálculo de horas-hombre tarifado por tipo de actividad

Anexo 2.1.

CARENA: Ratios para trabajos de tratamiento superficial de áreas de buques.

Actividad	m ² /día	HH-H/m ²
Arenado comercial	80	0.100
Arenado al blanco	40	0.200
Hidrolavado	80	0.100
Pintado	80	0.100
Rasqueteo de incrustaciones	50	0.160

Fuente: Adaptado de Butler (2012).

Nota: Se considera un (01) día como ocho (08) horas hombre.

Anexo 2.2.

GOBIERNO: Ratios por trabajos en pala de timón (por desplazamiento del buque).

- Remover la pala para la inspección.

(a) Reemplazar sellos y acoples en eje limera (componentes suministrados por el armador); Toma de luces (in situ).

(b) Desmontar pala de gobierno hacia el suelo de astillero para inspección y calibraciones; Reinstalar pala de timón luego de evaluaciones.

Desplazamiento (toneladas)	Data de horas hombre (HH-H)	
	(a)	(b)
> 3 000	15	165
5 000	18	250
10 000	20	280
15 000	25	300
20 000	28	350
30 000	30	400
50 000	35	500
80 000	45	600
100 000	60	800
150 000	75	900

200 000	90	1000
250 000	110	1200
350 000	120	1500

Fuente: Adaptado de Butler (2012).

Anexo 2.3.

PROPULSIÓN: Ratios por trabajos en propulsor de paso fijo, parte 1.

- Remover la pala para la inspección.

(a) Desconexión y extracción del cono de hélice, extraer tuerca sombrero, fabricar el mecanismo extractor de la hélice, extracción y retiro del propulsor dejándolo en el piso del astillero. Finalizando, instalar y montar la hélice como se encontraba antes, apretado de tuerca según las instrucciones del representante del armador. Se excluye trabajos complementarios de accesibilidad a realizar las actividades.

(b) Traslado de la hélice hacia el taller de maestranza para los trabajos correspondientes y retorno de la hélice hacia el dique del astillero (donde se ubica el buque) para completar trabajos de instalación.

Diámetro Eje (mm)	Data de horas hombre (HH-H)	
	(a)	(b)
Debajo de 100	20	15
100 - 200	30	18
200 - 300	45	25
300 - 400	60	30
400 - 800	90	60
800 - 900	150	100

Fuente: Adaptado de Butler (2012).

Anexo 2.4.

PROPULSIÓN: Ratios por trabajos en propulsor de paso fijo, parte 2.

(a) Recepcionar la hélice de bronce en taller de maestranza, posicionar para calibración, limpieza para inspección, medición de paso de hélice. Pulido de hélice, posicionar para balanceo estático, verificar y corregir desbalances menores.

(b) Calentar, preparar, reparar pequeñas fracturas y secciones erosionadas por completo, esmerilado y pulido.

Diámetro Hélice (mm)	Data de horas hombre (HH-H)	
	Bronce / Manganeso	Bronce / Aluminio
Debajo de 400	15	21
400 - 800	32	42
800 - 1200	52	68
1200 - 1800	75	85
1800 - 2000	90	105
2000 - 2500	100	125
2500 - 3000	130	150
3000 - 4000	150	180
4000 - 5000	180	210

Fuente: Adaptado de Butler (2012).

Anexo 2.5.

PROPULSIÓN: Ratios para trabajos de pulido de superficie de hélice de paso fijo.

- El pulido de la hélice in situ (es decir, instalado en el eje de propulsión del buque en dique), se realiza usando discos laminadores de alta velocidad, además del barnizado en palas y cubo de hélice.

Diámetro Hélice (mm)	Data de horas hombre (HH-H)
	HH-H
Debajo de 400	6
400 - 800	11
800 - 1200	17
1200 - 1800	25
1800 - 2000	28
2000 - 2500	35
2500 - 3000	50
3000 - 4000	80
4000 - 5000	120

Fuente: Adaptado de Butler (2012).

Anexo 2.6.

PROPULSIÓN: Ratios para toma de luces en ejes y bocinas de tubo codaste.

- Remover funda guardacabos, medición y apunte de holguras de ejes, instalar funda guardacabos, incluye disposición de caballetes para acceso. Para las medidas, se

considera el empleo de:

(a) Feeler gauge.

(b) Poker gauge, acoplado con revestimiento de eje.

(c) Reemplazar, engrasar y lubricar sellos y empaques internos del eje de propulsión, usando los componentes suministrados por el armador.

Diámetro Eje (mm)	Data de horas hombre (HH-H)		
	(a)	(b)	(c)
Debajo de 150	10	15	7
150 - 250	15	22	11
250 - 300	21	30	14
300 - 400	30	40	30
400 - 800	35	45	35
800 - 1200	50	55	---
1200 - 1800	---	57	---
1800 - 2000	---	60	---

Fuente: Adaptado de Butler (2012).

Anexo 2.7.

PROPULSIÓN: Ratios para desmontaje/montaje de eje de propulsión para inspección.

- Desconectar y retirar la hélice de paso fijo y colocarlo en piso del dique de astillero, considerando:

(a) Desmontar y retirar acoplamientos cónicos, chavetas y eje de cola, disponer eje hacia afuera y puesto en dique para inspección, limpieza, calibración y montaje de eje por completo.

(b) Desmontar ejes intermedios, descansos, acoplamientos bridados, pernería. Maniobras de levante de ejes, limpieza y posicionar temporalmente en zonas disponibles en el buque.

Desmontar eje de cola, colocar en posición adecuada, limpieza, calibración y montaje de eje por completo. Reinstalar ejes intermedios y descansos en su posición original, instalar y ajustar pernería, instalar acoplamientos bridados.

- Incluye erección de caballetes para acceso, cambio y engrasado de empaques y sellos suministrados por el armador.

- Se excluye cualquier otra reparación o trabajos de instalar sellos patentados.

Diámetro Eje (mm)	Data de horas hombre (HH-H)	
	(a) Retirando eje hacia fuera (eje de cola)	(b) Retirando eje hacia dentro (ejes intermedios)
Debajo de 150	90	140
150 - 250	120	180
250 - 300	200	250
300 - 400	300	400
400 - 800	500	600
800 - 1200	---	1000
1200 - 1800	---	1200

Fuente: Adaptado de Butler (2012).

Anexo 2.8.

PROTECCIÓN CATÓDICA: Ratios para ánodos de casco e interior de cajas de mar.

- Retiro (con oxicorte) de ánodos corroídos e instalación (con soldadura) de nuevos ánodos de zinc (suministrados por el armador) en las sobre-planchas de acero que van en el casco.
- Se excluye todo trabajo de accesos hacia las actividades mencionadas.

Peso (Kg)	HH-H
3	1
5	1
10	1.5
20	2

Fuente: Adaptado de Butler (2012).

Anexo 2.9.

TOMAS DE FONDO: Ratios para cajas de mar y colectores.

- Apertura de rejillas de mar y/o colectores para remover incrustaciones marinas, limpieza y pintado (con pintura suministrada por el armador), siguiendo el plan de pintado del casco.
- Asumir rejilla simple por caja.

Área (en m ²)	HH-H
Debajo de 0.3	12
0.3 - 1.0	20
Encima de 1.0	30
Cargo por rejilla adicional	5

Fuente: Adaptado de Butler (2012).

Anexo 2.10.

VÁLVULAS: Ratios para trabajos con válvulas de tomas de mar y descarga.

Para válvulas de globo y compuerta:

- Apertura manual de válvula globo y compuerta in situ para mantenimiento mediante desconexión de líneas de tuberías y retiro de tapa, vástago y asiento.
- Limpieza de todas las partes internas, rectificado manual en válvula de globo, rasqueteo manual en interior de válvula compuerta, pruebas de estanqueidad.
- Pintado en interior y áreas expuestas, y montaje de válvula con nuevos sellos y empaques empleando engrasante y pastas (azul prusia y carburúndum).

Para válvulas mariposa:

(a) Retiro, limpieza, inspección, prueba de estanqueidad de asiento y lengüeta, pintado en interior y zonas expuestas, y montaje con reajuste. No incluye operaciones de rodamientos.

(b) Revisar y limpiar superficies, estando la válvula puesta en la toma de mar.

Diámetro Válvula (mm)	Data de horas hombre (HH-H) por válvula			
	Válvula Globo	Válvula Compuerta	Válvula Mariposa (a)	Válvula Mariposa (b)
> 50	4	4.5	6	---
100	6	7	8.5	---
150	8	9	11.5	---
200	10	11	14	---
250	13	14	18	---
300	16	17	22	---
350	20	21	26	13
400	23	24	29	14
450	26	28	33	14.5
500	30	31	37	15

Fuente: Adaptado de Butler (2012).

Notas:

- Para válvulas de cuarto de bombas, adicionar 15%.
- Para válvulas en cofferdams y en interior de tanques, adicionar 20%.
- No incluye remover componentes para acceso a las válvulas, como por ejemplo: tuberías anexas a las válvulas que conforman un sistema.
- No incluye las instalaciones o caballetes para accesos.
- Para el retiro y traslado de válvulas hacia el taller para la intervención de mantenimiento, requiere de consideración especial, dependiendo del tamaño de válvula.
- Las válvulas por debajo de 20 Kg de peso pueden ser evaluadas como el doble de su ratio cuando están in situ.
- Mientras que las válvulas que pesan por encima de 20 Kg requieren maniobras con grúa, lo cual debe ser evaluado por separado.

Anexo 2.11.

DEFENSAS DE CASCO: Ratios para defensas huecas con tubo de acero SCH 80 en media luna (por metro lineal de defensa).

- Cortar el tubo nuevo de acero en dos mitades, remocionar defensas dañadas, laminar rebabas por corte en bordes para preparar superficialmente la plancha del casco para soldar defensas nuevas.
- Suministro e instalación de nuevas defensas de tubo media luna, soldar defensas en casco, incluyendo maniobras de caballetes para remoción e instalación de defensas.
- No incluye todo trabajo de preparación y pintado de superficie de casco y defensas de acero por reparación.

Diámetro Tubería (mm)	Data de horas hombre (HH-H) por metro lineal.	
	Tramo recto	Tramo curvo y esquinas
200	20	30
250	22	32
300	24	34
350	26	36

Fuente: Adaptado de Butler (2012).

Anexo 2.12.

CADENAS Y ANCLA: Ratios para cadenas de ancla (por lateral).

- Arriado de cadenas para inspección y posterior izado.
- Arenado de cadenas para calibración (con granalla o vapor de agua).
- Calibrar cadenas por cada 20° eslabón y elaborar planilla de calibración.
- Marcado de tramos con pintura blanca.
- Pintado de cadenas con pintura suministrada por armador (pintura tipo bitumastic).
- Apertura de seguro tipo "kenter" y posterior cierre.
- Desconectar primero el tramo de cadena y transferir hacia el punto final.
- Cambio de eslabones tramo por tramo.

*** Para embarcaciones pequeñas.**

Diámetro Cadena (mm)	Data de horas hombre (HH-H) por costado.
	HH-H
< 25	70
25 - 50	90

*** Para embarcaciones grandes (cargueros y tanqueros).**

Desplazamiento (toneladas)	Data de horas hombre (HH-H) por costado.
	HH-H
< 20,000	100
20,000 – 50,000	130
50,000 – 100,000	140
100,000 – 200,000	200
200,000 – 300,000	250
Encima de 300,000	270

Fuente: Adaptado de Butler (2012).