

UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL



**Diseño de puestos de trabajo en la producción de hélices para reducir los
pedidos no atendidos en una empresa metalmecánica**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE LICENCIADO
INGENIERO INDUSTRIAL**

AUTOR

Omar de Jesus Fernandez Rios

ASESOR

Annie Mariella Vidarte Llaja

<https://orcid.org/0000-0002-8948-2899>

Chiclayo, 2022

**Diseño de puestos de trabajo en la producción de hélices para
reducir los pedidos no atendidos en una empresa metalmecánica**

PRESENTADA POR

Omar de Jesus Fernandez Rios

A la Facultad de Ingeniería de la
Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo
para optar el título de
INGENIERO INDUSTRIAL

APROBADA POR

Evans Nielander Llontop Salcedo
PRESIDENTE

Sonia Mirtha Salazar Zegarra
SECRETARIO

Annie Mariella Vidarte Llaja
VOCAL

Dedicatoria

A Dios por ser la fuente y motivo para seguir adelante, quien me acompaña y siempre me levantará cuando sienta desfallecer.

Agradezco a mi madre por haberme moldeado en la persona que soy hoy en día; muchos de mis éxitos se deben a su influencia, incluyendo este. Su constante motivación y cariño han sido fundamentales para alcanzar mis sueños.

A mi hermanita Karol por su defensa acérrima hacia mi persona y por su cariño incondicional.

Agradecimientos

Agradezco a mi asesora por ofrecerme la posibilidad de aprovechar su experiencia y conocimiento científico, así como por tener la paciencia necesaria para orientarme en la elaboración de este proyecto de investigación.

A mi primo Manuel y ni tío Nancho por apoyarme y aconsejarme en todo incondicionalmente, a mi primo Jhon por brindarme todas las facilidades de información para mi tesis y a mi mejor amigo de la universidad Daniel Jiménez por sus valiosos aportes y sugerencias para el desarrollo de mi proyecto de investigación.

A todos ellos, muchas gracias.

Fernandez Ríos v4

ORIGINALITY REPORT

24%

SIMILARITY INDEX

24%

INTERNET SOURCES

4%

PUBLICATIONS

10%

STUDENT PAPERS

PRIMARY SOURCES

1

hdl.handle.net

Internet Source

10%

2

tesis.usat.edu.pe

Internet Source

6%

3

Submitted to Universidad Internacional de la Rioja

Student Paper

2%

4

creativecommons.org

Internet Source

1%

5

dspace.unitru.edu.pe

Internet Source

<1%

6

repositorio.uta.edu.ec

Internet Source

<1%

7

www.coursehero.com

Internet Source

<1%

8

repositorio.ucv.edu.pe

Internet Source

<1%

9

www.dissetshop.com

Internet Source

<1%

Índice

Resumen	17
Abstract.....	18
Introducción.....	19
Revisión de literatura.....	21
Resultados.....	33
Conclusiones.....	202
Recomendaciones	203
Referencias	204
Anexos	206

Lista de tablas

Tabla 1. Clasificación de acciones durante un proceso determinado	24
Tabla 2. Información de los operarios de la empresa	34
Tabla 3. Causas del daño a piezas propulsión de embarcaciones.....	38
Tabla 4. Pedidos no atendidos 2019	40
Tabla 5. Categorización ABC.....	42
Tabla 6. Materiales directos en fabricación de piezas de embarcaciones	43
Tabla 7. Materiales directos en fabricación de piezas de embarcaciones	43
Tabla 8. Tiempo promedio del moldeado.....	59
Tabla 9. Tiempo promedio de fundición	60
Tabla 10. Tiempo promedio de mecanizado	60
Tabla 11. Resumen tiempo promedio.....	60
Tabla 12. Resumen de operaciones de fabricación de hélice	64
Tabla 13. Pérdidas económicas por mermas de bronce 2019.....	69
Tabla 14. Puntuación del tronco	74
Tabla 15. Modificación de la puntuación del tronco	74
Tabla 16. Modificación de la puntuación del cuello	75
Tabla 17. Modificación de la puntuación del cuello	76
Tabla 18. Puntuación flexión de pierna	77
Tabla 19. Puntuación flexión de rodilla.....	78
Tabla 20. Puntuación de brazo	79
Tabla 21. Puntuación de antebrazo.....	80
Tabla 22. Puntuación de antebrazo.....	81
Tabla 23. Puntuación de muñeca.....	82
Tabla 24. Puntuación grupo A.....	83
Tabla 25. Puntuación grupo B.....	83
Tabla 26. Puntuación grupo A.....	84
Tabla 27. Puntuación grupo B.....	84
Tabla 28. Puntuación grupo C	85
Tabla 29. Puntuación grupo C	85
Tabla 30. Puntuación grupo C	86

Tabla 31. Puntuación del tronco	87
Tabla 32. Modificación de la puntuación del tronco	88
Tabla 33. Modificación de la puntuación del cuello	89
Tabla 34. Modificación de la puntuación del cuello	90
Tabla 35. Puntuación flexión de pierna	91
Tabla 36. Puntuación flexión de rodilla.....	92
Tabla 37. Puntuación de brazo	93
Tabla 38. Puntuación de antebrazo	94
Tabla 39. Puntuación de antebrazo	95
Tabla 40. Puntuación de muñeca.....	96
Tabla 41. Puntuación grupo A.....	97
Tabla 42. Puntuación grupo B	98
Tabla 43. Puntuación grupo A.....	98
Tabla 44. Puntuación grupo B	98
Tabla 45. Puntuación grupo C	99
Tabla 46. Puntuación grupo C	99
Tabla 47. Puntuación grupo C	100
Tabla 48. Cálculo tiempo estándar	105
Tabla 49. Diagrama hombre máquina	106
Tabla 50. Control EPP's	113
Tabla 51. Accidentes laborales en el año 2019	113
Tabla 52. Producción perdida en el año 2019	117
Tabla 53. Pérdidas económicas 2019	119
Tabla 54. Causas con sus impactos económicos	119
Tabla 55. Causas con sus impactos económicos	120
Tabla 56. Comparación de sillas para la posición semi parado.....	122
Tabla 57. Comparación de sillas para la posición parado	123
Tabla 58. Comparación de sillas para la posición parado	124
Tabla 59. Costo de implementación	125
Tabla 60. Comparación de sillas para la posición sentado	125
Tabla 61. Comparación de sillas para la posición sentado	126

Tabla 62. Comparación de sillas para la posición sentado	127
Tabla 63. Comparación de mesas hidráulicas	128
Tabla 64. Comparación de mesas hidráulicas	129
Tabla 65. Costo de implementación	130
Tabla 66. Costo de implementación	132
Tabla 67. Comparación de sillas para la posición sentado	133
Tabla 68. Costo de implementación	134
Tabla 69. Costo de implementación	135
Tabla 70. Programación de pausas para descansos durante la jornada en las etapas del moldeado y fundición	135
Tabla 71. Nueva puntuación del tronco - tamizado.....	137
Tabla 72. Nueva puntuación del tronco para modificación – tamizado	137
Tabla 73. Nueva puntuación del cuello - alisado.....	138
Tabla 74. Nueva puntuación del cuello para modificación – alisado	139
Tabla 75. Nueva puntuación de piernas– alisado	140
Tabla 76. Nueva puntuación de brazo– alisado.....	141
Tabla 77. Nueva puntuación de hombros para modificación – volteado	142
Tabla 78. Nueva puntuación de antebrazo – delineado	143
Tabla 79. Nueva puntuación de muñeca – delineado	144
Tabla 80. Puntuación grupo A.....	145
Tabla 81. Puntuación grupo B	146
Tabla 82. Puntuación grupo A.....	146
Tabla 83. Puntuación grupo B	147
Tabla 84. Puntuación grupo C	147
Tabla 85. Puntuación grupo C	148
Tabla 86. Puntuación grupo C	148
Tabla 87. Nueva puntuación del tronco– pulido.....	149
Tabla 88. Nueva modificación de puntuación de cuello – pulido	150
Tabla 89. Nueva puntuación del cuello – pulido	151
Tabla 90. Nueva puntuación de flexión de piernas – esmerilado	152
Tabla 91. Nueva puntuación de flexión de brazo – esmerilado.....	153

Tabla 92. Nueva puntuación de flexión de antebrazo – carga.....	154
Tabla 93. Puntuación de muñeca.....	155
Tabla 94. Puntuación grupo A.....	156
Tabla 95. Puntuación grupo B.....	156
Tabla 96. Puntuación grupo A.....	157
Tabla 97. Puntuación grupo B.....	157
Tabla 98. Puntuación grupo C.....	158
Tabla 99. Puntuación grupo C.....	158
Tabla 100. Puntuación grupo C.....	158
Tabla 101. Lista de materiales para subsistema de estructura del horno.....	167
Tabla 102. Comparación de mesas hidráulicas	178
Tabla 103. Comparación de mesas hidráulicas	179
Tabla 104. Lista de materiales para subsistema de estructura del horno.....	180
Tabla 105. Automatismos propuestos	185
Tabla 106. Equipos de protección personal adecuados	186
Tabla 107. Guantes anti quemaduras.....	187
Tabla 108. Guantes anti cortes	187
Tabla 109. Respirador con filtro.....	188
Tabla 110. EPP por etapa	190
Tabla 111. Frecuencia de suministro de EPP's	190
Tabla 112. Plan de capacitaciones.....	191
Tabla 113. Costos de implementación.....	191
Tabla 114. Diagrama hombre máquina mejorado	193
Tabla 115. Cuadro comparativo de indicadores	197
Tabla 116. Costo de implementación	198
Tabla 117. Costo de implementación del esmerilado, pulido y carga	198
Tabla 118. Costo de implementación del esmerilado, pulido y carga	198
Tabla 119. Coste del sistema propuesto	199
Tabla 120. Lista de materiales para subsistema de base mezcladora	200
Tabla 121. Lista de automatismos y sistema de conexiones	200
Tabla 122. Flujo de caja de la propuesta	201

Lista de figuras

Figura 1. Evaluación postural según RULA.....	27
Figura 2. Evaluación postural según REBA.....	28
Figura 3. Evaluación postural según OWAS.....	29
Figura 4. Evaluación postural según EPR	30
Figura 5. Organigrama de la empresa.....	33
Figura 6. Hélice	35
Figura 7. Ejes centro.....	35
Figura 8. Pala del timón.....	36
Figura 9. Eje centro	36
Figura 10. Bocina	37
Figura 11. Chumacera.....	37
Figura 12. Meses de pedidos no atendidos 2019	41
Figura 13. Demanda de piezas no atendidas 2019.....	41
Figura 14. Torno industrial.....	44
Figura 15. Esmeril industrial	44
Figura 16. Sistema de horno de crisol	44
Figura 17. Comba de mango de madera.....	45
Figura 18. Comba de mango de madera.....	45
Figura 19. Molde de arena para fundir	45
Figura 20. Molde de arena para fundir	46
Figura 21. Cuchara de fundición industrial	46
Figura 22. Paletas para moldear arena.....	46
Figura 23. Tamizado.....	47
Figura 24. Alisado	48
Figura 25. Volteado	48
Figura 26. Delineado	49
Figura 27. Recepción de materia prima.....	50
Figura 28. Tronzado	50
Figura 29. Fundición.....	51
Figura 30. Vaciado	51

Figura 31. Enfriado.....	52
Figura 32. Desmoldado.....	52
Figura 33. Desbaste	53
Figura 34. Chaveteado.....	54
Figura 35. Balanceado	54
Figura 36. Esmerilado.....	55
Figura 37. Pulido	55
Figura 38. Embalado.....	56
Figura 39. Diagrama de flujo de hélice	57
Figura 40. Diagrama de operaciones de hélice.....	62
Figura 41. Diagrama de operaciones de hélice.....	63
Figura 42. Derrames de bronce fundido por cansancio del operario.....	68
Figura 43. Productividad mano de obra en tamizado	70
Figura 44. Productividad mano de obra en alisado	70
Figura 45. Productividad mano de obra delineado de molde	71
Figura 46. Productividad mano de obra esmerilado	71
Figura 47. Productividad mano de obra pulido	72
Figura 48. Posición tronco.....	73
Figura 49. Operario tamizando arena	73
Figura 50. Torsión del tronco	74
Figura 51. Operario tamizando arena	74
Figura 52. Flexión de cuello	75
Figura 53. Operario alisando arena.....	75
Figura 54. Flexión de cuello	76
Figura 55. Operario alisando arena de molde.....	76
Figura 56. Flexión de piernas	76
Figura 57. Operario alisando arena del molde.....	77
Figura 58. Flexión de rodilla	77
Figura 59. Operario tamizando arena del molde	78
Figura 60. Flexión de brazo.....	78
Figura 61. Operario alisando arena del molde.....	79

Figura 62. Flexión de hombros.....	80
Figura 63. Operarios volteando el molde	80
Figura 64. Flexión de antebrazo	81
Figura 65. Operario delineando molde	81
Figura 66. Flexión muñeca	82
Figura 67. Operario aplanando tierra.....	82
Figura 68. Posición tronco.....	87
Figura 69. Operario puliendo.....	87
Figura 70. Torsión del tronco	88
Figura 71. Operario torciéndose para pulir.....	88
Figura 72. Flexión de cuello	89
Figura 73. Operario flexionando el cuello durante el pulido.....	89
Figura 74. Flexión de cuello	90
Figura 75. Operario alisando arena de molde	90
Figura 76. Flexión de piernas	91
Figura 77. Operario esmerilando	91
Figura 78. Flexión de rodilla	92
Figura 79. Operario esmerilando	92
Figura 80. Flexión del brazo.....	93
Figura 81. Operarios transportando hélice	93
Figura 82. Flexión de hombros.....	94
Figura 83. Operarios transportando hélice	94
Figura 84. Flexión de antebrazo	95
Figura 85. Operarios transportando hélice	95
Figura 86. Flexión muñeca	96
Figura 87. Operario cargando molde de arena	96
Figura 88. Variabilidad de mano obra en la etapa de fundición.....	100
Figura 89. Operario colocando el horno de crisol	101
Figura 90. Operario removiendo el bronce.....	102
Figura 91. Trabajador retirando el material.....	102
Figura 92. Recogido del bronce fundido con una cuchara	103

Figura 93. Traslado del bronce fundido.....	104
Figura 94. Traslado del bronce fundido.....	104
Figura 95. Flujo grama de estación de trabajo.....	107
Figura 96. Operario 1 sin EPP'S expuestos a factores de riesgo.....	109
Figura 97. Operario 2 sin EPP'S expuestos a factores de riesgo.....	109
Figura 98. Operario 1 y 2 sin EPP'S expuestos a factores de riesgo.....	110
Figura 99. Operario 1 sin EPP'S expuestos a factores de riesgo.....	110
Figura 100. Operario 1 sin EPP'S expuestos a factores de riesgo.....	111
Figura 101. Operario 1 sin EPP'S expuestos a factores de riesgo.....	111
Figura 102. Operarios sin EPP'S expuestos a factores de riesgo	112
Figura 103. Operarios sin EPP'S expuestos a factores de riesgo	112
Figura 104. Operarios del mecanizado cargando eje centro.....	118
Figura 105. Simulación del nuevo puesto de trabajo ergonómico	124
Figura 106. Simulación del nuevo puesto de trabajo ergonómico	130
Figura 107. Simulación del nuevo puesto de trabajo ergonómico	131
Figura 108. Simulación del nuevo puesto de trabajo ergonómico	131
Figura 109. Simulación del nuevo puesto de trabajo ergonómico	134
Figura 110. Posición tronco.....	136
Figura 111. Nueva posición del tronco – tamizado.....	136
Figura 112. Torsión del tronco	137
Figura 113. Nueva posición del tronco para modificación – tamizado.....	137
Figura 114. Flexión de cuello.....	138
Figura 115. Nueva posición del cuello – alisado.....	138
Figura 116. Flexión de cuello.....	139
Figura 117. Nueva posición del cuello para modificación – alisado.....	139
Figura 118. Flexión de piernas	140
Figura 119. Nueva posición de piernas– alisado	140
Figura 120. Flexión de brazo.....	141
Figura 121. Nueva posición de brazo– alisado.....	141
Figura 122. Flexión de hombros.....	142
Figura 123. Nueva posición de hombros para modificación – volteado	142

Figura 124. Flexión de antebrazo	143
Figura 125. Nueva posición de antebrazo– delineado	143
Figura 126. Flexión muñeca	144
Figura 127. Nueva posición de muñeca– delineado	144
Figura 128. Posición tronco.....	149
Figura 129. Nueva posición del tronco – pulido	149
Figura 130. Torsión del tronco	150
Figura 131. Nueva posición del cuello para modificación – empaquetado.....	150
Figura 132. Flexión de cuello	151
Figura 133. Nueva posición del cuello – pulido.....	151
Figura 134. Flexión de piernas	152
Figura 135. Nueva posición de flexión de piernas – esmerilado.....	152
Figura 136. Flexión del brazo.....	153
Figura 137. Nueva posición de flexión de brazo – esmerilado	153
Figura 138. Flexión de antebrazo	154
Figura 139. Nueva posición de flexión de antebrazo – carga.....	154
Figura 140. Flexión muñeca	155
Figura 141. Nueva posición de flexión de antebrazo – carga.....	155
Figura 142. Proceso de vaciado actual	160
Figura 143. Transporte del bronce fundido	160
Figura 144. Perdidas de mermas de bronce	161
Figura 145. Vistas del concepto general del diseño	163
Figura 146. Concepto general del diseño - Renderizado.....	164
Figura 147. Concepto general del diseño – Mezclado.....	165
Figura 148. Concepto general del diseño – Vaciado	166
Figura 149. Vista explosionada subsistema del horno	168
Figura 150. Catálogo de hornos crisol.....	173
Figura 151. Catálogo de bases de horno crisol	174
Figura 152. Catálogo de hornos crisol.....	176
Figura 153. Catálogo de horquilla hembra	176
Figura 154. Sopladores de aire	177

Figura 155. Vista explosionada subsistema de la base mezcladora	181
Figura 156. Catálogo de hornos crisol.....	183
Figura 157. Catálogo de horquilla hembra	184
Figura 158. Lentes de seguridad.....	188
Figura 159. Botas de seguridad	189
Figura 160. Ropa protectora	189
Figura 161. Protector facial	189
Figura 162. Nuevo flujo de producción estación de fundición.....	194

Lista de anexos

Anexo 1. Producción de piezas de embarcaciones 2019	206
Anexo 2. Producción de piezas de embarcaciones 2019	207
Anexo 3. Precio de hélices	208
Anexo 4. Estudio de tiempo en la etapa del moldeado	209
Anexo 5. Estudio de tiempo en la etapa de fundición	209
Anexo 6. Estudio de tiempo en la etapa de mecanizado	210
Anexo 7. Estudio de tiempo en el proceso de vaciado	210
Anexo 8. Estudio de tiempo en el proceso de vaciado	211
Anexo 9. Medidas caja metálica.....	212
Anexo 10. Medidas tapa de horno	213
Anexo 11. Medidas para mesa soplador de aire	214
Anexo 12. Medidas base triangular	215
Anexo 13. Medidas unión base - columna	216
Anexo 14. Medidas base de transmisión mecánica	217

Resumen

El presente proyecto de investigación se realiza en una empresa metal mecánica, la cual se dedica principalmente al proceso de fabricación de piezas de embarcaciones una gran demanda no atendida en su totalidad, la cual está relacionada con los diseños de puestos de trabajo con riesgos disergonómicos la cual genera un impacto económico de S/ 360 750, como parte de la metodología empleada se utilizó el método REBA para realizar la evaluación ergonómica de los puestos de trabajo.

Se realizó nuevos diseños de puestos de trabajo, capacitación del personal, y uso de equipos de protección personal, lo cual contribuyó al aumento de la producción en un 14,29 % para la etapa de moldeado y un 28,58 % para la etapa de mecanizado.

Además de aplicar las demás mejoras, para el puesto de trabajo de fundición se necesitó un rediseño del sistema de horno, lo que trajo consigo se redujera sustancialmente del 100 % a 27,28 % la saturación del operario en el proceso de vaciado y con la nueva capacidad del horno se aumentó la productividad mano de obra de fundición de 2 hélices/día a 4 hélices/día.

Se determinó que con las mejoras se espera atender toda la demanda no atendida, la cual tendrá una inversión total de S/.54,843.62 con una tasa interna de retorno del 114%, un valor neto actual de S/. 176,105.38 a un plazo de 5 años, siendo un proyecto muy viable y rentable para la empresa en estudio.

Palabras clave: Ergonomía, pedidos no atendidos, puestos de trabajo, fundición, metalmecánica, hélices.

Abstract

The present research project is carried out in a metal-mechanical company, which is mainly dedicated to the manufacturing process of boat parts, a great demand not fully met, which is related to the designs of jobs with disergonomic risks. which generates an economic impact of S/ 360,750, as part of the methodology used, the REBA method was used to carry out the ergonomic evaluation of the jobs.

New job designs, staff training, and use of personal protective equipment were carried out, which contributed to the increase in production by 14.29% for the molding stage and 28.58% for the stage of mechanized.

In addition to applying the other improvements, a redesign of the furnace system was needed for the foundry workstation, which brought about a substantial reduction from 100% to 27.28% of the operator's saturation in the emptying process and with the new furnace capacity increased foundry labor productivity from 2 screws/day to 4 screws/day.

It was determined that with the improvements it is expected to meet all the unattended demand, which will have a total investment of S/.54,843.62 with an internal rate of return of 114%, a net present value of S/. 176,105.38 for a term of 5 years, being a very viable and profitable project for the company under study.

Keywords: Ergonomics, unattended orders, jobs, cast iron, metalworking, propellers.

Introducción

En el Perú, dentro de sus diversos tipos de actividades económicas el sector metalmecánico resalta como uno de los que aportan más desarrollo a la economía del país por servir de soporte a otros sectores económicos, y su crecimiento se sustenta en la abundancia de recursos naturales en éste [1]

Según PRODUCE [2] actualmente Perú cuenta con 13112 embarcaciones pesqueras formalizadas registradas, del cual en Lambayeque existen 1301 embarcaciones formales hasta el 2013 según INEI, que durante el inicio y transcurso del proceso extractivo de pesca, las embarcaciones tienen problemas como el incorrecto funcionamiento de las piezas que conforman el sistema de propulsión, y principalmente el desgaste de estas piezas debido a la corrosión que hay en el mar, denominado con el nombre de “broma” comúnmente llamado.

Toda esta situación demanda a los talleres metalmecánicos reparar o fabricar este tipo de productos, tratando de satisfacer a los clientes en el tiempo establecido y con la mejor calidad posible lo que se ha tornado cada vez más exigente. En consecuencia, están obligadas a satisfacer de manera plena las necesidades, expectativas y exigencias de cada cliente, puesto que el mercado en que se desenvuelven es de alta competitividad, de lo contrario se verán obligadas a perder sus clientes y ser desplazadas en el mercado.

San Simón S. A. C., ubicada en el distrito de Santa Rosa – Chiclayo, es una empresa metalmecánica que se encarga de la fabricación de piezas metálicas, principalmente de las piezas que conforman el sistema de propulsión de las embarcaciones. La empresa durante sus años de operación no ha tomado en cuenta realizar un análisis detallado sobre los aspectos que implican el llevar a cabo sus actividades como la productividad de mano de obra, condiciones de las estaciones de trabajo y sus efectos en los trabajadores, entre otros por lo que de esta situación ha derivado en diversas problemáticas que afectan sus resultados y su capacidad para atender pedidos.

Los puestos de trabajo disergonómicos es uno de los principales problemas, que trae consigo la baja productividad de mano de obra, saturación del operario, entre otros, que impiden el cumplimiento de la totalidad de los pedidos, siendo la productividad actual de 2 hélices por

operario/día, todo esto causando fatiga a los operarios en sus diferentes actividades productivas y exponiéndolos a los riesgos disergonómicos en sus puestos de trabajo.

Otra problemática que se presenta a causa de los puestos de trabajo disergonómicos, es el ausentismo laboral que presentan los operarios de la empresa durante el transcurso de sus actividades, lo que cual no permite alcanzar la capacidad completa de producción.

Conforme a lo mencionado, aparece la siguiente interrogante: ¿En qué medida un diseño de puestos de trabajo en el proceso de producción de piezas de embarcaciones en la empresa San Simón S.A.C. reducirá los pedidos no atendidos?

Con el propósito de responder esta interrogante se ha propuesto el objetivo general de: Plantear una propuesta de mejora en los puestos de trabajo en la elaboración de piezas de embarcaciones para reducir la cantidad de pedidos no atendidos, y los siguientes objetivos específicos: Realizar un diagnóstico de la situación actual del proceso productivo de la empresa, determinar la metodología a aplicar en la investigación, luego diseñar los puestos de trabajo ergonómicos en el proceso productivo que contribuya con el aumento de la productividad en la empresa, y por ultimo realizar un análisis costo – beneficio de la propuesta.

En estos días es crucial para las empresas incrementar sus productividades y velar por ambientes de trabajo que garanticen resultados favorables a las metas propuestas por su organización, de esta manera afrontar con mejor preparación las demandas que exige el mercado con el pasar del tiempo. Esta investigación se centrará en analizar todos los aspectos que influyen en el proceso de producción de la empresa para identificar las causas de sus problemáticas recolectando información que servirá para la búsqueda de ideas de mejora, de esta manera reducir los pedidos no atendidos y genere temas para posteriores investigaciones.

Revisión de literatura

2.1. Antecedentes

Según lo indicado por J. Gonzales, J. Carril, et al. en [3], su objetivo consistió en evaluar el impacto de un programa ergonómico en la eficiencia de una empresa especializada en la producción de envases de hojalata. La evaluación se llevó a cabo en el área de producción de envases, que contaba con la participación de 30 trabajadores. La recopilación de datos se realizó mediante el uso del instrumento de evaluación ergonómica REBA. Los resultados revelaron que las fases analizadas inicialmente obtuvieron puntuaciones que oscilaban entre 11 y 12, De acuerdo con los criterios del Método REBA, se demostró que la productividad laboral alcanzaba un promedio de 339,7 hojas por hora por persona. Se registró también una reducción en el puntaje promedio REBA, que disminuyó de 11,5 a 9,25. Como hallazgo definitivo, se comprobó que la introducción del programa de ergonomía resultaba en un aumento de la productividad desde las 339,7 hojas por hora por persona a 346,3, lo cual significa un crecimiento del 1,95%.

Según la referencia de J. Galvis, J. Pérez, et al. en [4], Sarmiento se propone examinar diversos factores de riesgo ergonómicos relacionados con la carga física, incluyendo aquellos ligados a movimientos repetitivos, posturas inadecuadas, manipulación de cargas y actividades sedentarias. La metodología empleada consistió en un estudio descriptivo y cuantitativo realizado entre los trabajadores del departamento de acabados. Para ello, se utilizó el instrumento RISK RECKONER junto con una encuesta destinada a describir sociodemográficamente al grupo estudiado. Los hallazgos indicaron que, de los seis puestos de trabajo evaluados en términos de carga física, el 17% (equivalente a uno de los puestos) registró un riesgo ergonómico bajo, mientras que otro 17% enfrentaba un riesgo ergonómico alto. Por otro lado, el 66% (cuatro de los puestos de trabajo) exhibió un riesgo medio. Como conclusión, se determinó la existencia de una alta probabilidad de malestar, riesgo de lesiones y/o dolor, lo cual demanda restricciones en las etapas de desarrollo y la revisión urgente del diseño de los puestos de trabajo.

Según refiere J. Reyes en [5] Su propósito es implementar una gestión de los procesos productivos en una empresa del sector metal-mecánico denominada instruequipos Cía. Ltda., empleando técnicas para estudio de tiempos, análisis, capacidad y simulación. Los resultados obtenidos fueron la identificación de las etapas que restringen el flujo continuo en el proceso de producción de unidades de pared y góndolas. Como conclusión determinaron la viabilidad de soluciones orientadas a conseguir una mejora de la productividad actual de los procesos. A través de la implementación de mejoras en las fases de los procesos de producción, lograron aumentar la capacidad productiva en un 50% respecto al nivel previo, alcanzando una producción de 3 unidades por día, y también se registró un aumento del 18% en la productividad.

Según A. Olufemi en [7] tiene por objetivo tiene analizar aspectos que afectan a los trabajadores en el desarrollo de sus labores. La metodología empleada fue recolectada a través de los síntomas musculoesqueléticos y la identificación de las causas de los TME. La postura de los trabajadores se observó que en los puestos de trabajo asistencia en la evaluación del nivel de riesgo de MSD para cada uno de los trabajadores se utiliza la evaluación rápida de todo el cuerpo (REBA) como herramienta. Como resultado, se obtuvo el resultado del uso de herramientas de vibración, posturas de trabajo y cargas pesadas. Durante los últimos 12 meses de este estudio, se observa que el 86,40% de los trabajadores se quejó de malestar en una o más de las regiones consideradas del cuerpo y 63,60% también. Como resultado de los resultados.

Según S. Mali y T. Vyavahare en [6] los objetivos de este trabajo es estudiar las posturas del trabajador industrial en la industria de la fundición utilizando el RULA. La evaluación utilizando el software CATIA V5R19. El trabajo de las posturas fue modelado en el software CATIA V5 R19. y luego se llevó a cabo la evaluación RULA. Desde el análisis de la regla, varias posturas incómodas fueron detectado con ingredientes de alto riesgo. Este papel presenta una evaluación ergonómica de la estación de trabajo en na industria de fundición en sangali en el estado de Maharashtra. Las diversas posturas claves de los trabajadores fueron evaluadas, también el estudio incluye sugerencias para la mejora y herramientas como el miembro superior rápido (RULA) y maniquí humano digital (DHM) fueron utilizados en este estudio.

J. Galvis, J. Pérez y Y. Ramírez en [7] en la cual se realizó una estudio en la ciudad de Colombia sobre la carga física que asumían los trabajadores pertenecientes al área de acabados en una industria metalmecánica, como objetivo se planteó disminuir los factores de riesgo disergonómicos, los cuales son originados por la carga física, movimientos continuos y repetitivos, además de posturas inadecuadas. Como metodología se aplicó un método de estudio descriptivo y cuantitativo, así mismo se aplicó el análisis de Risk Reckoner como instrumento. Como resultado se evaluaron seis puestos laborales, finalmente se determinó la valoración del riesgo disergonómico al que estaba expuesto, en donde se encontró que la primera estación de trabajo posee un (17%) de riesgo bajo, la segunda (17%) considerando un riesgo alto, y los demás puestos (66%) presentaron un riesgo medio. Como conclusión se obtuvo que en esa empresa existe una alta posibilidad de que los trabajadores presenten una inconformidad, dolor o un posible riesgo de lesiones a su salud, por lo cual se requiere de un rediseño de los puestos de trabajo lo antes posible.

2.2 Bases Teórico Científicas

2.2.1. Ingeniería de métodos:

Según Quesada [8] la ingeniería de métodos es el registro y análisis crítico sistemático de los modos actuales y proyectados de llevar a cabo una tarea, busca simplificarla y establecer procedimientos más económicos para desarrollarla. Encuentra la manera más sencilla de aplicar método más simples y efectivos para efectuar mejoras y reducir costos.

A) Objetivos de la ingeniería de métodos

Para García [9] los objetivos más importantes son:

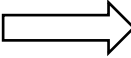
1. Mejorar los procesos y procedimientos.
2. Mayor eficiencia en la disposición y el diseño de la fábrica, equipos y lugares de trabajos.
3. Reducir el esfuerzo humano y la fatiga innecesaria.
4. Economizar el uso de materiales, máquinas y mano de obra.
5. Diseñar mejores condiciones de trabajo.
6. Hacer más fácil, rápido, sencillo y seguro el trabajo.
7. Aumentar la seguridad.

2.2.2. Diagrama de operaciones de flujo

Esta herramienta de análisis según García [9] es una representación gráfica de las etapas que conforman un proceso o un procedimiento, identificando mediante simbología la naturaleza de cada tarea.

Su función es favorecer el análisis y como soporte para descubrir y eliminar tareas ineficientes, por lo cual es necesario clasificar las tareas que tienen lugar durante un proceso dado en cinco categorías, los cuales se clasifican en operaciones, transportes, inspecciones, retrasos o demoras y almacenajes, como se muestra en la Tabla N° 1.

Tabla 1. Clasificación de acciones durante un proceso determinado

ACTIVIDAD	SÍMBOLO	RESULTADO PREDOMINANTE
OPERACIÓN		Se produce o efectúa algo
TRANSPORTE		Se cambia de lugar o se mueve
INSPECCIÓN		Se verifica cantidad o calidad
DEMORA		Se interfiere o retrasa el paso siguiente
ALMACENAJE		Se guarda o protege

Fuente: García

2.2.3. Estudio de tiempos

Según Palacios [10] se refiere a la evaluación del tiempo necesario para que un trabajador normal, capacitado y entrenado, utilizando herramientas específicas y operando en condiciones laborales óptimas, lleve a cabo una tarea o actividad específica.

2.2.4. Estudio de movimientos

Según la perspectiva de Quesada [8], la ergonomía implica examinar los movimientos necesarios para llevar a cabo una tarea de la manera más eficiente, sencilla y económica posible. Este análisis se centra en los movimientos esenciales requeridos para realizar cualquier tarea específica. Considera la oportunidad de mejorar la operación, lo que implica la eliminación de movimientos innecesarios para alcanzar la máxima eficiencia.

Para realizar el estudio de movimientos se dispone de las siguientes herramientas para la mejora de métodos.

A) Análisis de movimientos básicos

Según García [9] para realizar cualquier tipo de actividad dentro de un proceso productivo se requiere de un conjunto de movimientos básicos, y su eficiencia está sujeta a que emplee exclusivamente estos.

2.2.5. Productividad

Para López [11] la productividad es un dato de capacidad y velocidad de producción o creación, ya sea estructurado intelectualmente o por experiencia. La productividad siempre se ve afectada por el desperdicio de los recursos o insumos de la producción.

Según Rodríguez [12] la productividad se representa de esta manera

$$Productividad = \frac{Productos\ obtenidos}{Recursos\ invertidos}$$

2.2.6. Ergonomía

Según Hernández [2] la ergonomía es el estudio del puesto de trabajo, algunos autores mencionan que la ergonomía es la adecuación del trabajo al trabajador, además es aquella que influye directamente en el bienestar y la productividad del operario; así mismo, la ergonomía no solo es vista en ambientes laborales, ya que también está incluida en la práctica de deportes y diversas actividades en las cuales estén expuestas las personas. De igual manera aplicando ergonomía en la vida de las personas y su trabajo se logra disminuir la probabilidad de que sufran alguna lesión o complicaciones a su salud.

2.2.7. Sistema ergonómico

El sistema ergonómico consta de dos elementos fundamentales, según [13]: el ser humano y un entorno construido. Se centra en analizar los factores que influyen en la relación entre el ser humano y la máquina, teniendo en cuenta los elementos ambientales. Este sistema posibilita una interacción mutua para lograr un rendimiento óptimo, ya que permite que el individuo realice sus tareas mientras el objeto se adapta a las características del trabajo a realizar.

2.2.8. Objetivos de la ergonomía

El principal objetivo de la ergonomía [13] es proporcionar seguridad y confort a la persona, además está orientado a la mejora de la productividad y de la calidad; por otro lado, un punto a tomar sobre la ergonomía es conseguir la eficiencia en todas las actividades que se realicen, lo que significa obtener el resultado esperado sin desperdiciar demasiados recursos y sin fallas o daños en el trabajador involucrado. Un mal ambiente o espacio de trabajo, puede llegar a generar pérdidas en la eficiencia, generando un gasto de energía y tiempo en el proceso.

2.2.9. Productividad relacionada con ergonomía

La ergonomía [14] se relaciona directamente con la productividad de un trabajador o de un proceso, ya que busca a través de métodos de trabajo, que un proceso se lleve de manera continua y mantenga su nivel de producción, viendo desde el punto de vista de las empresas, gracias a la ergonomía se logra evitar el ausentismo laboral, ya sea por enfermedades o accidentes ocasionados en los trabajadores; el cansancio y la fatiga del personal, lo cual influye significativamente en su desempeño, es por lo cual si se desea mejorar la productividad de un proceso, se debe tener en cuenta el factor de la ergonomía.

2.2.10. Estación de trabajo

Según Hernández [2] la estación de trabajo es en esencia el lugar donde un trabajador puede realizar sus funciones designadas, en situaciones óptimas, la estación de trabajo debe estar adecuada con el trabajador, para así lograr una eficiencia máxima tanto en seguridad como rendimiento del trabajador.

2.2.11. Métodos de evaluación de la ergonomía

A continuación, se describen los métodos más comunes utilizados en la ergonomía para evaluar las posturas corporales en el trabajo.

2.2.11.1. Método Rapid Upper Limb Assessment (RULA)

Este tipo de método [15] es aplicado cuando existe un posible daño o trastorno al musculo esquelético, generado por una excesiva carga muscular, así mismo estudia las actividades repetitivas, con la finalidad de evitar el estrés y las posibles enfermedades que generan.

RULA funciona mediante puntuaciones, según cada categoría se establecerán medidas que puedan solucionar o disminuir el problema postural. Para su evaluación se divide cada parte del cuerpo por secciones: En el grupo A se encuentra el análisis de muñeca, brazo y antebrazo; y en el grupo B se encuentra las piernas, cuello y tronco.



Figura 1. Evaluación postural según RULA

Fuente: Ergonautas

Aplicación del método:

1. Monitorear las actividades del empleado durante su jornada laboral.
2. Identificar las posturas críticas para su evaluación futura.
3. Elegir qué lado del cuerpo será objeto de análisis.
4. Capturar imágenes para el cálculo de ángulos corporales.
5. Utilizar las fotografías para calcular las puntuaciones de cada segmento corporal.
6. Establecer el nivel de intervención necesaria basándose en las puntuaciones obtenidas.
7. Identificar las medidas correctivas a implementar.
8. Modificar el diseño del puesto de trabajo si se requiere.

9. Llevar a cabo una evaluación posterior para verificar la eficacia de los cambios realizados.

2.2.11.2. Método Rapid Entire Body Assessment (REBA)

Este tipo de método [16] , complementa la metodología RULA, ya que posee las mismas características, pero incluye a profundidad el estudio de las partes inferiores; este método evalúa posturas de forma individual y no conjuntos de posturas, es por lo cual, se necesita elegir las posturas a las que se expone el trabajador en su estación de trabajo, de preferencia se estimarán aquellos que realicen trabajos repetitivos, con cargas excesivas o algún factor de la misma índole. De igual manera se divide en dos grupos el A está integrado por cuello, piernas y tronco; y el grupo B por muñeca, brazo y antebrazo.



Figura 2. Evaluación postural según REBA

Fuente: Ergonautas

Procedimiento para la aplicación del método:

1. Monitorear al empleado a lo largo de sus tareas diarias.
2. Identificar las posturas que requieren análisis futuro.
3. Seleccionar qué lado del cuerpo, izquierdo o derecho, se evaluará.
4. Utilizar fotografías y el Ruler para calcular los ángulos del cuerpo.
5. Basándose en las imágenes, calcular puntuaciones para cada segmento corporal.
6. Usar las puntuaciones para evaluar el nivel de riesgo o necesidad de acción.
7. Identificar qué medidas correctivas son necesarias.

8. Modificar el entorno o las prácticas laborales si es preciso.
9. Conducir una nueva evaluación para verificar la efectividad de las modificaciones.

2.2.11.3. Método OWAS (Ovako Working Analysis System)

Permite determinar las valoraciones, a través de las cargas físicas realizadas, a diferencia de las otras metodologías mencionadas anteriormente, el OWAS realiza una evaluación completa corporal, sin embargo, genera valoraciones no del todo acertadas, además a pesar que es una metodología antigua, sigue siendo muy usada para evaluar cargas posturales [15].



Figura 3. Evaluación postural según OWAS

Fuente: Ergonautas

Procedimiento para la aplicación del método:

1. Determinar si las actividades deben ser divididas en etapas
2. Establecer el número total de tiempo a observar
3. Determinar el número de veces que se dará la observación
4. Observación de posturas corporales
5. Cálculo del riesgo según las posturas corporales
6. Cálculo de actividades repetitivas o frecuentes
7. Determinar si amerita acciones correctivas según los resultados
8. Evaluar nuevamente, después de los cambios realizados.

2.2.11.4. Método Evaluación Postural Rápida (EPR)

Este es un método práctico, que principalmente estudia las cargas y posturas repetitivas, esto genera una fatiga corporal a la persona, así como también otro tipo de enfermedades y daños a la salud, el EPR en sí no es un método, pero si complementa a los demás, ya que evalúa las posturas inadecuadas que generan mayor impacto en la salud de la persona, posteriormente se debe realizar una evaluación más profunda a través de distintas metodologías como pueden ser el REBA, RULA u OWA [15].

Tabla de posturas					
Sentado Normal		Sentado Inclinado		Sentado Brazos por encima de los hombros	
De pie Normal		De pie Brazos en extensión frontal		De pie Brazos por encima de los hombros	
De pie Inclinado		De pie Muy inclinado		Arrodillado Normal	
Arrodillado Inclinado		Arrodillado Brazos sobre los hombros		Tumbado Brazos sobre los hombros	
Agachado Normal		Agachado Brazos sobre los hombros			

Figura 4. Evaluación postural según EPR

Fuente: Ergonautas

2.2.12. Factores de riesgo disergonómico

Los principales riesgos disergonómicos [17] son:

- Posturas forzadas

Son aquellas posiciones que adopta un trabajador al realizar sus labores en el puesto de trabajo, exponiendo a su vez sus regiones anatómicas a posibles daños.

Factores de riesgo involucrado:

1. Duración de posturas
2. Posturas del tronco
3. Posturas de extremidad superior
4. Posturas de cuello
5. Posturas de extremidad inferior

La adopción de una serie de posturas forzadas, a la larga traen complicaciones, es posible que lleguen a dañar de forma parcial o total a la persona, estas lesiones ocurren de forma

constante, que en un principio generan una simple molestia, pero luego se agravan y pueden llegar a ser insoportables y requerir tratamiento médico [17].

- **Movimientos repetitivos:**

Es considerado como movimiento repetitivo a aquellos realizados por intervalos menores a 30 segundos o más del 50% de todo el ciclo es utilizado para un solo movimiento.

1. Uso excesivo de la fuerza
2. Adopción de posturas y movimientos forzados
3. Tiempos cortos de recuperación
4. Tiempos de recuperación insuficiente
5. Duración de trabajo repetitivo

Lesiones más frecuentes

Las lesiones [18] más comunes que sufren los trabajadores tanto por las malas posturas como por las actividades repetitivas son:

- **Epicondilitis**

La irritación de los tendones ocasiona dolor a lo largo del brazo, siendo resultado de la ejecución de movimientos forzados de extensión de la muñeca.

- **Tendinitis**

Se trata de una inflamación en un tendón que surge, entre otras razones, debido a la exposición repetida a tensiones, flexiones, contacto con superficies duras o la presencia de vibraciones.

- **Tenosinovitis**

La generación excesiva de líquido sinovial ocasiona hinchazón y dolor, siendo resultado de realizar flexiones o extensiones extremas con la muñeca.

- **Síndrome del túnel carpiano**

Se origina por la presión ejercida sobre el nervio ubicado en la muñeca, causando una reducción del espacio en el túnel. Los signos característicos son dolor, pérdida de sensibilidad, sensación de hormigueo y adormecimiento en la mano.

- Lumbalgia

Se caracteriza por una contracción dolorosa y duradera de los músculos ubicados en la región baja de la espalda, particularmente en la zona lumbar, como consecuencia de cargas excesivas.

- Hernia

Desplazamiento de una víscera u otra parte blanda fuera de su cavidad natural ocasionada a menudo por el levantamiento de cargas pesadas.

- Ganglión

Es la salida del líquido sinovial a través de zonas de menor resistencia de la muñeca.

Resultados

3.1. DIAGNOSTICO DE LA SITUACION ACTUAL DE LA EMPRESA

3.1.1. Descripción de la empresa

San Simón S. A. C., ubicada en el distrito de Santa Rosa – Chiclayo, es una empresa metalmecánica que se encarga de la fabricación de piezas metálicas, principalmente de las piezas que conforman el sistema de propulsión de las embarcaciones.

Esta no cuenta con adecuados puestos de trabajo en los diferentes procesos de elaboración de las piezas metálicas para sus trabajadores, por ello es importante hacer observaciones, registros y evaluación, de la metodología del trabajo y de los procesos de manufactura existentes, para determinar una propuesta de mejora para disminuir los pedidos no atendidos.

a) Organigrama

San Simón tiene una estructura organizacional de trabajo simple, que está conformado por la gerencia, producción y ventas.

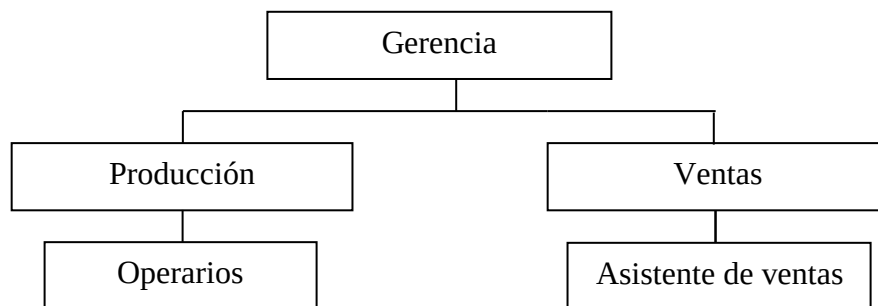


Figura 5. Organigrama de la empresa

Fuente: San Simón S. A. C.

b) Factor humano

La empresa está conformada por 7 personas en sus diferentes áreas. La gerencia a cargo del propietario, el área de ventas y el área de producción conformado por 6 operarios, 2 encargados en el área de fundición y 3 en el área de mecanizado.

El horario de trabajo de los operarios va estar determinada por la demanda, en los meses de menor producción ellos laboran de 8 am – 2 pm y en los meses de mayor producción de 8 am – 7 pm normalmente, subcontratando a más personal durante esos meses.

En la siguiente tabla se mostrará la siguiente información del personal sobre la edad, grado de instrucción y la experiencia en el rubro en la empresa San Simón S. A. C.

Tabla 2. Información de los operarios de la empresa

Personal	Cargo y/o función	Edad (años)	Educación	Experiencia en el rubro
Propietario	Gerente	62	Secundaria	40
Asistente de ventas	Encargado de ventas	49	Secundaria	27
Operario 1	Fabricación de moldes de piezas y fundición	27	Técnico	9
Operario 2		44	Secundaria	23
Operario 3	Proceso de mecanizado de piezas	36	Técnico	14
Operario 4		52	Secundaria	31
Operario 5		29	Secundaria	6

Fuente: San Simón S. A. C.

3.2. DESCRIPCION DEL SISTEMA DE PRODUCCION

3.2.1. Productos

a) Descripción de productos principales

La empresa tiene como actividad principal la fabricación de piezas como: hélice, ejes centro, pala del timón, bocinas, chumacero y bridas para los de embarcaciones. Y que el tamaño, peso y forma de estas piezas dependerán de cada embarcación. Como se muestra en las Figuras N°6, N°7, N°8 y N°9 respectivamente.



Figura 6. Hélice

Fuente: San Simón S. A. C.



Figura 7. Ejes centro

Fuente: San Simón S. A. C.



Figura 8. Pala del timón
Fuente: San Simón S. A. C.



Figura 9. Eje centro
Fuente: San Simón S. A. C.



Figura 10. Bocina

Fuente: San Simón S. A. C.



Figura 11. Chumacera

Fuente: San Simón S. A. C.

b) Otros productos

La empresa también fabrica y da mantenimiento de piezas para las diferentes maquinarias, equipos, herramientas, etc.

c) Sub Productos

No se tienen subproductos.

d) Desperdicios

En la etapa de fundición se tienen unas mermas de bronce cuando el operario realiza el proceso del vaciado.

e) Desechos

Como desechos se tienen los lixiviados, gases tóxicos, que salen del proceso de fundición y la viruta y efluentes que salen del proceso del mecanizado.

• Pedidos no atendidos

La demanda de fabricación de piezas propulsión para embarcaciones de pesca industrial de anchovetas y también pesca tradicional viene dada por las razones mostradas en la Tabla N°3.

Tabla 3. Causas del daño a piezas propulsión de embarcaciones

Piezas	Causas
Hélice	Huecos por dentro (porosidad) Desgaste de pieza debido a la corrosión galvánica que se da en el mar Impacto con algún objeto Enredamiento con redes de pesca Mal balanceamiento en el proceso de fabricación
Eje centro 1	Desgaste de pieza debido a la corrosión galvánica que se da en el mar Desgaste de pieza por tiempo de funcionamiento Material de mala calidad
Bocina	Desgaste de pieza debido a la corrosión galvánica que se da en el mar Desgaste de pieza por tiempo de funcionamiento
Pala de timón	Impacto con algún objeto Desgaste de pieza debido a la corrosión galvánica que se da en el mar

Fuente: San Simón S. A. C.

De las causas que más sobresale de todas, es la corrosión galvánica que se da producto de los meses en que las embarcaciones están en el mar como se aprecia en la Figura N°11.



Figura 11. Efecto de la corrosión galvánica

Fuente: San Simón S. A. C.

Esta corrosión galvánica afecta al deterioro de las piezas de propulsión de las embarcaciones, afectando a la velocidad o que las embarcaciones queden varadas en el mar o en el peor de los casos se hundan en el mar. Para el año 2019 la demanda no atendida de las piezas de fabricación se da más detalladamente a conocer en el Anexo 01, la cual el resumen de todo eso se da a conocer en la siguiente Tabla N 4°.

Tabla 4. Pedidos no atendidos 2019

Año 2019	DEMANDA							PRODUCCIÓN							PEDIDOS NO ATENDIDOS						
	Helice	Eje centro	Eje baron	Pala de timon	Bocina	Chumacero	Brida	Helice	Eje centro	Eje baron	Pala de timon	Bocina	Chumacero	Brida	Helice	Eje centro	Eje baron	Pala de timon	Bocina	Chumacero	Brida
Enero	13	5	1	2	5	2	12	11	5	1	2	4	2	12	2	0	0	0	1	0	0
Febrero	28	18	6	5	20	3	21	18	12	6	5	12	3	21	10	6	0	0	8	0	0
Marzo	21	12	2	8	10	5	19	15	10	2	8	7	5	19	6	2	0	0	3	0	0
Abril	5	3	0	2	2	4	4	5	3	0	2	2	4	4	0	0	0	0	0	0	0
Mayo	6	3	1	3	1	1	5	6	3	1	3	1	1	5	0	0	0	0	0	0	0
Junio	9	5	4	6	4	5	13	9	5	4	6	4	5	13	0	0	0	0	0	0	0
Julio	5	1	2	4	3	0	5	5	1	2	4	3	0	5	0	0	0	0	0	0	0
Agosto	3	2	0	2	1	2	2	3	2	0	2	1	2	2	0	0	0	0	0	0	0
Setiembre	4	3	1	3	2	1	7	4	3	1	3	2	1	7	0	0	0	0	0	0	0
Octubre	24	13	5	8	17	4	20	12	10	5	8	11	4	20	12	3	0	0	6	0	0
Noviembre	25	15	3	6	12	6	17	16	8	3	6	8	6	17	9	7	0	0	4	0	0
Diciembre	4	3	0	1	2	0	5	4	3	0	1	2	0	5	0	0	0	0	0	0	0
Total	147	83	25	50	79	33	130	108	65	25	50	57	33	130	39	18	0	0	22	0	0

Fuente: San Simón S. A. C

En la figura N°12 observamos el comportamiento de los pedidos que no llegaron a ser atendidos en porcentajes para el año 2019, siendo Enero, Febrero, Marzo, Noviembre y Diciembre los meses de mayor demanda no atendida.

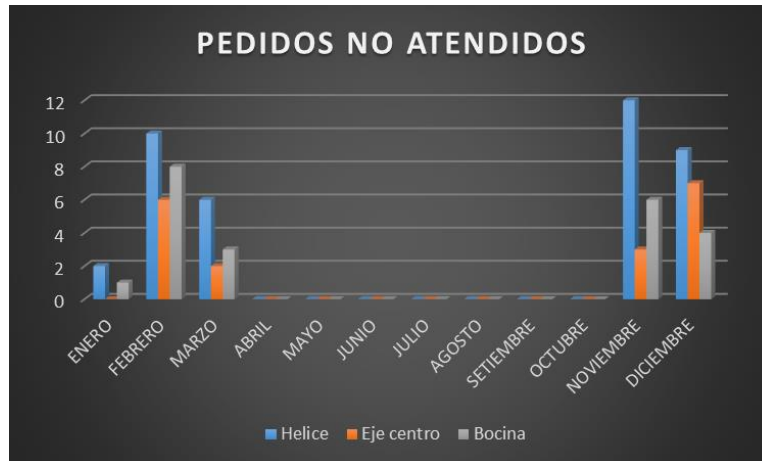


Figura 12. Meses de pedidos no atendidos 2019

Fuente: San Simón S. A. C.

Las 2 razones principales de este incremento se deben a que PRODUCE dictamina la temporada de pesca, la cual hace que los dueños de las embarcaciones manden a renovar sus piezas para comenzar la pesca industrial y de igual manera también para los meses de verano por la alta demanda de la pesca.

Y que de estos pedidos no atendidos la mayor cantidad de piezas no atendidas son los siguientes como se puede observar en la Figura N°13.



Figura 13. Demanda de piezas no atendidas 2019

Fuente: San Simón S. A. C.

Como se puede apreciar las piezas de mayor demanda no atendidas son la hélice, eje centro y bocina con 49%, 28% y 23% respectivamente.

Uno de los aspectos más resaltantes que tiene esta demanda es que la mayoría de clientes de las embarcaciones pesquera no pueden esperar más de 3 días, ya que cuando varan a tierra, por cada día que pasan dentro del puerto, les cobran aproximadamente S/ 40.

A fin de determinar el producto de mayor impacto económico en la empresa, se realizará una categorización ABC de acuerdo a las ventas no percibidas como se da a conocer en la Tabla N°5. El cual estará determinado por el precio de las piezas, que varían en función del tamaño de embarcación como se observa en el Anexo 02 y por la demanda de pedidos no atendidos en el año 2019, como se muestran en la Tabla N°3.

Tabla 5. Categorización ABC

PRODUCTOS NO ATENDIDOS	Precio (soles/unidad)	Ventas no percibidas (unid/año)	Ventas no percibidas (soles/año)	Porcentaje (%)	ABC
Hélice	9250	39	360750	66,99%	A
Eje centro	5750	18	103500	19,22%	B
Bocina	3375	22	74250	13,79%	C
TOTAL	18375	79	538500	100,00%	-

Fuente: San Simón S. A. C.

Se observa que las pérdidas económicas en todo el año 2019 fue de S/ 538 500 y que la pieza que mayor impacto económico ha generado es la hélice con un 66,99 %, que representa la categoría A, por lo cual se enfocara en ese producto para la presente investigación.

3.2.2. Requerimientos en el proceso de fabricación

a) Materiales directos

Los materiales directos empleados en el proceso productivo de piezas de embarcaciones se muestran en la Tabla N°6.

Tabla 6. Materiales directos en fabricación de piezas de embarcaciones

Materia prima	Descripción
Bronce	Es el mineral del cual se hacen las hélices y bocinas.
Zinc	Es el mineral que permite a las piezas retrasar el proceso de corrosión marina.
Fierro	Es el mineral del cual se hacen uno de los ejes centro y la pala del timón.
Borax	Es un aditivo que permite absorber la mayor cantidad de bronce cuando se funde.

Fuente: San Simón S. A. C.

b) Materiales indirectos

Como materiales indirectos para la producción de estas piezas se darán a conocer en la siguiente Tabla N°7.

Tabla 7. Materiales directos en fabricación de piezas de embarcaciones

Materia prima	Descripción
Molde para pieza	Son moldes de madera de forma cuadrada que se utiliza para contener la arena especial de fundición y el modelo de la pieza a elaborar.
Arena de fundición	Es una arena especial para fundir las piezas y que con esta se rellena el molde para las piezas y se le da forma.
Coque	Este mineral se utiliza como combustible para la fundición de las piezas.
Lubricante	Usado para los procesos de mecanizados en las piezas.

Fuente: San Simón S. A. C.

a) Maquinaria

La empresa cuenta con tres maquinarias para los diferentes procesos de fabricación de las piezas de embarcaciones que son los siguientes.

- **Torno:** Esta máquina la utilizan en las operaciones de desbaste, roscado y otras para los tres productos.



Figura 14. Torno industrial

Fuente: San Simón S. A. C.

- **Esmeril:** Utilizado para el proceso de esmerilado de las piezas.



Figura 15. Esmeril industrial

Fuente: San Simón S. A. C.

- **Sistema de horno:**



Figura 16. Sistema de horno de crisol

Fuente: San Simón S. A. C.

b) Herramientas

- **Comba:** Utilizado para tronzar las hélices hasta hacer en pedazos pequeños.



Figura 17. Comba de mango de madera

Fuente: San Simón S. A. C.

- **Molde de yeso:** Se utiliza como modelo para hacer la pieza.



Figura 18. Comba de mango de madera

Fuente: San Simón S. A. C.

- **Molde de madera:** Contiene al molde de yeso y la arena para formar la pieza.



Figura 19. Molde de arena para fundir

Fuente: San Simón S. A. C.

- **Tamiz:** Se utiliza para retener las partículas más gruesas de la arena.



Figura 20. Molde de arena para fundir

Fuente: San Simón S. A. C.

- **Cuchara de fundición:** Sirve para transportar y contener el bronce fundido.



Figura 21. Cuchara de fundición industrial

Fuente: San Simón S. A. C.

- **Paletas para moldear:**



Figura 22. Paletas para moldear arena

Fuente: San Simón S. A. C.

c) Suministro

Se utiliza la energía eléctrica suministrada por la empresa Electronorte.

3.2.3. Descripción del proceso

El proceso de fabricación de las hélices varia de tamaño, peso, forma y cantidad de palas, dependiendo de especificaciones como el tamaño de la embarcación y de los requerimientos del cliente.

Se divide en dos partes principalmente, el proceso de fundición y el proceso de mecanizado, a continuación, se describirán todos los procesos de producción de una hélice.

a) Etapa del moldeado

Esta etapa consiste en elaborar un molde de arena en el cual se verterá el bronce fundido para formar la hélice, este molde lo conforman 2 caras cada una contiene la mitad de la pieza, todo este proceso lo conforman tres sub operaciones, como se describirán.

1. Tamizado

Una vez puesto el molde de yeso en el molde de madera, el operario hace uso un tamiz para comenzar a eliminar las partículas más grandes de que puedan a ver en la arena de fundición.



Figura 23. Tamizado
Fuente: San Simón S. A. C.

2. Alisado

Calculado la cantidad de arena para la primera cara, con una herramienta especial comienzan aplanar la arena en todo el molde hasta que tenga una consistencia dura.



Figura 24. Alisado

Fuente: San Simón S. A. C.

Ambos procesos se repiten para la segunda cara, la cual se realizará arriba de la primera cara para formar todo el molde de arena completo.

3. Volteado

Una vez completado el molde de arena, se procede a voltearlo por el lado de la primera cara para que se asiente el molde yeso con ambas caras para que tenga más consistencia el molde arena.



Figura 25. Volteado

Fuente: San Simón S. A. C.

4. Asentado de tierra

Al estar unida las dos caras del molde se deja reposar para que, por efecto de la gravedad la cara del molde superior agarre un mejor impregnado el modelo de hélice de yeso con la tierra y tenga mayor consistencia junto a un mayor detalle de la pieza.

5. Separado de moldes

Pasado el tiempo de asentado de la tierra se procede al separado de los 2 moldes de arena, retirando muy cuidadosamente el modelo de yeso de la hélice.

6. Delineado

Esta operación es la más importante de toda la etapa del moldeado ya que el operario tendrá que corregir las imperfecciones causadas por el separado de los moldes y terminar de delinear detalladamente cada parte de la pieza para que no comprometa la calidad de la fundición con defectos en la pieza fundida.

Una vez terminado muy bien el delineado, finalmente se procede a unir las 2 caras del molde preparado para que el bronce liquido sea vertido en estos.



Figura 26. Delineado

Fuente: San Simón S. A. C.

b) Etapa de fundición**1. Recepción de materia prima**

Paralelamente en la misma área, el operario recepciona y verifica el tipo de hélice y en qué estado se encuentra.



Figura 27. Recepción de materia prima

Fuente: San Simón S. A. C.

2. Pesado

Los operarios cargan la pieza para ponerlo en una báscula, con el propósito de calcular la cantidad de bronce para completar el peso de la hélice.

3. Tronzado

Con una comba los operarios comienzan a romper el material en pedazos pequeños para luego ponerlo en el horno crisol.



Figura 28. Tronzado

Fuente: San Simón S. A. C.

4. Fundición

Una vez colocado el coque y otros materiales de combustión encendidos alrededor del horno crisol, el operario cada cierto intervalo de tiempo tiene que estar removiendo el bronce fundido.



Figura 29. Fundición

Fuente: San Simón S. A. C.

5. Vaciado

Llegado al punto de fundición del bronce, el operario procede a recoger una parte del bronce derretido con una cuchara y verterlo en el molde de arena.



Figura 30. Vaciado

Fuente: San Simón S. A. C.

6. Enfriado

Una vez vertido la cantidad necesaria para el bronce liquido al molde de arena se deja reposar por unos 10 minutos.



Figura 31. Enfriado

Fuente: San Simón S. A. C.

7. Desmoldado

Una vez pasado el tiempo de reposo el operario procede a retirar las caras de los moldes de la pieza fundida, lista para llevar al área de fundición.



Figura 32. Desmoldado

Fuente: San Simón S. A. C.

c) Etapa de mecanizado

1. Desbaste

La hélice transportada hacia el área de mecanizado de la empresa, es recepcionada por los operarios que lo cargan y colocan en el torno, en el cual un operario se encargará del desbaste de las imperfecciones que halla en la hélice.



Figura 33. Desbaste

Fuente: San Simón S. A. C.

2. Chaveteado

En el mismo torno se realiza esta operación, el cual consiste en remover una pequeña parte de material geométricamente en una parte del orificio de la hélice, en el cual ira la “chaveta” del eje centro cuando se unan las piezas de embarcación.



Figura 34. Chaveteado

Fuente: San Simón S. A. C.

3. Balanceado

En esta operación la hélice es bajada del torno y puesto en el equipo de balanceo, el cual un operario se encargará de la minuciosamente de esta función, ya que de no hacerlo correctamente es muy perjudicial para el motor, reduciendo su tiempo de vida o para el modelo, haciendo que se quiebre, para cualquier de los casos, estos provocan la mayoría de los accidentes que hay en altamar. El tipo de balanceo que hacen ellos es uno estático, el cual consiste en identificar el peso y la posición idónea en la que deben de remover parte de ese material para equiparar la fuerza ejercida por efecto del desequilibrio.



Figura 35. Balanceado

Fuente: San Simón S. A. C.

4. Esmerilado

Una vez correctamente muy bien balanceado la hélice, el operario con una esmeriladora comienza a eliminar material deformado o dañado presente en la superficie.

El objetivo de esta operación es conseguir una superficie plana que se pueda acondicionar fácilmente a través del pulido, utilizando menores tiempos para la operación.



Figura 36. Esmerilado

Fuente: San Simón S. A. C.

5. Pulido

Como en el esmerilado, en esta operación se eliminan los últimos defectos posibles que hayan quedado, pero en un menor tiempo y dejando como resultado final a la hélice con la superficie lisa y con un buen acabado.

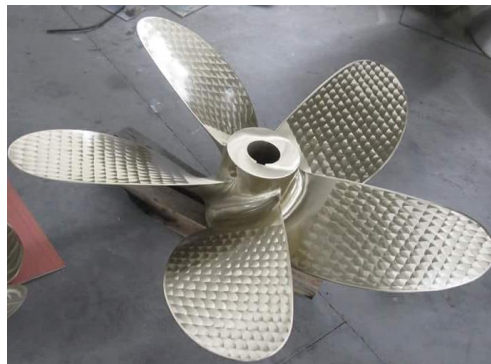


Figura 37. Pulido

Fuente: San Simón S. A. C.

6. Embalado

Como ultima proceso se tiene el embalado que consiste en proteger con un plástico a toda la hélice de posibles raspados o manchas, hasta que el cliente venga a recogerlo.



Figura 38. Embalado

Fuente: San Simón S. A. C.

El sistema de producción utilizado es intermitente empleando lotes de producción, ya que como se mencionó al inicio, las piezas varían según de peso, tamaño, forma de acuerdo al tipo de embarcación y de los requerimientos del cliente.

En la Figura N°39 se muestra el diagrama de flujo que representa gráficamente, de forma secuencial y simplificada las etapas del proceso de producción de hélices que se describió.

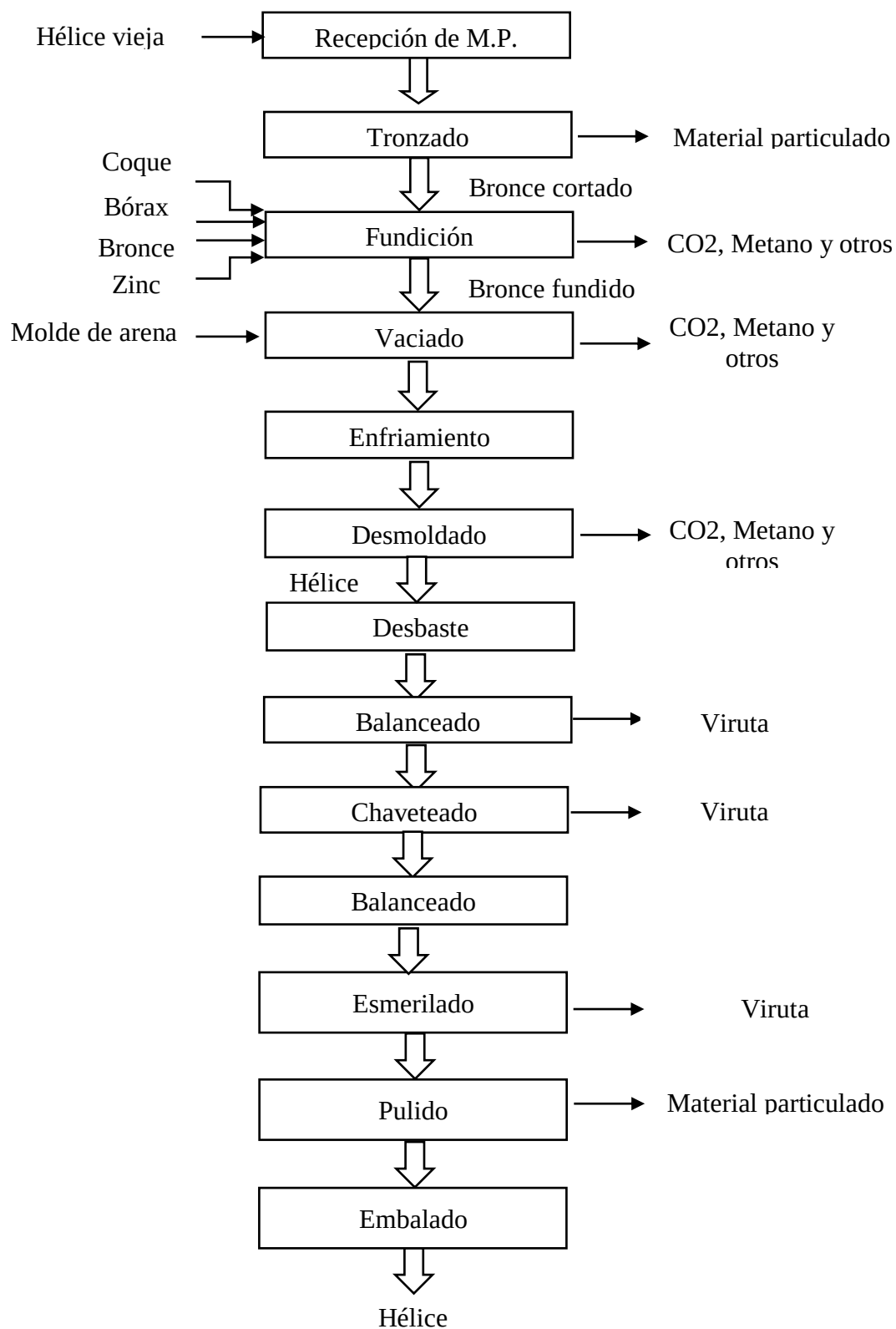


Figura 39. Diagrama de flujo de hélice

Fuente: San Simón S. A. C.

3.2.4. Diagrama de Análisis del Proceso

Este diagrama permite tener una visión general y detallada de las etapas que conforman el proceso, como las inspecciones, operaciones, almacenamientos, transporte y demora, mediante la representación gráfica y secuencial, que incluye información necesaria para el análisis.

- **Cálculo del tamaño de la muestra**

Se determinó el tamaño de muestra, utilizando el método tradicional, que se describirá a continuación, todos los cálculos detallados se observan en el Anexo 03.

- Toma de muestras preliminares:

Debido a la complejidad del producto, su proceso y tiempo de producción, se lograron tomar 6 muestras preliminares.

El muestreo realizado fue de tipo no probabilístico, por conveniencia, ya que como se mencionó, los pedidos no atendidos se dan en 5 meses, siendo para la evaluación Enero y febrero, enfocándose en la producción de las hélices.

Como población se optó por la totalidad del personal operativo (6), distribuidos en las etapas con 3 operarios en el área de fundición y otros 3 en el taller de mecanizado. El cual cada uno se encarga de realizar una serie de actividades muy agotadoras y en ayudar a sus compañeros.

- Cálculo de rango de los ciclos

Todas las muestras preliminares valoradas se realizaron durante las 8 h de jornada laboral en el área de fundición y 7 h en el taller de mecanizado, el cual se procedió a restar el tiempo mayor con el tiempo menos para obtener el rango de los ciclos.

- Cálculo de la media aritmética

Se realizó en todas las muestras preliminares de todas las operaciones que realizaron todos los operarios en el proceso de fabricación.

- Cálculo del cociente entre la media y el rango

Este cálculo permitirá determinar el número de observaciones a realizar.

- Número de observaciones

Al dividir la media por el rango, se contrasta el valor resultante con el número de observaciones presentado en la tabla del método tradicional, detallado en el Anexo 03. En estas tablas se presenta el tiempo promedio de todas las actividades (minutos/operación) que se dan en los meses de demanda no atendida ya mencionados, en el cual se identificó 3 etapas bien definidas en el proceso de fabricación de las hélices, siendo estas divididas en las etapas de Moldeado, Fundición y Mecanizado.

Todas estas actividades estando a cargo en las dos primeras etapas por 3 operarios y otros 3 operarios en la etapa de mecanizado.

• Etapa de moldeado

Tabla 8. Tiempo promedio del moldeado

Toma de muestras preliminares (min/operación)							
Etapas	1	2	3	4	5	6	Promedio
MOLDEADO							
Llevar modelo de yeso de hélice	6.18	5.2	7.43	9.16	8.46	7.35	7.30
Tamizado 1	13.12	15.15	12.51	13.24	17.08	11.12	13.70
Alisado 1	22.12	18.18	15.43	23.39	16.45	24.3	19.98
Tamizado 2	23.58	21.50	20.26	26.29	28.38	19.12	23.19
Alisado 2	36.52	33.34	31.31	38.44	24.41	37.24	33.54
Espera de personas necesarias para voltear el molde	18.12	24.42	15.24	19.51	15.59	26.58	19.91
Volteado	0.34	0.32	0.35	0.33	0.36	0.31	0.34
Amoldado de tierra	12.55	10.22	11.33	10.5	13.23	11.31	11.52
Separado de moldes	0.58	0.54	0.49	0.5	0.52	0.45	0.51
Retirado de molde de yeso	6.58	7.48	12.18	8.36	10.51	9.09	9.03
Delineado de molde 1	28.15	23.59	24.25	21.41	29.33	19.4	24.36
Delineado de molde 2	41.35	38.01	37.18	34.45	46.03	28.33	37.56

Fuente: San Simón S. A. C.

- **Etapas de fundición**

Tabla 9. Tiempo promedio de fundición

Toma de muestras preliminares (min/operación)							
Etapas	1	2	3	4	5	6	Promedio
FUNDICIÓN							
Recepción de M.P	1.08	3.14	1.01	2.46	2.42	3.10	2.20
Espera a su compañero para que lo ayude a ponerlo en la balanza	6.33	8.72	9.16	13.69	7.08	11.50	9.41
Pesado	0.13	0.20	0.17	0.15	0.21	0.19	0.18
Tronzado	19.28	14.42	23.04	12.19	22.46	18.26	18.28
Pre calentamiento de horno	16.43	11.34	19.33	13.09	15.26	9.41	14.14
Fundición	188.36	105.49	213.28	126.59	194.16	116.33	157.37
Vaciado	3.21	2.37	5.91	3.46	4.62	2.29	3.64
Enfriado	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00
Op necesarios para desmoldar y cargar hélice al carro de transporte	11.21	9.02	8.09	10.13	8.02	10.08	9.43
Desmoldado	5.04	7.02	5.28	7.54	6.33	8.17	6.56
Ir hacia taller de mecanizado	3.23	4.31	4.37	5.27	4.32	5.59	4.52

Fuente: San Simón S. A. C.

- **Etapas de mecanizado**

Tabla 10. Tiempo promedio de mecanizado

Toma de muestras preliminares (min/operación)							
Etapas	1	2	3	4	5	6	Promedio
MECANIZADO							
Op necesarios para cargar hélice al balanceador	10,46	9,49	11,38	13,10	10,56	12,36	11,23
Balanceado 1	6,34	5,40	4,48	7,10	5,19	4,35	5,48
Op necesarios para bajarlo y cargar hélice al torno	15,53	21,19	13,31	15,39	16,11	19,27	16,80
Desbaste	16,05	29,24	26,53	38,21	23,43	31,57	27,51
Chaveteado	11,44	17,59	13,42	19,46	16,11	22,10	16,69
Op necesarios para bajar hélice y cargarlo al balanceador	18,46	14,33	11,21	13,05	16,31	14,09	14,58
Balanceado 2	5,45	7,01	9,26	8,32	4,55	8,22	7,14
Op necesarios para bajar hélice	4,22	5,41	7,44	5,35	8,08	4,12	5,77
Esmerilado	186,03	208,46	179,24	198,48	191,12	201,33	194,11
Pulido	47,52	68,48	65,23	97,02	56,10	82,14	69,42
Embalado	5,21	3,34	7,02	4,02	6,44	3,53	4,93
Espera de operarios necesarios para cargar hélice al almacén	10,11	13,54	8,51	12,34	13,32	11,14	11,49
Transporte de hélice al almacén	0,23	0,18	0,21	0,19	0,26	0,17	0,21

Fuente: San Simón S. A. C.

➤ **Resumen de tiempos promedios**

En la Tabla N°11 se presenta un resumen del tiempo promedio de todas las actividades que conforman cada una de las 3 etapas.

Tabla 11. Resumen tiempo promedio

Etapas	Tiempo promedio (min)
Moldeado	200,94
Fundición	266,26
Mecanizado	385,12
Total	863,37

Fuente: San Simón S. A. C.

Se llevó a cabo un estudio de los tiempos que corresponden a las etapas que conforman el proceso de producción de las hélices cuyo primer DAP lo conforman las etapas de moldeado y fundición que se presentan en la figura 40 y el segundo DAP que lo conforma la etapa de mecanizado como se muestra en la figura 41.

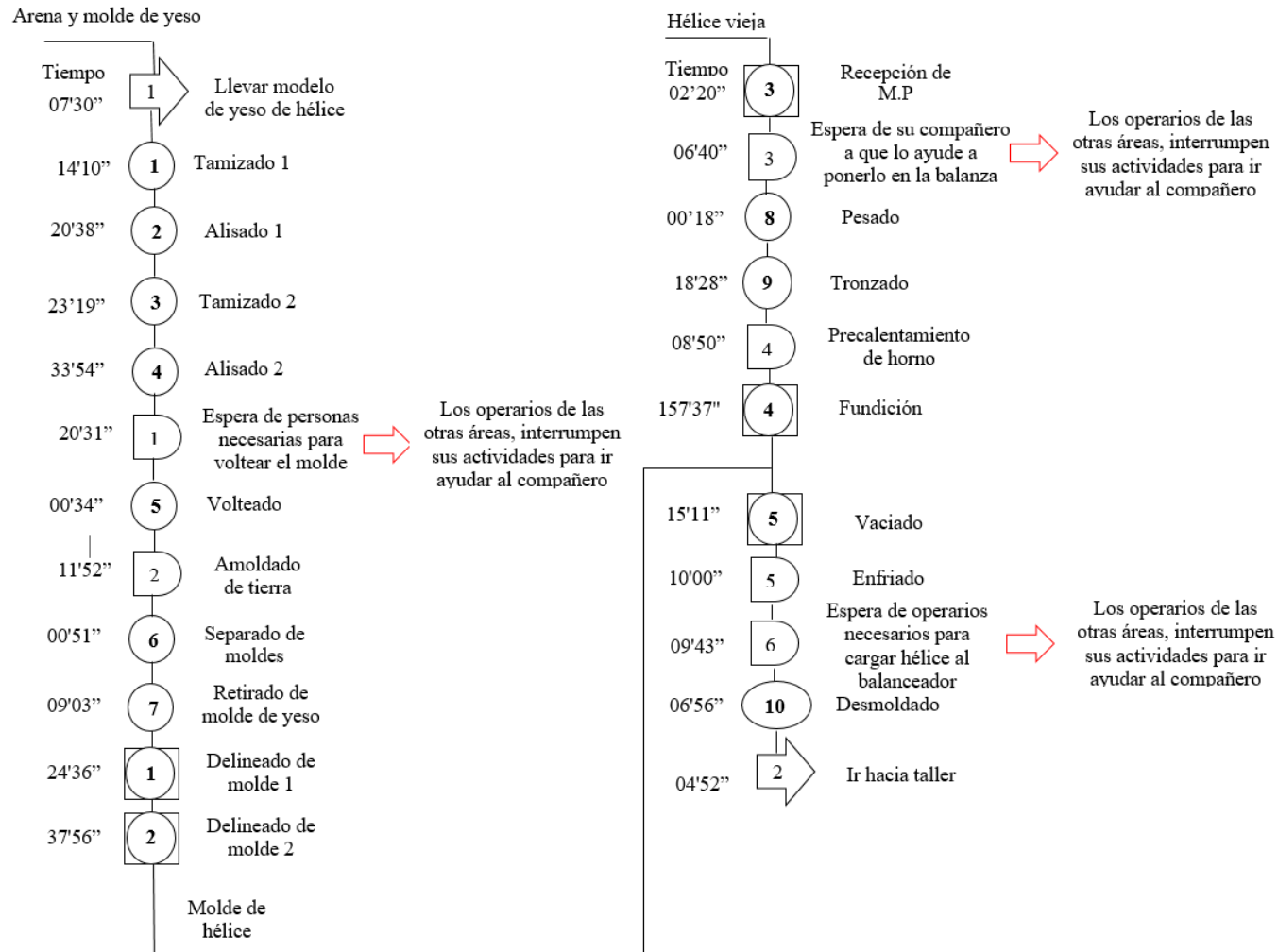


Figura 40. Diagrama de operaciones de hélice

Fuente: San Simón S. A. C.

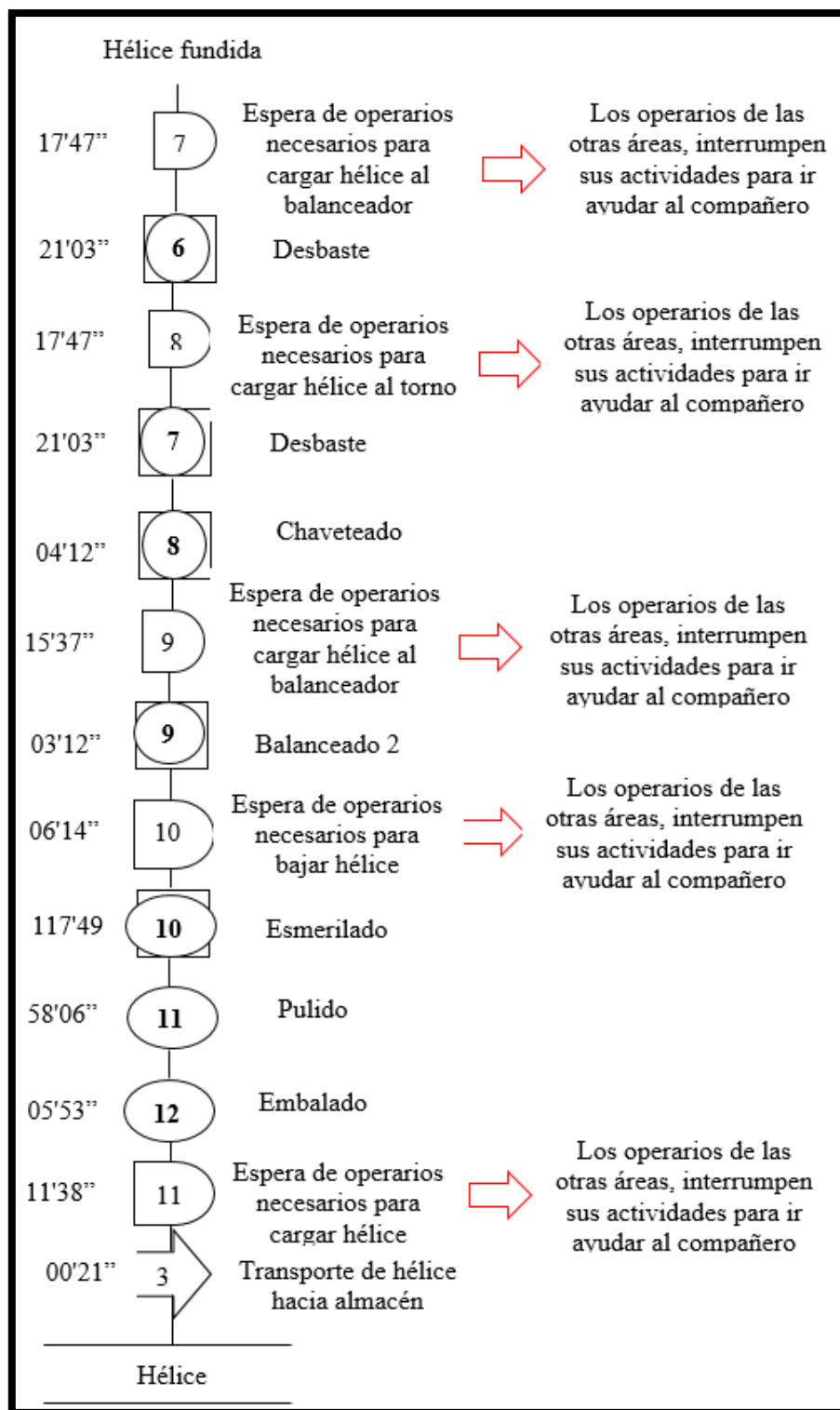


Figura 41. Diagrama de operaciones de hélice

Fuente: San Simón S. A. C.

El tiempo promedio total de fabricación de las hélices es de 824,10 minutos, en la Tabla N°12, se observa el resumen de tiempos que se obtuvo de la hélice, respectivamente.

Tabla 12. Resumen de operaciones de fabricación de hélice

ACTIVIDAD	CANTIDAD	TIEMPO (min)
Operación	12	199,65
Inspección	0	0
Combinada	10	487,50
Almacenamiento	0	0
Transporte	3	12,02
Demora	11	124,93
Total	36	824,10

Fuente: San Simón S. A. C.

En base al estudio de tiempos, el diagrama de operaciones y las observaciones durante todo el proceso de fabricación se pudo observar los siguientes puntos:

- En los tiempos de demora en las actividades, se da por la espera que tiene el operario en que lo ayuden a cargar la hélice sus otros compañeros, interrumpiendo las actividades de algunos de ellos.
- Se pudo observar que la segunda hélice de producción del día, en las actividades que son todas manuales, observándose un incremento considerable en el tiempo de elaboración con respecto a la primera hélice.
- Las actividades más perjudiciales para el operario se dan en el proceso de fundición, en la cual tiene que estar removiendo el bronce dentro del horno, estando expuesto a todos los gases contaminantes y luego transportar todo el bronce fundido hasta el molde de arena y verterlo.

El objetivo del estudio es determinar las causas de estos problemas, las cuales se identificaron y se dieron a comprender en el punto 3.2.1, haciendo una pequeña premisa antes de entrar a analizar ese punto, se dará a conocer primero los indicadores de producción actual, que se muestra a continuación.

3.2.5 Indicadores actuales de producción

❖ Indicador de Producción teórica

- Tiempo disponible

La empresa cuenta con seis trabajadores los cuales están repartidos en 3 operarios para el área de fundición y 3 operarios en el taller mecánico, el cual se tiene 2 jornadas laborales, un tiempo disponible de 8 horas/día para el área de fundición y otro tiempo de 7 horas/día en el taller de mecanizado y que cada uno trabajo de manera individual

$$\begin{aligned}
 \textit{Tiempo disponible A. Fundición} &= \frac{8 \text{ horas}}{\text{día}} \\
 &= \frac{8 \text{ horas}}{\text{día}} = \frac{480 \text{ minutos}}{\text{día}} \times 3 \text{ operarios} \\
 &= \frac{1440 \text{ minutos}}{\text{día}}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \textit{Tiempo disponible A. Mecanizado} &= \frac{7 \text{ horas}}{\text{día}} \\
 &= \frac{7 \text{ horas}}{\text{día}} = \frac{420 \text{ minutos}}{\text{día}} \times 3 \text{ operarios} \\
 &= \frac{1260 \text{ minutos}}{\text{día}}
 \end{aligned}$$

- Tiempo de ciclo

Según el estudio del diagrama de análisis de proceso en la Tabla N°40, entre los operarios, el tiempo promedio en las tres etapas para la fabricación de las hélices fueron las siguientes.

$$\textit{Tiempo de ciclo moldeado} = \frac{200,94}{\text{molde}}$$

$$\textit{Tiempo de ciclo fundición} = \frac{266,26}{\text{hélice fundida}}$$

$$\textit{Tiempo de ciclo mecanizado} = \frac{385,33}{\text{hélice mecanizada}}$$

El tiempo de ciclo total en todo el proceso de fabricación se muestra a continuación.

$$\textit{Tiempo de ciclo total} = \frac{824,10}{\textit{hélice}}$$

- **Cuello de botella**

En el estudio de tiempos que se realizó (Anexo 03), se observó que el tiempo promedio mayor fue el proceso de fundición, como se muestra a continuación.

$$\textit{Cuello de botella} = \frac{157,37}{\textit{hélice fundida}}$$

- **Producción promedio**

Para realizar los siguientes cálculos se tiene la siguiente formula.

$$\textit{Producción promedio} = \frac{\textit{Tiempo disponible}}{\textit{Tiempo de ciclo}}$$

Aplicando la formula se obtuvo los siguientes indicadores.

$$\textit{Producción promedio moldeado} = \frac{1440 \text{ minutos/día}}{200,94 \text{ minutos/molde}}$$

$$\textit{Producción promedio moldeado} = \frac{7 \text{ moldes}}{\textit{día}}$$

$$\textit{Producción promedio fundición} = \frac{1440 \text{ minutos/día}}{266,26 \text{ minutos/hélice fundida}}$$

$$\textit{Producción promedio fundición} = \frac{5 \text{ hélices fundida}}{\textit{día}}$$

$$\textit{Producción promedio mecanizado} = \frac{1260 \text{ minutos/día}}{385,33 \text{ minutos/hélice mecanizada}}$$

$$\textit{Producción promedio mecanizado} = \frac{3 \text{ hélices mecanizada}}{\text{día}}$$

La producción promedio total en todo el proceso de fabricación de las hélices es la que se muestra a continuación.

$$\textit{Producción promedio total} = \frac{8280 \text{ minutos/jornadas}}{852,10 \text{ minutos/hélice}}$$

$$\textit{Producción promedio moldeado} = \frac{9 \text{ hélices}}{\text{día}}$$

❖ **Producción real**

De la información y de la data de producción del 2019 brindada por la empresa (ver Anexo 01), la fabricación máxima de hélices que hacen al día fue la siguiente:

$$\textit{Producción real} = \frac{2 \text{ hélices}}{\text{día}}$$

La cual está limitada principalmente por el cuello de botella que hay en el proceso de fundición (página 60) y la gran variedad de tipos y tamaños de piezas de embarcaciones que la empresa fabrica.

- **Perdidas de mermas de bronce fundido**

En la empresa consideran entre 6 a 11 kg (dependiendo del tamaño de la hélice) de bronce adicional, debido a que existen perdidas de mermas por derramamiento cuando se realiza el proceso del vaciado, debido a la imprecisión del operario por el factor humano pero sobre todo en la cual este tiene que estar trasladando el bronce fundido desde el horno hasta el molde de arena yendo y viniendo más de 10 veces en promedio (según el estudio de tiempo del proceso de vaciado en el Anexo 04), lo que genera que el operario este muy fatigado en los brazos y aumente las imprecisiones al hora de vaciar todo el bronce fundido dentro del molde de arena como se observa en la Figura N°42.



Figura 42. Derrames de bronce fundido por cansancio del operario

Fuente: San Simón S. A. C.

Se obtuvieron los siguientes indicadores:

- **Porcentaje de perdidas (kg)**

Para hallar este indicador se tomaron como datos el peso promedio de una hélice (64 kg – 142 kg) y la cantidad promedio por derrames de bronce que considera la empresa (6 kg a 11 kg). Aproximadamente se pierde el 9 % de kilogramos por hélice.

$$\% \text{ pérdida por hélice} = \frac{9 \text{ kg}}{103 \text{ kg}} \times 100$$

$$\% \text{ pérdida por hélice} = 0,09 \text{ kg} \times 100$$

$$\% \text{ pérdida por hélice} = 9 \%$$

- **Pérdidas económicas (S/.)**

Para hallar el indicador se tomarán los datos la producción anual de hélices mostrado en la Tabla N°3 (Página 28), el promedio de derramamiento de bronce (kg) y el precio del bronce del mes (S/. 18/kg) de mayo en Perú, teniendo como resultados las siguientes pérdidas económicas.

Tabla 13. Pérdidas económicas por mermas de bronce 2019

Año 2019	PRODUCCIÓN HÉLICES	PÉRDIDAS DE MERMAS (KG)	PRECIO DEL BRONCE (S./)	TOTAL DE PÉRDIDAS
Enero	11	9	18	S/1,782
Febrero	18	9	18	S/2,916
Marzo	15	9	18	S/2,430
Abril	5	9	18	S/810
Mayo	6	9	18	S/972
Junio	9	9	18	S/1,458
Julio	5	9	18	S/810
Agosto	3	9	18	S/486
Setiembre	4	9	18	S/648
Octubre	12	9	18	S/1,944
Noviembre	16	9	18	S/2,592
Diciembre	4	9	18	S/648
Total				S/17,496

Fuente: San Simón S. A. C.

Se pudo observar en la tabla que la empresa tiene unas pérdidas económicas de S/17,496 por perdidas de mermas por derramamiento de bronce fundido.

3.2.6. Diagnóstico por causas

Tras realizar el análisis de todo el proceso de fabricación de las hélices, se determinó que son 3 las causas que generan a que la empresa no pueda atender todos los pedidos en los meses de mayor demanda, como se muestra a continuación.

A. Mano de obra

1. **Causa:** Baja productividad de mano de obra por fatiga causado por posturas disergonómicas.

- Evidencia:

En base al estudio de tiempo, se demostró que la productividad de mano de obra se muestra con una tendencia variable y se reduce conforme trascurren las horas de jornada de trabajo en donde se pudo observar con más énfasis en las actividades que son todas manuales, que se dan en las etapas de moldeado y mecanizado, como se muestra a continuación.

➤ **Productividad mano de obra en la etapa de moldeado**

a) **Tamizado**

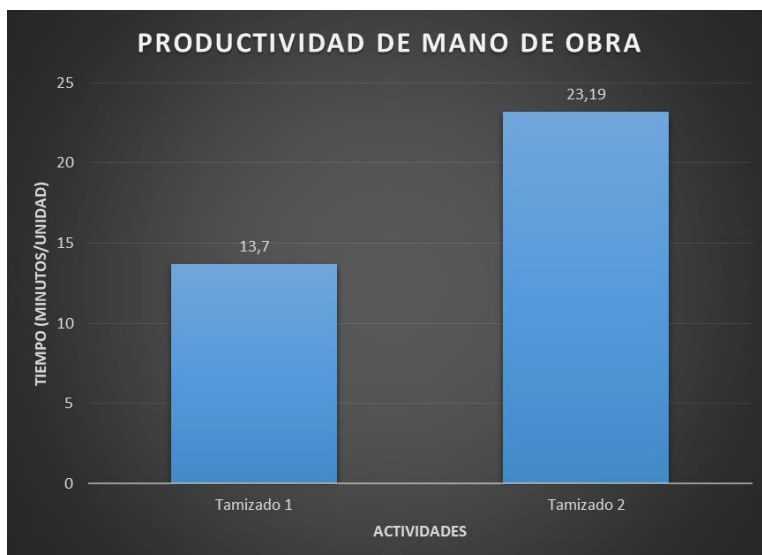


Figura 43. Productividad mano de obra en tamizado
Fuente: San Simón S. A. C.

b) **Alisado**



Figura 44. Productividad mano de obra en alisado
Fuente: San Simón S. A. C.

c) Delineado de molde



Figura 45. Productividad mano de obra delineado de molde

Fuente: San Simón S. A. C.

➤ Productividad mano de obra en la etapa de mecanizado

a) Esmerilado

En esta etapa se observó que el tiempo de la segunda hélice que esmerila el operario aumenta con respecto a la primera que realiza como se muestra en la Figura N°46, para ello se realizó un promedio del tiempo de producción tanto del esmerilado 1 y 2 que se mostró en la Tabla N°8 (página 48).

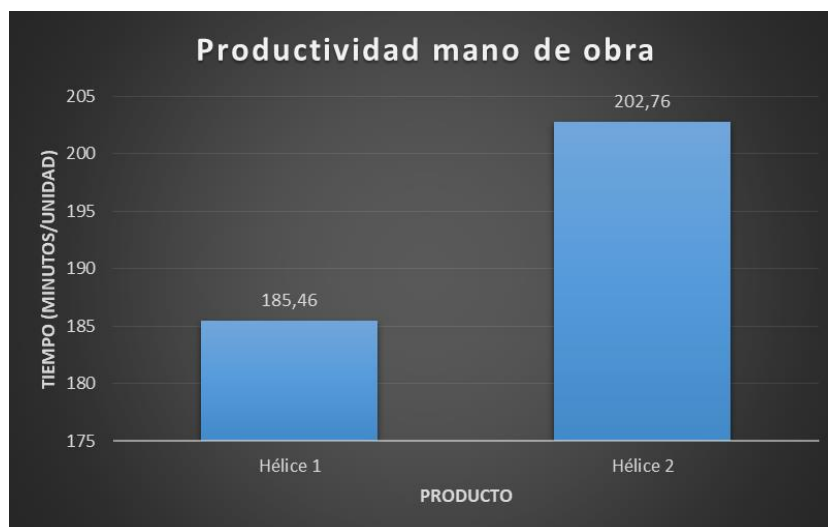


Figura 46. Productividad mano de obra esmerilado

Fuente: San Simón S. A. C.

b) Pulido

Al igual que el esmerilado, el tiempo de la segunda hélice que esmerila el otro operario aumenta con respecto a la primera que realiza como se muestra en la Figura N°30, para ello se realizó un promedio del tiempo de producción tanto del pulido 1 y 2 que se mostró en la Tabla N°8 (página 48).



Figura 47. Productividad mano de obra pulido

Fuente: San Simón S. A. C.

Al ser este proceso productivo, en su mayoría de fabricación manual en estas etapas, esta disminución de la productividad de mano de obra se da por puestos laborales no diseñados para la actividad, sobre todo de posturas disergonómicas y cargas muy excesivas que tienen que alzar, como muestra a continuación.

Con el fin de determinar las condiciones laborales que afectan a la productividad durante la jornada de trabajo, se aplicó la Lista de Comprobación Ergonómica, la cual se enfoca en un análisis básica a través de una evaluación de diez áreas con condiciones de trabajo que afecten la ergonomía.

3.2.6.1. Evaluación ergonómica

En su investigación de A. Olufemi “Assessment of Musculoskeletal Disorders (MSDs) in Workers in Selected Metalworking Micro-Enterprises (MMEs) in South-Western Nigeria” [14]. Las posturas de los trabajadores que se observó en los puestos de trabajo de asistencia en la evaluación del nivel de riesgo de MSD para cada uno de los trabajadores se utilizó la evaluación REBA como herramienta, ya que es la más adecuada para evaluar los riesgos posturales para esta investigación.

De acuerdo con lo anteriormente mencionado, se aplicó el método REBA para realizar la evaluación de las posturas más importantes y las que significan factores de riesgos disergonómicos asociados a las cargas posturales en las etapas del proceso.

➤ Aplicación del método REBA en la etapa del moldeado

Grupo A: Análisis de cuello, pierna y tronco

❖ Puntuación del tronco

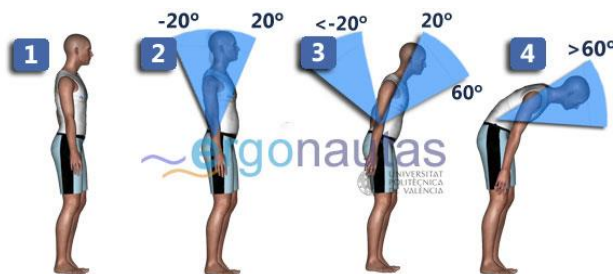


Figura 48. Posición tronco

Fuente: Ergonautas



Figura 49. Operario tamizando arena

Fuente: San Simón S. A. C.

Tabla 14. Puntuación del tronco

Posición	Puntuación
Tronco erguido.	1
Tronco en flexión o extensión 0° y 20°	2
Tronco en flexión >20° y ≤60° o extensión >20°	3
Tronco en flexión >60°	4

Fuente: Ergonautas

Toda la puntuación del tronco incrementó su valor debido a que existe torsión o inclinación lateral del tronco.

**Figura 50. Torsión del tronco**

Fuente: Ergonautas

**Figura 51. Operario tamizando arena**

Fuente: San Simón S. A. C.

Tabla 15. Modificación de la puntuación del tronco

Posición	Puntuación
Tronco con inclinación lateral o rotación	.+1

Fuente: Ergonautas

❖ Puntuación del cuello

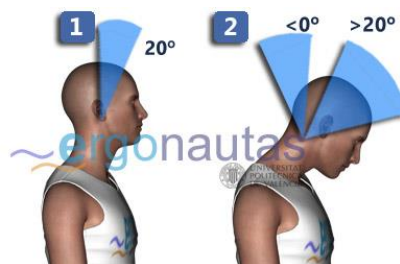


Figura 52. Flexión de cuello

Fuente: Ergonautas

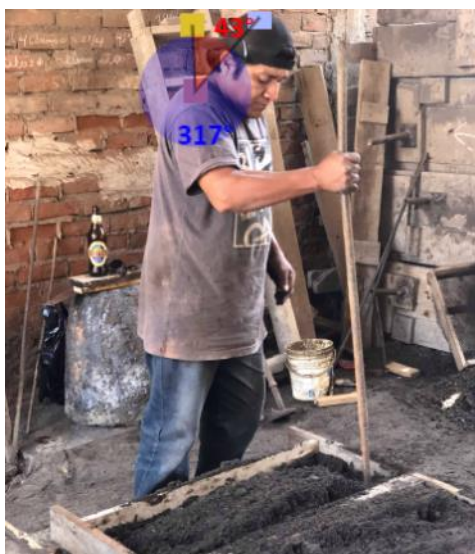


Figura 53. Operario alisando arena

Fuente: San Simón S. A. C.

Tabla 16. Modificación de la puntuación del cuello

Posición	Puntuación
Cuello en flexión entre 0° y 20°	1
Cuello en flexión entre > 20°	2

Fuente: Ergonautas

En esta posición, el trabajador ejecuta movimientos rotacionales, lo que conlleva a un ajuste en la puntuación del cuello, incrementándola en +1 sobre la puntuación base.



Figura 54. Flexión de cuello

Fuente: Ergonautas



Figura 55. Operario alisando arena de molde

Fuente: San Simón S. A. C.

Tabla 17. Modificación de la puntuación del cuello

Posición	Puntuación
Cabeza rotada o con inclinación lateral	.+1

Fuente: Ergonautas

❖ Puntuación de las piernas



Figura 56. Flexión de piernas

Fuente: Ergonautas



Figura 57. Operario alisando arena del molde

Fuente: Ergonautas

Tabla 18. Puntuación flexión de pierna

Posición	Puntuación
Sentado, andando o de pie con soporte bilateral simétrico	1
De pie con soporte unilateral, soporte ligero o postura inestable	2

Fuente: Ergonautas

La puntuación de las piernas aumentó debido a la presencia de flexión en una o ambas rodillas. Este aumento permitió considerar hasta 2 unidades si la flexión superaba los 60°. Este incremento en la puntuación se dio porque el trabajador estaba de pie; de haber estado sentado, este aumento no se habría tenido en cuenta.



Figura 58. Flexión de rodilla

Fuente: Ergonautas



Figura 59. Operario tamizando arena del molde

Fuente: San Simón S. A. C.

Tabla 19. Puntuación flexión de rodilla

Posición	Puntuación
Flexión de una o ambas rodillas entre 30° y 60°	1
Flexión de una o ambas rodillas de mas 60° (salvo postura sedente)	2

Fuente: Ergonautas

Grupo B: Puntuaciones de los miembros superiores (brazo, antebrazo y muñeca)

❖ Puntuación del brazo

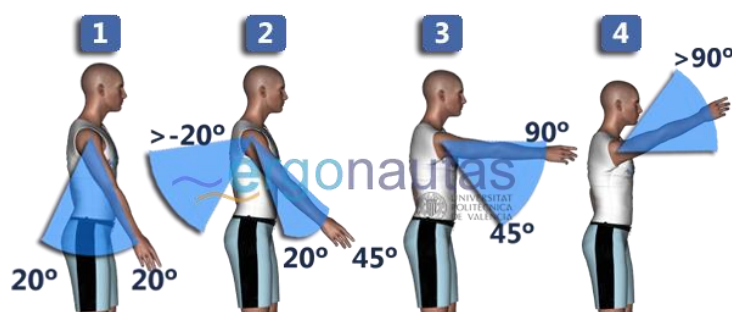


Figura 60. Flexión de brazo

Fuente: Ergonautas



Figura 61. Operario alisando arena del molde
Fuente: San Simón S. A. C.

Tabla 20. Puntuación de brazo

Posición	Puntuación
Desde 20° de extensión a 20° de flexión	1
Extensión > 20° o flexión > 20° y < 45°	2
Flexión > 45° y 90°	3
Flexión > 90°	4

Fuente: Ergonautas

La puntuación asignada al brazo experimentó un aumento, ya que según el método, la abducción o rotación del brazo, así como la elevación del hombro, podrían modificarla. No obstante, el método también considera como una circunstancia que disminuye el riesgo el hecho de que el brazo cuente con apoyo o adopte una posición a favor de la gravedad, lo que resulta en una reducción en la puntuación inicial del brazo en tales situaciones, como se detalla en la Tabla 44. Como se puede observar en la fotografía, el trabajador no cuenta con ningún tipo de apoyo, lo cual modifica la puntuación (+1).

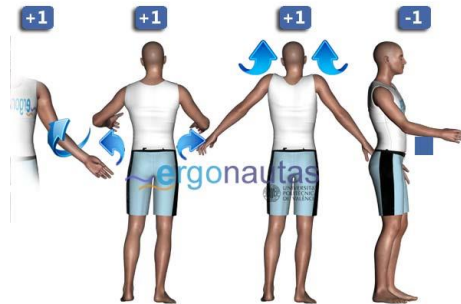


Figura 62. Flexión de hombros

Fuente: Ergonautas



Figura 63. Operarios volteando el molde

Fuente: San Simón S. A. C.

Tabla 21. Puntuación de antebrazo

Posición	Puntuación
Brazo abducido o brazo rotado	.+1
Hombro elevado	.+1
Existe un punto de apoyo o la postura a favor de la gravedad	.-1

Fuente: Ergonautas

❖ Puntuación del antebrazo

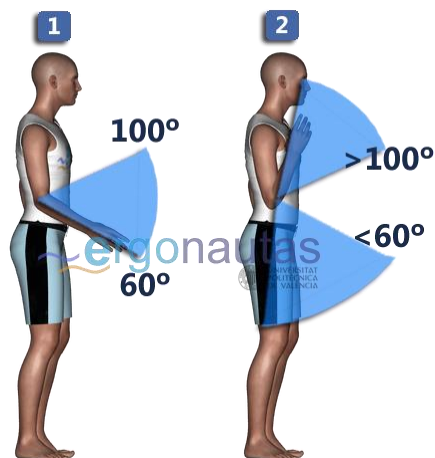


Figura 64. Flexión de antebrazo

Fuente: Ergonautas



Figura 65. Operario delineando molde

Fuente: San Simón S. A. C.

Tabla 22. Puntuación de antebrazo

Posición	Puntuación
El antebrazo está entre 60° y 100° de flexión	1
El antebrazo está entre < 60° o > 100° de flexión	2

Fuente: Ergonautas

❖ Puntuación de la muñeca

Para concluir la evaluación de los miembros superiores, se examinó la postura de la muñeca. La Tabla 45 presenta las dos posiciones tomadas en cuenta por el método.



Figura 66. Flexión muñeca
Fuente: Ergonautas



Figura 67. Operario aplanando tierra
Fuente: San Simón S. A. C.

Tabla 23. Puntuación de muñeca

Posición	Puntuación
Posición neutra	1
Flexión o extensión $> 0^\circ$ y $< 15^\circ$	1
Flexión o extensión $> 15^\circ$	2

Fuente: San Simón S. A. C.

PUNTUACIÓN DE LOS GRUPOS A Y B

Puntuaciones del grupo	
Miembros	Puntos
Tronco	5
Cuello	3
Piernas	4

Grupo A = 12 puntos

Se consultó la TABLA A, utilizada en el método REBA, para determinar la puntuación del grupo A:

Tabla 24. Puntuación grupo A

Tabla A												
Tronco	Cuello											
	1				2				3			
	Piernas				Piernas				Piernas			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1	1	2	3	4	1	2	3	4	3	3	5	6
2	2	3	4	5	3	4	5	6	4	5	6	7
3	2	4	5	6	4	5	6	7	5	6	7	8
4	3	5	6	7	5	6	7	8	6	7	8	9
5	4	6	7	8	6	7	8	9	7	8	9	9

Fuente: San Simón S. A. C.

Las puntuaciones obtenidas para los miembros del grupo B son las siguientes:

Puntuaciones del grupo	
Miembros	Puntos
Brazo	4
Antebrazo	2
Muñeca	2

Grupo B = 8 puntos

Se realizó la consulta de la TABLA B que se emplea en el método REBA para hallar la puntuación del grupo:

Tabla 25. Puntuación grupo B

Brazo	Antebrazo					
	1			2		
	Muñeca			Muñeca		
1	1	2	2	1	2	3
2	1	2	2	1	2	3
3	3	4	5	4	5	5
4	4	5	5	5	6	7
5	6	7	8	7	8	8
6	7	8	8	8	9	9

Fuente: San Simón S. A. C.

➤ **Puntuación de la carga o fuerza (Puntuación A):**

El empleado se encarga de la manipulación de cargas debido a la ausencia de asistencia mecánica, además, se observa una aplicación brusca de la fuerza, lo que resulta en un aumento en la puntuación del grupo A.

Tabla 26. Puntuación grupo A

Puntuación	Carga o fuerza
.+0	Carga o fuerza menor de 5 Kg.
 .+1	Carga o fuerza entre 5 y 10 Kg.
.+2	Carga o fuerza mayor de 10 Kg.

Fuente: Ergonautas

Grupo A = 9+1 = 10 puntos

➤ **Puntuación de tipo de agarre (Puntuación B):**

Cuando se lleva a cabo este tipo de labor, los agarres de la hélice no son efectivos, y se recurre a otras partes del cuerpo para realizar la tarea, lo que ocasiona un aumento en la puntuación del grupo B.

Tabla 27. Puntuación grupo B

Puntuación	Posición
.+0	Agarre bueno: El agarre es bueno y la fuerza de agarre de rango medio
 .+1	Agarre regularEl agarre con la mano es aceptable pero no ideal o el agarre es aceptable utilizando otras partes del cuerpo
.+2	Agarre malo: El agarre es bueno y la fuerza de agarre de rango medio
.+3	Agarre inaceptable: El agarre es torpe e inseguro, no es posible el agarre manual o el agarre es inaceptable utilizando otras partes del cuerpo

Fuente: Ergonautas

Grupo B = 6+1 = 7 puntos

PUNTUACIÓN C

A partir de la puntuación A (10 puntos) y la puntuación B (7 puntos), se consultó la tabla de valor para la puntuación C.

Tabla 28. Puntuación grupo C

Tabla A												
Puntuación A	Puntuación B											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	1	1	1	2	3	3	4	5	6	7	7	7
2	1	2	2	3	4	4	5	6	6	7	7	8
3	2	3	3	3	4	5	6	7	7	8	8	8
4	3	4	4	4	5	6	7	8	8	9	9	9
5	4	4	4	5	6	7	8	8	9	9	9	9
6	5	6	6	7	8	8	9	9	10	10	10	10
7	6	7	7	8	9	9	9	10	10	11	11	11
8	7	8	8	9	10	10	10	10	10	11	11	11
9	8	9	9	10	10	10	11	11	11	12	12	12
10	9	10	10	11	11	11	11	12	12	12	12	12
11	10	11	11	11	12	12	12	12	12	12	12	12
12	11	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12

Fuente: Ergonautas

PUNTUACIÓN FINAL

La puntuación final está relacionada con el tiempo de duración de la actividad y los cambios de postura. A la puntuación C = 12 se le adiciono +3.

Tabla 29. Puntuación grupo C

Puntuación	Posición
→ .+1	Una o más partes del cuerpo permanecen estáticas, por ejemplo soportadas durante más de 1 minuto
→ .+1	Se producen movimientos repetitivos, por ejemplo repetidos más de 4 veces por minuto (excluyendo caminar)
→ .+1	Se producen cambios de postura importantes o se adoptan posturas inestables

Fuente: Ergonautas

Después de analizar las posturas adoptadas, se llegó a una puntuación total de 14 puntos. Esta puntuación final indica un nivel de riesgo considerado como muy alto, según la tabla correspondiente.

Tabla 30. Puntuación grupo C

Puntuación	Nivel	Riesgo	Actuación
1	0	Inapreciable	No es necesaria actuación
2 o 3	1	Bajo	Puede ser necesaria la actuación.
4 a 7	2	Medio	Es necesaria la actuación.
8 a 10	3	Alto	Es necesaria la actuación cuanto antes.
11 a 15	4	Muy alto	Es necesaria la actuación de inmediato.

Fuente: Ergonautas

Este resultado señala la necesidad de tomar medidas de manera inmediata, ya que las posturas no ergonómicas adoptadas por los operarios de estiba durante sus actividades diarias podrían conducir eventualmente a trastornos musculoesqueléticos.

❖ Indicador de los puestos de trabajo con riesgos disergonómicos

- Posturas Incomodas o forzadas

% Cantidad de etapas del proceso productivo con riesgos disergonómicos por posturas forzadas

$$= \frac{\text{Etapas con riesgos disergonómicos por posturas forzadas}}{\text{Número de etapas totales}} \times 100$$

$$= \frac{7}{7} \times 100 = 100 \%$$

Todas las etapas del proceso productivo presentan riesgos disergonómicos por posturas forzadas.

➤ **Aplicación del método REBA en la etapa del moldeado**

Grupo A: Análisis de cuello, pierna y tronco

❖ **Puntuación del tronco**

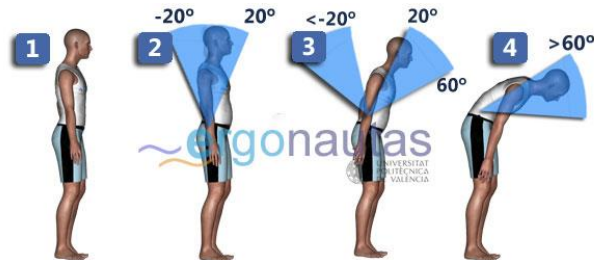


Figura 68. Posición tronco

Fuente: Ergonautas



Figura 69. Operario puliendo

Fuente: San Simón S. A. C

Tabla 31. Puntuación del tronco

Posición	Puntuación
Tronco erguido.	1
Tronco en flexión o extensión 0° y 20 °	2
Tronco en flexión >20° y ≤60° o extensión >20°	3
Tronco en flexión >60°	4

Fuente: Ergonautas

La puntuación del tronco incrementó su valor por existir torsión o inclinación lateral del tronco por parte del operario.



Figura 70. Torsión del tronco

Fuente: Ergonautas



Figura 71. Operario torciéndose para pulir

Fuente: San Simón S. A. C.

Tabla 32. Modificación de la puntuación del tronco

Posición	Puntuación
Tronco con inclinación lateral o rotación	.+1

Fuente: Ergonautas

❖ Puntuación del cuello

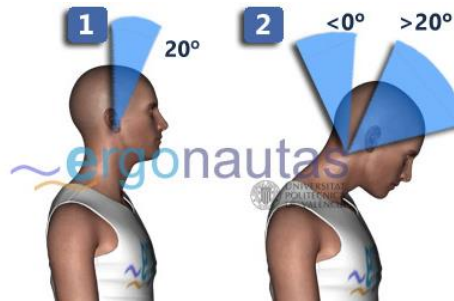


Figura 72. Flexión de cuello

Fuente: Ergonautas



Figura 73. Operario flexionando el cuello durante el pulido

Fuente: San Simón S. A. C.

Tabla 33. Modificación de la puntuación del cuello

Posición	Puntuación
Cuello en flexión entre 0° y 20°	1
Cuello en flexión entre > 20°	2

Fuente: San Simón S. A. C.

En esta posición, el trabajador efectúa movimientos rotatorios, por lo que se ajusta la puntuación del cuello incrementando en +1 la calificación inicial.



Figura 74. Flexión de cuello

Fuente: Ergonautas



Figura 75. Operario alisando arena de molde

Fuente: San Simón S. A. C.

Tabla 34. Modificación de la puntuación del cuello

Posición	Puntuación
Cabeza rotada o con inclinación lateral	.+1

Fuente: Ergonautas

❖ Puntuación de las piernas



Figura 76. Flexión de piernas

Fuente: Ergonautas



Figura 77. Operario esmerilando

Fuente: Ergonautas

Tabla 35. Puntuación flexión de pierna

Posición	Puntuación
Sentado, andando o de pie con soporte bilateral simétrico	1
De pie con soporte unilateral, soporte ligero o postura inestable	2

Fuente: San Simón S. A. C.

El puntaje asignado a las piernas aumentó debido a la flexión de una o ambas rodillas. Este aumento podía llegar hasta 2 unidades si la flexión superaba los 60°.

Dado que el trabajador estaba de pie, se aplicó un incremento en la puntuación; si hubiera estado sentado, este aumento no se habría tomado en cuenta.

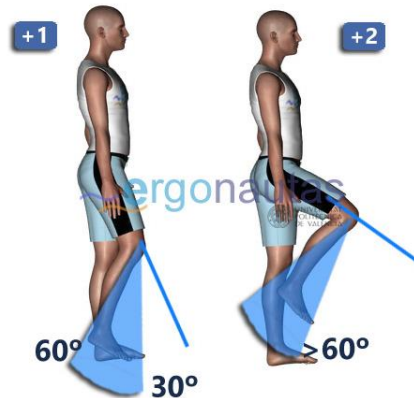


Figura 78. Flexión de rodilla

Fuente: Ergonautas



Figura 79. Operario esmerilando

Fuente: San Simón S. A. C.

Tabla 36. Puntuación flexión de rodilla

Posición	Puntuación
Flexión de una o ambas rodillas entre 30° y 60°	1
Flexión de una o ambas rodillas de mas 60° (salvo postura sedente)	2

Fuente: San Simón S. A. C.

Grupo B: Puntuaciones de los miembros superiores (brazo, antebrazo y muñeca)

❖ Puntuación del brazo

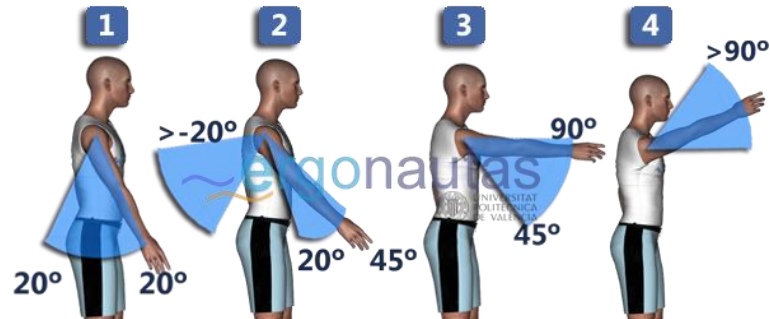


Figura 80. Flexión del brazo

Fuente: Ergonautas



Figura 81. Operarios transportando hélice

Fuente: San Simón S. A. C.

Tabla 37. Puntuación de brazo

Posición	Puntuación
Desde 20° de extensión a 20° de flexión	1
Extensión > 20° o flexión > 20° y < 45°	2
Flexión > 45° y 90°	3
Flexión > 90°	4

Fuente: Ergonautas

El puntaje para el brazo aumentó según el método, que señala que si el trabajador tiene el brazo en abducción, rotación o el hombro elevado, el puntaje puede ajustarse. No obstante, el método también reconoce que si hay soporte para el brazo o si se adopta una posición que aprovecha la gravedad, se puede reducir el puntaje inicial para el brazo. Según la Tabla 44, como se observa en la fotografía, el trabajador no dispone de apoyo, por lo que se incrementa el puntaje en (+1).

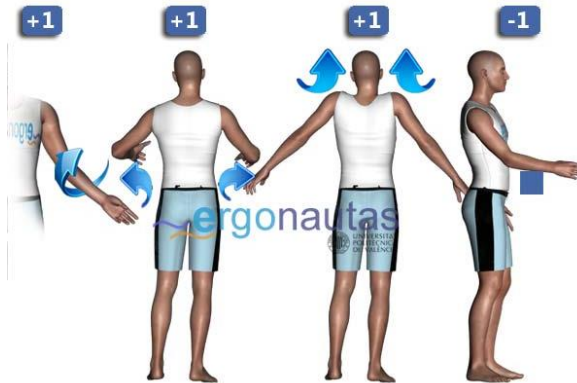


Figura 82. Flexión de hombros

Fuente: Ergonautas



Figura 83. Operarios transportando hélice

Fuente: San Simón S. A. C.

Tabla 38. Puntuación de antebrazo

Posición	Puntuación
Brazo abducido o brazo rotado	.+1
Hombro elevado	.+1
Existe un punto de apoyo o la postura a favor de la gravedad	.-1

Fuente: Ergonautas

❖ Puntuación del antebrazo

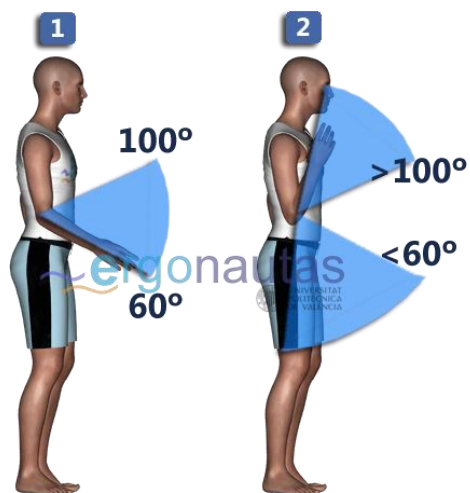


Figura 84. Flexión de antebrazo

Fuente: Ergonautas



Figura 85. Operarios transportando hélice

Fuente: San Simón S. A. C.

Tabla 39. Puntuación de antebrazo

Posición	Puntuación
Flexión o extensión < 60° y > 100°	1
Flexión o extensión 60° y 100°	2

Fuente: San Simón S. A. C.

❖ Puntuación de la muñeca

Para concluir el cálculo de los puntajes de los miembros superiores, se examinó la postura de la muñeca. La Tabla 45 detalla las dos posiciones tomadas en cuenta por el método.



Figura 86. Flexión muñeca
Fuente: Ergonautas



Figura 87. Operario cargando molde de arena
Fuente: San Simón S. A. C.

Tabla 40. Puntuación de muñeca

Posición	Puntuación
Posición neutra	1
Flexión o extensión $> 0^\circ$ y $< 15^\circ$	1
Flexión o extensión $> 15^\circ$	2

Fuente: San Simón S. A. C.

PUNTUACIÓN DE LOS GRUPOS A Y B

Puntuaciones del grupo	
Miembros	Puntos
Tronco	5
Cuello	3
Piernas	3

Grupo A = 11 puntos

Se realizó la consulta de la TABLA A que se emplea en el método REBA para hallar la puntuación del grupo A:

Tabla 41. Puntuación grupo A

Tabla A												
Tronco	Cuello											
	1				2				3			
	Piernas				Piernas				Piernas			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1	1	2	3	4	1	2	3	4	3	3	5	6
2	2	3	4	5	3	4	5	6	4	5	6	7
3	2	4	5	6	4	5	6	7	5	6	7	8
4	3	5	6	7	5	6	7	8	6	7	8	9
5	4	6	7	8	6	7	8	9	7	8	9	9

Fuente: San Simón S. A. C.

Las calificaciones asignadas a los miembros del grupo B se determinaron de la siguiente manera:

Puntuaciones del grupo	
Miembros	Puntos
Brazo	4
Antebrazo	2
Muñeca	2

Grupo B = 8 puntos

Se consultó la TABLA B, utilizada en el método REBA, para calcular el puntaje correspondiente al grupo.

Tabla 42. Puntuación grupo B

Brazo	Antebrazo					
	1			2		
	Muñeca			Muñeca		
1	1	2	2	1	2	3
2	1	2	2	1	2	3
3	3	4	5	4	5	5
4	4	5	5	5	6	7
5	6	7	8	7	8	8
6	7	8	8	8	9	9

Fuente: San Simón S. A. C.

➤ **Puntuación de la carga o fuerza (Puntuación A):**

El empleado manipula cargas manualmente debido a la falta de asistencia mecánica, y además, se hace uso de fuerza de manera abrupta, lo que resulta en un aumento del puntaje para el grupo A.

Tabla 43. Puntuación grupo A

Puntuación	Carga o fuerza
.+0	Carga o fuerza menor de 5 Kg.
.+1	Carga o fuerza entre 5 y 10 Kg.
.+2	Carga o fuerza mayor de 10 Kg.

Fuente: Ergonautas

Grupo A = 9+1 = 10 puntos

Puntuación de tipo de agarre (Puntuación B):

Durante la ejecución de estas tareas, los modos de sujeción del producto no son óptimos, requiriendo también el uso de otras partes del cuerpo, lo que lleva a un incremento en la puntuación para el grupo B.

Tabla 44. Puntuación grupo B

Puntuación	Posición
.+0	Agarre bueno: El agarre es bueno y la fuerza de agarre de rango medio
.+1	Agarre regular: El agarre con la mano es aceptable pero no ideal o el agarre es aceptable utilizando otras partes del cuerpo
.+2	Agarre malo: El agarre es malo y la fuerza de agarre de rango medio
.+3	Agarre inaceptable: El agarre es torpe e inseguro, no es posible el agarre manual o el agarre es inaceptable utilizando otras partes del cuerpo

Fuente: Ergonautas

Grupo B = 6+1 = 7 puntos

PUNTUACIÓN C

A partir de la puntuación A (12 puntos) y la puntuación B (7 puntos), se consultó la tabla de valor para la puntuación C.

Tabla 45. Puntuación grupo C

Tabla A												
Puntuación A	Puntuación B											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	1	1	1	2	3	3	4	5	6	7	7	7
2	1	2	2	3	4	4	5	6	6	7	7	8
3	2	3	3	3	4	5	6	7	7	8	8	8
4	3	4	4	4	5	6	7	8	8	9	9	9
5	4	4	4	5	6	7	8	8	9	9	9	9
6	5	6	6	7	8	8	9	9	10	10	10	10
7	6	7	7	8	9	9	9	10	10	11	11	11
8	7	8	8	9	10	10	10	10	10	11	11	11
9	8	9	9	10	10	10	11	11	11	12	12	12
10	9	10	10	11	11	11	11	12	12	12	12	12
11	10	11	11	11	12	12	12	12	12	12	12	12
12	11	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12

Fuente: Ergonautas

PUNTUACIÓN FINAL

La puntuación total se asocia con la duración de la actividad y los ajustes posturales realizados. Al valor C = 11, se le agregó un incremento de +3.

Tabla 46. Puntuación grupo C

Puntuación	Posición
→ .+1	Una o más partes del cuerpo permanecen estáticas, por ejemplo soportadas durante más de 1 minuto
→ .+1	Se producen movimientos repetitivos, por ejemplo repetidos más de 4 veces por minuto (excluyendo caminar)
→ .+1	Se producen cambios de postura importantes o se adoptan posturas inestables

Fuente: Ergonautas

Tras el análisis de las posturas que adoptan el personal operativo se determinó una puntuación final de 14 puntos. Esto nos indica un nivel de riesgo muy alto, según tabla 47.

Tabla 47. Puntuación grupo C

Puntuación	Nivel	Riesgo	Actuación
1	0	Inapreciable	No es necesaria actuación
2 o 3	1	Bajo	Puede ser necesaria la actuación.
4 a 7	2	Medio	Es necesaria la actuación.
8 a 10	3	Alto	Es necesaria la actuación cuanto antes.
11 a 15	4	Muy alto	Es necesaria la actuación de inmediato.

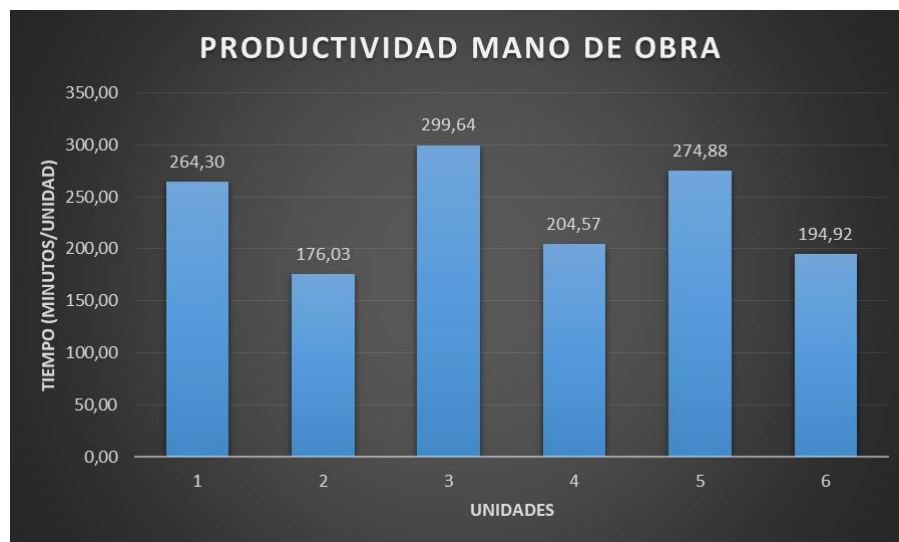
Fuente: Ergonautas

Este resultado nos indica que es necesario tomar una pronta intervención. Ya que estas posturas disergonómicas al desarrollar sus tareas los operarios de estiba pueden finalmente causarles trastornos músculo-esquelético durante la jornada laboral.

3.2.6.2. Causa: Saturación del operario en la etapa de fundición

- Evidencia

El operario durante las 9 horas de trabajo está fundiendo constantemente las piezas en el horno crisol, como se puede evidenciar en base al estudio de tiempo (Ver Anexo 02), la productividad de mano de obra es variable durante las horas de jornada laboral como se muestra en la Figura N°88.

**Figura 88. Variabilidad de mano obra en la etapa de fundición**

Fuente: San Simón S. A. C.

Una de las causas de esta variabilidad de la productividad de mano de obra se debe a la saturación de trabajo en los operarios debido a los movimientos repetitivos, el peligroso

trabajo que representan estas actividades y la capacidad del horno, como se detallara en las siguientes hojas.

De todas las actividades que conforman la etapa de fundición, las que mayor impacto tienen sobre las causas ya mencionadas, son el fundido y el vertido del bronce líquido, las cuales primero se iniciara dando una descripción detallada de estos procesos.

- **Fundición**

El proceso de fundición comienza con el precalentamiento del horno, en donde el operario se encarga de poner el coque y otros materiales de combustión en el hueco que hay en el suelo y prenderlo junto con el motor de ventilación, luego se va a traer el horno y colocarla dentro del hueco con todo el esfuerzo que conlleva trasladar el horno pesado de crisol y el calor al colocarlo, como se aprecia en la Figura N°89.



Figura 89. Operario colocando el horno de crisol

Fuente: San Simón S. A. C.

Una vez puesto el horno, se pone el material previamente tronzado por el operario, durante intervalos de tiempo el operario tiene que estar removiendo constantemente el bronce por unos minutos como se aprecia en la Figura N°90, con lo que conlleva que el operario termine exhausto por cada remoción que realice como se observa en la Figura N°91, debido al

movimiento repetitivo constante de este bronce espeso y sobre todo del calor asfixiante que produce todo este proceso de fundición.



Figura 90. Operario removiendo el bronce
Fuente: San Simón S. A. C.



Figura 91. Trabajador retirando el material
Fuente: San Simón S. A. C.

- **Vaciado**

Pasado un determinado tiempo de fundición del bronce el operario va comprobando empíricamente que el bronce se haya fundido en su totalidad y esté listo para ser vertido.

Una vez listo, se procede recoger el bronce fundido dentro del horno mediante una cuchara especial, como se aprecia en la Figura N°92.



Figura 92. Recogido del bronce fundido con una cuchara

Fuente: San Simón S. A. C.

El operario se encarga de trasladar la cuchara llena, del horno hasta el molde arena y comenzar a verter todo el bronce fundido al molde de arena, como se aprecia en la Figura N°93, el cual otro operario tendrá que asistirlo tanto para llenar la cuchara de bronce fundido como en el uso de un cuchillo especial para ayudarlo a verter todo el contenido, como se aprecia en la Figura N°94.



Figura 93. Traslado del bronce fundido
Fuente: San Simón S. A. C.



Figura 94. Traslado del bronce fundido
Fuente: San Simón S. A. C.

Después de analizar estas 2 actividades que en su totalidad lo realiza un mismo operario, el lector ya ha podido deducir el **cansancio y el peligro** que suponen estas actividades durante todo, por los movimientos repetitivos y los gases contaminantes que inhalan, sin mencionar las enfermedades ocupacionales que traen consigo, los cuales se analizaran más adelante en otro punto de la investigación.

De estas 2 actividades, se pudo inferir que la que mayor saturación del operario se da en el proceso del vaciado, el cual se hallara el indicador de saturación del operario y otros relacionados.

Para hallar estos indicadores, primero se calculará el tiempo estándar en base al estudio de tiempo en el proceso de vaciado (Ver Anexo 04) y el diagrama hombre máquina, que realiza el operario con respecto al sistema del horno, como se muestra en la Tabla N°48.

Tabla 48. Cálculo tiempo estándar

Elemento o tarea	Tiempo estándar (s)
Sujetar cuchara de fundición	0,02
Bajar cuchara hasta el horno	0,23
Llenado de cuchara	1,50
Desplazamiento hacia molde	0,52
Posicionamiento de cuchara en la boca del molde	0,30
Vaciado	0,51
Desplazamiento hacia horno	0,57
Tiempo estándar total	3,64

Fuente: San Simón S. A. C.

Tabla 49. Diagrama hombre máquina**Diagrama Hombre Máquina****Operación:** Vaciado**Máquina tipo:** Horno**Fecha:** 14 de febrero 2020**Diagramador:** Omar**Ciclo:** 3,64 minutos

Hombre	Tiempo		Máquina	Tiempo	
Sujetar cuchara de fundición	0,02		Fundido	0,02	
Bajar cuchara hasta el horno	0,23		Fundido	0,23	
Llenado de cuchara	1,50		Removido	1,50	
Desplazamiento hacia molde	0,52		Fundido	0,52	
Posicionamiento de cuchara en la boca del molde	0,30		Fundido	0,30	
Vaciado	0,51		Fundido	0,51	
Desplazamiento hacia horno	0,57		Fundido	0,57	

Fuente: San Simón S. A. C.

El indicador de la saturación del personal operario es el porcentaje de la relación del tiempo durante el cual se añade valor al producto y el tiempo de ciclo total.

Con respecto al diagrama hombre máquina mostrado, se puede observar que el tiempo de ciclo representa 3,64 segundos, se logra determinar que la saturación del operario es del 100 % como se muestra a continuación.

$$\text{Saturación del operario} = \frac{\text{Tiempo productivo operario}}{\text{Tiempo de ciclo}} \times 100$$

$$\text{Saturación del operario} = \frac{3,64 \text{ s}}{3,64 \text{ s}} \times 100 = 100\%$$

Este indicador da a comprender operario saturado al 100% saturado, ya que durante todo el vaciado el operario realiza esta actividad sin descanso, ya que no se puede esperar más de 20 s entre cada vertido porque el bronce comienza a enfriarse dentro del molde y que afecta bastante a la calidad del producto.

Otro factor importante que influye en la variabilidad de la productividad de mano de obra, en toda la etapa de la fundición, es la capacidad del sistema de horno, ya que, en los meses de mayor demanda de pedidos, la empresa tiene una producción de más 3 piezas de embarcaciones al día, la cual tiene un stock de proceso de moldes de arena para ser fundidos como se aprecia en la Figura N°95.

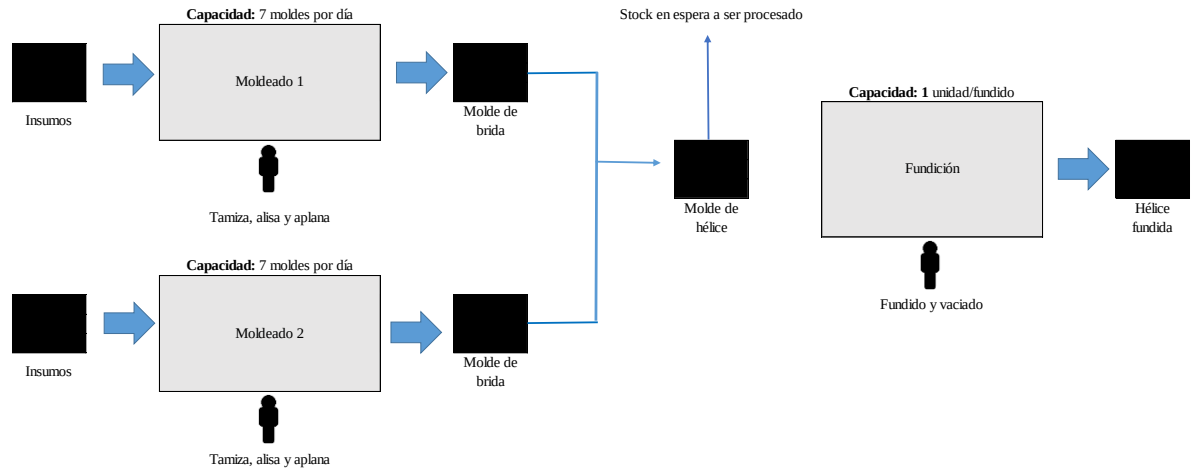


Figura 95. Flujo grama de estación de trabajo

Fuente: San Simón S. A. C.

Esta saturación del operario junto con la capacidad del sistema del horno afecta a la productividad de mano de obra en toda la etapa de fundición, ya que el mismo operario para hacer otra hélice tendrá que volver a repetir todas las actividades en más tiempo. En base al estudio de tiempo que se realizó en la etapa de fundición (página 54) se procedió a calcular la productividad de mano de obra de esta etapa, la cual fue la siguiente.

$$\text{Productividad mano de obra fundición} = \frac{\text{Producción obtenida}}{\text{Número de operarios}}$$

$$\text{Productividad mano de obra fundición} = \frac{2,02 \text{ hélices fundidas}}{1 \text{ operario}}$$

La productividad de mano de obra en la etapa de fundido es de 2,02 hélices fundidas/operario.

Como se ha podido deducir, el sistema del horno tiene la capacidad de fundir 1 pieza por fundido, la cual esta capacidad está dada por 2 factores, el tamaño del horno y la

saturación que tiene el operario por las muy malas condiciones de trabajo al realizar estas actividades tal y como se describieron en las páginas 52 y 35.

A esto hay que sumarle que también tiene que ayudar a sus otros compañeros a cargar las hélices, lo que todo trae consigo que el operario se tome más tiempo en realizar entre cada una de las actividades a lo largo de todo el día de producción.

Por todo lo mencionado anteriormente es por eso que la etapa de fundición representa el tiempo de **cuello de botella** como ya se mencionó anteriormente en el punto.

$$\text{Cuello de botella} = \frac{157,37 \text{ min}}{\text{unidad. día}}$$

- **Indicador:**

Resumiendo hasta el momento se han presentado los siguientes indicadores:

$$\text{Saturación del operario} = 100\%$$

$$\text{Productividad mano de obra} = \frac{2,02 \text{ hélices fundidas}}{1 \text{ operario}}$$

$$\text{Cuello de botella} = \frac{157,37 \text{ min}}{\text{unidad. día}}$$

B. Equipos protección individual y maquinaria

Actualmente la empresa no tiene en cuenta las condiciones de trabajo adecuadas en que los operarios desempeñen sus actividades, esto ocurre por la existencia de desinterés en temas relacionados a la seguridad y salud ocupacional.

1. Causa: Ausentismo laboral

La empresa no considera importante y no cuenta con el uso de equipos de protección personal adecuados para el operario, lo que trae consigo que la realización de todas sus actividades durante todo el día de producción, ellos se encuentren expuestos a factores de mucho riesgo lo que causan accidentes y enfermedades ocupacionales.

A continuación, se mostrarán imágenes en las etapas donde se observa el no uso y en algunos casos el mal estado de los equipos de protección personal.

- **Moldeado**

Se puede observar que los operarios que realizan todas las actividades están expuestos a factores de riesgo como, golpes, cortes, desgarramientos musculares y cargas de peso excesivas como se muestra en las siguientes figuras.



Figura 96. Operario 1 sin EPP'S expuestos a factores de riesgo
Fuente: San Simón S. A. C.



Figura 97. Operario 2 sin EPP'S expuestos a factores de riesgo
Fuente: San Simón S. A. C.



Figura 98. Operario 1 y 2 sin EPP'S expuestos a factores de riesgo

Fuente: San Simón S. A. C.

- Fundición

De las 3 etapas, todas las actividades que realiza el operario durante la etapa de fundición, representan los mayores factores de riesgo tales como golpes, fracturas, desgarros musculares, quemaduras y asfixias por gases tóxicos como se muestra en las siguientes imágenes.



Figura 99. Operario 1 sin EPP'S expuestos a factores de riesgo

Fuente: San Simón S. A. C.



Figura 100. Operario 1 sin EPP'S expuestos a factores de riesgo
Fuente: San Simón S. A. C.



Figura 101. Operario 1 sin EPP'S expuestos a factores de riesgo
Fuente: San Simón S. A. C.

- **Mecanizado**

En esta etapa los operarios están expuestos a golpes, cortes y desgarros musculares.



Figura 102. Operarios sin EPP'S expuestos a factores de riesgo

Fuente: San Simón S. A. C.



Figura 103. Operarios sin EPP'S expuestos a factores de riesgo

Fuente: San Simón S. A. C.

Tabla 50. Control EPP's

EPP	Utiliza		Riesgo de no usar EPP
	Si	No	
Guantes anti - cortes		✗	Cortes y golpes en el moldeado, fundición y mecanizado.
Mascarilla		✗	Inhalacion de material particulado en el moldeado y de bronce quemado en la etapa de mecanizado.
Lentes de seguridad		✗	Incrustación de partículas microporosas en las actividades del tronzado y esmerilado.
Casco		✗	Caídas y golpes en las etapa de fundición y mecanizado.
Zapatos de seguridad		✗	Cortes, golpes y quemaduras en el moldeado, fundición y mecanizado.
Traje de fundición		✗	Estrés térmico por calor y quemaduras por salpicaduras de metal fundido.
Protección facial		✗	

Fuente: San Simón S. A. C.

En la siguiente Tabla N°51 se detalla el tipo de accidente que han sufrido los 6 operarios realizando sus respectivas actividades en las 3 etapas para la producción de hélices durante los meses de mayor demanda del 2019 y se especifica también la cantidad de días de descanso o ausentismo laboral que han sufrido los operarios.

Tabla 51. Accidentes laborales en el año 2019

Mes	Fecha	Descripción del accidente	Etapas	Tipo	Ausentismo (días - operario)
Enero	08/01/2019	Tendinitis en el brazo por carga de hélice.	Moldeado	Leve	1
Febrero	10/02/2019	Quemadura del antebrazo en el vaciado.	Fundición	2° grado	1
	26/02/2019	Desgarro muscular en bíceps por sobreesfuerzo de carga de eje centro.	Mecanizado	Leve	1
Marzo	19/03/2019	Quemadura en las palmas de la mano.	Fundición	1° grado	1
Octubre	03/10/2019	Esguince de muñeca por carga de hélice.	Moldeado	Grave	2
	21/10/2019	Corte en el dedo índice por uso de torno.	Mecanizado	Leve	1
Noviembre	14/11/2019	Quemadura en el pie por salpicadura de bronce fundido.	Fundición	2° grado	1
	28/11/2019	Esguince de dedos de la mano por carga de eje centro.	Mecanizado	Moderado	1
Total					9

Fuente: San Simón S. A. C.

De todos los operarios repartidos en cada una de las 3 etapas el único que es muy difícil de conseguir un reemplazo temporal es el operario que realiza la etapa del moldeado, ya que son escasos debido a que los subcontratan otras empresas metalmecánicas durante los meses de mayor demanda para la actividad fundamental que desempeñan, el delineado, ya que esta persona tiene que tener conocimiento sobre cada detalle de la pieza y la habilidad para delinearla al detalle.

- **Indicador**

Con la información indicada en la Tabla N°51 de accidentes ocurridos durante el proceso se calculó los indicadores con respecto a la seguridad y salud en el trabajo, que favorecerá la determinación la situación actual, por lo que fue indispensable emplear la información mostrada en Tabla, donde se determinó el tiempo necesario para la producción de las hélices, tomando como referencia el tiempo en los meses de mayor demanda, como los días trabajados al año (Lunes – Sábados) y las jornadas laborales para cada etapa.

➤ **Índice de frecuencia**

Índice de frecuencia en la etapa del moldeado

$$\text{Índice de frecuencia} = \frac{\text{Número de accidentes}}{\text{Horas hombre trabajadas}}$$

$$\text{Índice de frecuencia} = \frac{2}{\frac{120 \text{ días}}{\text{año}} \times \frac{8 \text{ horas}}{\text{día}} \times 2 \text{ operarios}} \times 1\,000\,000$$

$$\text{Índice de frecuencia} = 925,92$$

La frecuencia es de 926 accidentes por cada 1 000 000 de horas hombre trabajadas en la etapa del moldeado en el año 2019.

Índice de frecuencia en la etapa de fundición

$$\text{Índice de frecuencia} = \frac{\text{Número de accidentes}}{\text{Horas hombre trabajadas}}$$

$$\text{Índice de frecuencia} = \frac{3}{\frac{120 \text{ días}}{\text{año}} \times \frac{8 \text{ horas}}{\text{día}} \times 1 \text{ operarios}} \times 1\,000\,000$$

$$\text{Índice de frecuencia} = 3125$$

La frecuencia es de 3125 accidentes por cada 1 000 000 de horas hombre trabajadas en la etapa de fundición en el año 2019.

Índice de frecuencia en la etapa de mecanizado

$$\text{Índice de frecuencia} = \frac{\text{Número de accidentes}}{\text{Horas hombre trabajadas}}$$

$$\text{Índice de frecuencia} = \frac{3}{\frac{120 \text{ días}}{\text{año}} \times \frac{7 \text{ horas}}{\text{día}} \times 3 \text{ operarios}} \times 1\,000\,000$$

$$\text{Índice de frecuencia} = 1190,48$$

La frecuencia es de 1042 accidentes por cada 1 000 000 de horas hombre trabajadas en la etapa de mecanizado en el año 2019.

➤ **Índice de severidad**

Índice de severidad en la etapa del moldeo

$$\text{Índice de severidad} = \frac{\text{Días perdidos}}{\text{Horas hombre trabajadas}}$$

$$\text{Índice de severidad} = \frac{3}{\frac{120 \text{ días}}{\text{año}} \times \frac{8 \text{ horas}}{\text{día}} \times 2 \text{ operarios}} \times 1\,000\,000$$

$$\text{Índice de severidad} = 1562,5$$

El número de días perdidos es de 1562,5 accidentes por cada 1 000 000 de horas hombre trabajadas en la etapa del moldeado en el año 2019.

Índice de severidad en la etapa de fundición

$$\text{Índice de severidad} = \frac{\text{Número de accidentes}}{\text{Horas hombre trabajadas}}$$

$$\text{Índice de severidad} = \frac{2}{\frac{120 \text{ días}}{\text{año}} \times \frac{8 \text{ horas}}{\text{día}} \times 1 \text{ operarios}} \times 1\,000\,000$$

$$\text{Índice de severidad} = 2083,34$$

El número de días perdidos es de 2083,34 accidentes por cada 1 000 000 de horas hombre trabajadas en la etapa del moldeado en el año 2019.

Índice de severidad en la etapa de mecanizado

$$\text{Índice de severidad} = \frac{\text{Número de accidentes}}{\text{Horas hombre trabajadas}}$$

$$\text{Índice de severidad} = \frac{2}{\frac{120 \text{ días}}{\text{año}} \times \frac{7 \text{ horas}}{\text{día}} \times 3 \text{ operarios}} \times 1\,000\,000$$

$$\text{Índice de severidad} = 793,66$$

El número de días perdidos es de 793,66 accidentes por cada 1 000 000 de horas hombre trabajadas en la etapa del moldeado en el año 2019.

➤ Producción perdida

El ausentismo laboral indicado en la Tabla N°51, significa un impacto negativo en la producción ya que, si cualquiera de los operarios en las 3 etapas se accidenta, retrasa a toda la producción lo que ocasiona que la empresa no pueda cumplir con la demanda de su mercado lo cual afecta también a la productividad de los operarios.

Para realizar este cálculo se consideró la producción promedio de cada etapa, presentado en la página.

Tabla 52. Producción perdida en el año 2019

Mes	Ausentismo (días - operario)	Etapas	Producción perdida (hélice/día operario)
Enero	1	Moldeado	2,69
Febrero	1	Fundición	2,02
	1	Mecanizado	1,25
Marzo	1	Fundición	2,02
Octubre	2	Moldeado	2,69
	1	Mecanizado	1,25
Noviembre	1	Fundición	2,02
	1	Mecanizado	1,25
Total	9		15,19

Fuente: San Simón S. A. C.

En la Tabla N°52 se observa que, a causa de la existencia del ausentismo laboral, la empresa no pudo producir 16 hélices/año.

3.2.6.3. Causa: Falta de implementación de equipos y maquinarias.

La empresa no tiene en cuenta la implementación de los equipos y maquinarias de carga adecuados para muchas actividades que requieren cargas muy pesadas de piezas de embarcaciones por parte de los operarios, lo que causa que tengan que esperar ayuda de otras personas para cargar, haciendo demasiado sobre esfuerzo físico y que tengan que interrumpir sus actividades que están haciendo por ir ayudar a su compañero, como se muestra en la siguiente Figura N°104.



Figura 104. Operarios del mecanizado cargando eje centro

Fuente: San Simón S. A. C.

- Indicador

En base al DAP (ver página 53), se observó que las demoras fueron del 16,34 %, de este total, solo por espera de operarios para carga de piezas, fue la siguiente.

$$\text{Demora de operarios para carga de hélices} = 26,79\%$$

Este indicador quiere decir que parte de las demoras que tiene la empresa son por la espera de operarios para cargar estas pesadas hélices y otras piezas, lo que provoca la interrupción de todo el proceso, que llevado a tiempo significa una pérdida de 98,61 minutos se desperdicia en estas demoras.

- Impacto económico

La suma de todas estas causas impide que la empresa pueda atender todos los pedidos dando como resultado el siguiente impacto económico.

Tabla 53. Pérdidas económicas 2019

2019				
Demanda de hélices	Producción de hélices	Pedidos no atendidos	Precio de hélice	Pérdidas económicas
147	108	39	9250	S/ 360,750

Fuente: San Simón S.A.C

Las pérdidas económicas por pedidos no atendidos de hélices, que representa el 26,53 %, fue de S/ 360,750.

• Resumen de datos del diagnostico

Resumiendo, las causas, el impacto económico y los indicadores que se obtuvieron del análisis del diagnóstico de la situación de la empresa, se realizaron las siguientes tablas resumen, para luego realizar la medición de los resultados logrados.

➤ Causas con sus impactos económicos

Tabla 54. Causas con sus impactos económicos

Causa	Impacto económico (S/.)
C1: Baja productividad de mano de obra por fatiga causado por posturas disergonómicas.	S/ 360,750
C2: Saturación del operario en la etapa de fundición	
C3: Ausentismo laboral	
C4: Falta de implementación de equipos y maquinarias	S/ 17,496
C5: Perdidas de mermas de bronce fundido	

Fuente: San Simón S.A.C

➤ **Causas con sus indicadores hallados**

Tabla 55. Causas con sus indicadores hallados

Causa	Indicadores
C1: Baja productividad de mano de obra por puestos de trabajo con riesgos disergonómicos	% Cantidad de etapas del proceso productivo con riesgos disergonómicos por posturas incomodas o forzadas: 100%
C2: Saturación del operario en la etapa de fundición	Saturación del operario = 100% Productividad mano de obra $= \frac{2,02 \text{ hélices fundidas}}{1 \text{ operario}}$
C3: Ausentismo laboral	Índice de frecuencia en la etapa del moldeado: 1388,89 Índice de frecuencia en la etapa del fundicion: 2778,78 Índice de severidad en la etapa del mecanizado: 1041,67 Índice de severidad en la etapa de moldeado: 1388,89 Índice de severidad en la etapa de fundición: 694,45
C4: Falta de implementación de equipos y maquinarias	Demora de operarios para carga de hélices = 26,79%
C5: Perdidas de mermas de bronce fundido	% pérdida por hélice = 9 %

Fuente: San Simón S.A.C

3.2 DESARROLLO DE PROPUESTA DE MEJORAS

3.2.1 Diseño de puestos de trabajo ergonómicos en cada etapa del proceso Productivo

El diseño ergonómico de los puestos que conforman los procesos productivos se ha realizado tomando en cuenta los principios de la ergonomía, ajustando las condiciones de trabajo necesarias para el operario, para que puedan desempeñarse de manera óptima en sus respectivas actividades, brindándoles el mejor confort y seguridad que se requiera.

➤ Diseño de puestos de trabajo ergonómicos en la etapa del moldeado

Según los principios de la ergonomía y las características del puesto de trabajo, todas las actividades que conforman la etapa del moldeado, precisan un puesto de trabajo de características similares. A continuación, se presentan las características a tomar en cuenta en un puesto de trabajo ergonómico.

Descripción del puesto de trabajo en base a los principios de la ergonomía:

- ✓ Todo se debe mantener al alcance.
- ✓ La altura del codo debe ser la referencia de altura para realizar el trabajo.
- ✓ La superficie de trabajo debe ser nivelada y adecuada con una altura regulable para las adaptarse a las estaturas y actividades del personal.
- ✓ Posturas ajustables para las necesidades.
- ✓ Hacer uso de una silla adecuada.
- ✓ Ajuste del respaldo preferente
- ✓ Asiento giratorio y tapizado
- ✓ Altura adaptable
- ✓ Posición alternante entre estar sentado y parado con asientos adaptables para la postura semi sentado.
- ✓ Asientos inclinados

En los actuales puestos de trabajo en la etapa del moldeado, cada operario trabaja de manera individual en una estación de trabajo, que no cuenta con mesas y sillas, lo cual hace que los operarios permanezcan de pie en las operaciones del tamizado y alisado o bien agachados en el suelo para la operación del delineado durante toda la jornada.

Por lo tanto, se ha considerado indispensable tomando en cuenta la naturaleza de las actividades de los puestos ergonómicos, que cada puesto de trabajo debe tener mesas regulables y 2 tipos de sillas ergonómica que permita a los operarios tener todo al alcance y con la mejor comodidad posible para un mejor desempeño de su trabajo.

• **Diseño de puesto de trabajo en el tamizado y alisado**

❖ **Silla semi parado:** la silla semi parado tiene las características que permitirán al personal operativo pasar de la posición de sentado a erguido, sosteniendo una postura adecuada y cómoda para disminuir la fatiga y el cansancio laboral durante la operación del tamizado y alisado.

Tabla 56. Comparación de sillas para la posición semi parado

Producto	Precio
N° 01: Fin 9144E	S/. 150



Características

- Soporte vertical ESD Fin, altura del asiento de 620 - 850 mm.
- Superficie de asiento oscilable 20° a la izquierda y la derecha.
- Pata de aluminio.
- Deslizador reversible para suelos duros y blandos.

Descripción

Ventajas

- Material cómodo de espuma integral.
- Ajuste de altura adecuada para el tamaño de cualquier persona.
- Precio muy cómodo.

Desventaja

- No cuenta con respaldar.
- Asiento pequeño.
- No posee con una estructura para posa pies.

Tabla 57. Comparación de sillas para la posición parado

Producto	Precio
N° 02: Stehhilfe 9419	S/. 170



Características

- Soporte vertical 9452 plegable.
- Altura del asiento de 650 - 850 mm mediante mecánica de enclavamiento.
- Ajuste de la inclinación 10° hacia delante, bastidor de acero.

Descripción

Ventajas

- Asiento ajustable en ángulo para posición sentado y semisentado.
- Respaldo regulable
- Asiento redondeado y caído
- Ajuste de altura adecuada para el tamaño de cualquier persona.
- Adecuada para trabajos de pie y alta exigencia de atención y precisión.

Desventaja

- Respaldo no regulable.
- No cuenta con posa pies.

Tabla 58. Comparación de sillas para la posición parado

Producto	Precio
N° 03: Fin 9144E	S/. 280

**Características**

- Soporte Flex con deslizador.
- Aro reposapiés.
- Altura del asiento de 510 - 780 mm.
- Superficie de asiento girable 360°.
- Cruz de radios de plástico.

Descripción**Ventajas**

- Asiento redondeado y caído
- Material cómodo de espuma integral.
- Ajuste de altura adecuada para el tamaño de cualquier persona.
- Adecuada para trabajos de pie y alta exigencia de atención y precisión.

Desventaja

- Precio alto

✓ Nuevo puesto de trabajo ergonómico aplanado y tamizado**Figura 105. Simulación del nuevo puesto de trabajo ergonómico**

Fuente: San Simón S. A. C.

✓ Costo de implementación del diseño del puesto de trabajo ergonómico

Con el fin de implementar la propuesta de diseño del puesto de trabajo en la etapa del moldeado, la empresa tendría que asumir los costos que se muestran a continuación:

Tabla 59. Costo de implementación

Producto	Cantidad	Precio Unitario	Costo total
Silla Fin 9144E	1 unidad	S/. 150	S/. 150
Total			S/. 150

Fuente: San Simón S. A. C.

• Diseño de puesto de trabajo en el delineado

❖ **Silla sentado ergonómica:** esta silla permitirá al operario mantener una postura adecuada y cómoda para disminuir la fatiga y el cansancio laboral durante la operación del delineado de moldes.

Tabla 60. Comparación de sillas para la posición sentado

Producto	Precio
N° 01: SILLA SEMISENTADO	S/. 230



Características

- Soporta: 110 kg.
- Apoya pies y sentadera regulable en altura.
- Base de nylon reforzada.
- Material de tela-malla, polipropileno y metal cromado.

Descripción

Ventajas

- Asiento regulable en ángulo para posición sentado y semisentado.
- Estructura regulable de altura mediante sistema neumático.
- Espaldar ajustable inclinable en ángulo.
- Precio cómodo.
- Sistema giratorio.
- Base de silla móvil.

Desventaja

- Materiales de mediana - baja calidad.

Fuente: San Simón S. A. C.

Tabla 61. Comparación de sillas para la posición sentado

Producto	Precio
N° 02: BANQUETA SEMISENTADO	S/. 240



Características

- Material de tela y malla.
- Estructura de metal cromado y polipropileno.
- Diseño de la base de metal cromado que soporta hasta 120 Kg.

Descripción
Ventajas

- Estructura para posa manos.
- Espaldar ajustable inclinable en ángulo.
- Precio cómodo.

Desventaja

- No cuenta con asiento regulable.
 - Estructura de posa pies incomoda.
 - No cuenta con sistema giratorio.
 - Base móvil inexistente.
-

Fuente: San Simón S. A. C.

Tabla 62. Comparación de sillas para la posición sentado

PRODUCTO	PRECIO
N° 03: Silla Semiting	S/. 1 896



Características

- Las sillas para postura semisentado (ángulo entre tronco y piernas de 135° aproximadamente).
- Permite descansar las piernas sin caer en el taburete alto en postura sentada tradicional (disminución de la lordosis lumbar).
- Mecanismo basculante que permite variar la inclinación del asiento con el propio peso del usuario.

Descripción

Ventajas

- Asiento ajustable en ángulo para posición sentado y semisentado.
- Respaldo regulable.
- Estructura de posa pies.
- Ajuste de altura adecuada para el tamaño de cualquier persona.
- Adecuada para trabajos de pie y alta exigencia de atención y precisión.

Desventaja

- Precio alto

Fuente: San Simón S. A. C.

Se ha elegido el modelo N° 03: silla semisentado ergonómica, ya que favorece y es el más acorde para el tipo de trabajo realizado en el proceso del delineado de molde además que cumple con las características requeridas según los principios de la ergonomía.

- ✓ **Mesa de trabajo:** La mesa será escogida tomando en cuenta las necesidades y requerimientos para llevar a cabo la tarea por el operario, con una altura que pueda ser regulada a sus necesidades físicas y cuya integración con la silla sea la ideal.

Para la elección de la mesa se tomará como medida la hélice más grande, que es la de 52” de elongación.

Tabla 63. Comparación de mesas hidráulicas

PRODUCTO	PRECIO
N° 01: Mesa de acero inoxidable	S/. 1 600



Características

- Tamaño personalizado de la mesa.
- 1 nivel inferior.
- Fabricado en acero inoxidable AISI 304.
- Regatones regulables.

Descripción

Ventajas

- Repisa para poner herramientas de trabajo.
- Muy poco mantenimiento.
- Precio cómodo.

Desventaja

- Altura no regulable.

Fuente: San Simón S. A. C.

Tabla 64. Comparación de mesas hidráulicas

Producto	Precio
N° 02: Mesa hidráulica	S/. 6 307

**Características**

- Tamaño personalizado de la Mesa y altura de elevación
- Capacidad de carga: 2000 kg
- Protección contra sobrecarga y corte de la abrazadera.
- Peso de producto de 505kg.

Descripción**Ventajas**

- Mínimo y máximo de altura de elevación 300 mm – 1400 mm
- Distancia de seguridad entre las tijeras para evitar que se atrapen durante el funcionamiento.
- Estos modelos se pueden utilizar en aplicaciones sobre el suelo o en el suelo

Desventaja

- Precio alto

Fuente: San Simón S. A. C.

Se ha elegido la mesa regulable 02, porque permite ajustarse la inclinación y altura, a las condiciones físicas del operario y al tamaño del molde de pieza manteniendo una postura adecuada y cómoda para disminuir la fatiga laboral y el cansancio durante la operación del delineado de molde.

✓ **Nuevo puesto de trabajo ergonómico delineado**



Figura 106. Simulación del nuevo puesto de trabajo ergonómico

Fuente: San Simón S. A. C.

➤ **Costo de implementación del diseño del puesto de trabajo ergonómico**

Con el fin de implementar la propuesta de diseño del puesto de trabajo en la etapa del moldeado, la empresa tendría que asumir los costos que se muestran a continuación:

Tabla 65. Costo de implementación

Producto	Cantidad	Precio Unitario	Costo total
Mesa hidráulica	2 unidades	S/. 6 307	S/. 12 614
Silla Semiring	2 unidades	S/. 1 896	S/. 3 792
Capacitación del personal	1 servicio profesional	S/. 500	S/. 500
Total			S/. 16 906

Fuente: San Simón S. A. C.

➤ **Diseño de puestos de trabajo ergonómicos en la etapa del mecanizado**

Actualmente en los puestos de trabajo de la etapa del mecanizado, cada personal operativo trabaja de manera individual en una estación de trabajo, que no cuenta con sillas, lo cual hace que los operarios permanezcan de pie en las operaciones del esmerilado y pulido durante toda la jornada diaria.

- **Diseño de puesto de trabajo en el delineado**

❖ **Silla sentado ergonómica:** para las operaciones del esmerilado y el pulido se implementará la mesa 03 mostrado en la página 121, lo cual permitirá al operario mantener una postura adecuada y cómoda para la menor fatiga durante estas actividades.

- ✓ **Nuevo puesto de trabajo ergonómico de esmerilado**



Figura 107. Simulación del nuevo puesto de trabajo ergonómico

Fuente: San Simón S. A. C.

- ✓ **Nuevo puesto de trabajo ergonómico de esmerilado**



Figura 108. Simulación del nuevo puesto de trabajo ergonómico

Fuente: San Simón S. A. C.

✓ **Costo de implementación del diseño de los puestos de trabajo ergonómico del esmerilado y pulido.**

Con el fin de implementar la propuesta de diseño del puesto de trabajo en la etapa del moldeado, la empresa tendría que asumir los costos que se muestran a continuación:

Tabla 66. Costo de implementación

Producto	Cantidad	Precio Unitario	Costo total
Silla Semiting	2 unidades	S/. 1 896	S/. 3 792
Total			S/. 3 792

Fuente: San Simón S. A. C.

➤ **Diseño en cada puesto de trabajo en la etapa del mecanizado en que se realizan carga, traslado y descarga de hélice.**

En cada puesto de trabajo para cada una de las operaciones en toda la etapa del mecanizado requiere que los operarios estén cargando, trasladando y descargando las pesadas hélices al siguiente puesto de trabajo, lo que causa que los operarios adopten posturas muy forzadas, haciendo un sobre esfuerzo en cada una de sus extremidades para cargar la hélice y otras pizas, además lo que genera movimientos repitan a lo largo de la jornada laboral.

En base a lo indicado por los principios en materia ergonomica y tomando en cuenta la naturaleza de las actividades en esta etapa, el puesto de trabajo debería cumplir los siguientes principios:

- Reducción de las excesivas repeticiones, reduciendo al máximo el movimiento repetitivo.
- El manejo de botones accionadores es mejor que la operación de manera manual.
- El equipo, la maquina o herramienta debe hacer el trabajo realizado repetitivamente.
- Reducción de la fuerza empleada en cada brazo.

Como propuesta de mejora se implementará la compra de una grúa móvil hidráulica, ya que con este equipo el operario ya no deberá estar expuesto a posturas muy forzadas, sobre esfuerzos en sus extremidades y la repetitividad de movimientos, los cuales disminuirán.

❖ **Grúa móvil hidráulica:** esta silla permitirá al operario mantener una postura adecuada y cómoda para disminuir el cansancio y la fatiga laboral durante la operación del delineado de moldes.

Tabla 67. Comparación de sillas para la posición sentado

Producto	Precio
N° 01: Grúa móvil hidráulica	S/. 778



Características

- Capacidad de carga de 2 toneladas.
- Altura de elevación del máximo de 2200 mm.
- Marca: JNDO.
- Peso del producto de 70 kg

Descripción

Ventajas

- Ideal para transporte de carga pesada.
- Altura de elevación regulable mediante sistema neumático.
- Estructura de enganche para cualquier pieza de la empresa.

Desventaja

- Precio alto.

Fuente: San Simón S. A. C.

- ✓ **Nuevos puestos de trabajo en la etapa del mecanizado en que se realizan carga, traslado y descarga de hélice.**



Figura 109. Simulación del nuevo puesto de trabajo ergonómico

Fuente: San Simón S. A. C.

- ✓ **Costo de implementación de los diseños de puestos de trabajo en la etapa del mecanizado en que se realizan carga, traslado y descarga de hélice.**

Con el fin de implementar las propuestas que incluyen el diseño del puesto de trabajo en cada una de las operaciones del mecanizado, la empresa tendría que asumir los costos que se muestran a continuación:

Tabla 68. Costo de implementación

Producto	Cantidad	Precio Unitario	Costo total
Grúa móvil hidráulica	2 unidades	S/. 4 500	S/. 9 000
Total			S/. 9 000

Fuente: San Simón S. A. C.

➤ Programación de pausas activas

❖ Costo de implementación de la propuesta de pausas activas

Como parte de las acciones preventivas de ergonomía en busca de mejorar el ritmo de trabajo de los operarios en la empresa San Simón S.A.C se propone implementar un programa de tiempos de descanso y recuperación durante la jornada laboral en los meses de mayor demanda, tanto para las etapas de moldeo y mecanizado, en la que los operarios están expuestos movimientos repetitivos de gran sobre esfuerzo por carga pesada de hélice perjudicando la salud de todos estos.

Para los meses de mayor demanda, la empresa tiene 2 turnos de producción, de 8 h/día para la etapa del moldeo, que se da de 9:00 am - 5:00 pm y de 7 h/día para la etapa del mecanizado que se da 9:00 am - 6:00 pm.

Tabla 69. Costo de implementación

Servicio	Cantidad	Áreas de producción	Precio	Costo trimestral	Costo anual
Ingeniero Industrial	1	2	S/. 2 000	S/. 2 000	S/. 8 000

Fuente: San Simón S. A. C.

Tabla 70. Programación de pausas para descansos durante la jornada en las etapas del moldeo y fundición

1	2	4	5	6	7	8	9	10
9:00 a. m.	10:00 a. m.	11:00 a. m.	12:00 p. m.	1:00 p. m.	2:00 p. m.	3:00 p. m.	4:00 p. m.	5:00 p. m.
		15 min				15 min		

Fuente: San Simón S. A. C.

Tabla 94. Programación de pausas para descansos durante la jornada de mecanizado

1	2	4	5	6	7	8	9
9:00 a. m.	10:00 a. m.	11:00 a. m.	12:00 p. m.	1:00 p. m.	2:00 p. m.	3:00 p. m.	4:00 p. m.
		15 min					

Fuente: San Simón S. A. C.

➤ Análisis de la mejora

Para tener una mayor amplitud de conocimiento e información de las propuestas planteadas en materia ergonómica en los puestos de trabajo, se utilizó la evaluación mediante el uso del método REBA, realizando la simulación de las posturas que tomarán el personal operativo tras la implementación de la mejora y la capacitación al personal.

➤ Aplicación del método REBA en la etapa del moldeado

Grupo A: Análisis de cuello, pierna y tronco

❖ Puntuación del tronco

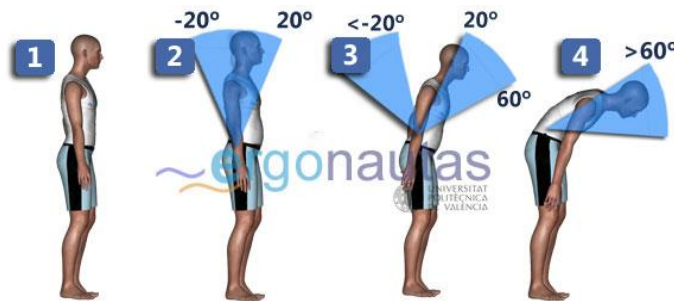


Figura 110. Posición tronco

Fuente: San Simón S. A. C.

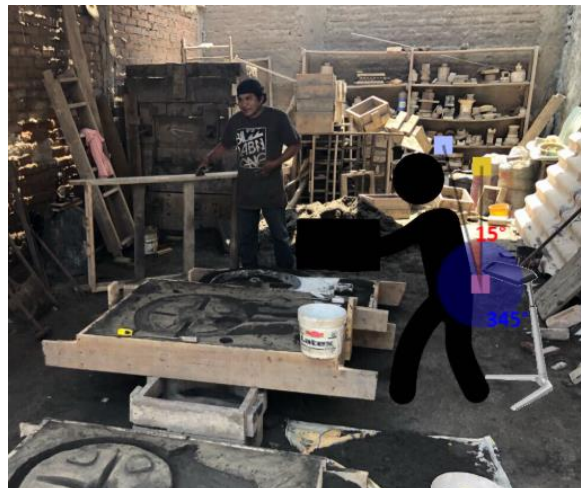


Figura 111. Nueva posición del tronco – tamizado

Fuente: San Simón S.A.C

Tabla 71. Nueva puntuación del tronco - tamizado

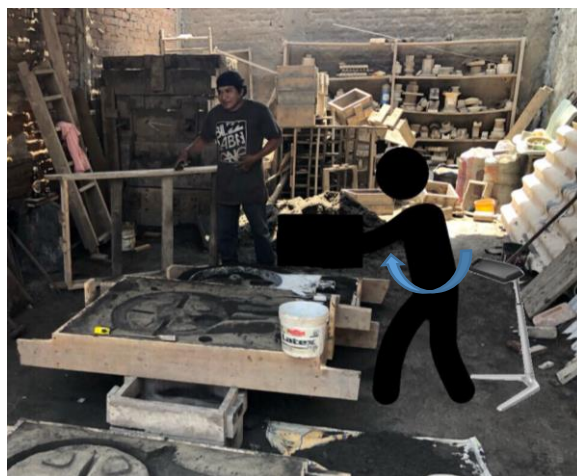
Posición	Puntuación
Tronco erguido.	1
Tronco en flexión o extensión 0° y 20°	2
Tronco en flexión >20° y ≤60° o extensión >20°	3
Tronco en flexión >60°	4

Fuente: Ergonautas

La puntuación del tronco incrementó su valor por existir torsión o inclinación lateral del tronco.

**Figura 112. Torsión del tronco**

Fuente: Ergonautas

**Figura 113. Nueva posición del tronco para modificación – tamizado**

Fuente: San Simón S.A.C

Tabla 72. Nueva puntuación del tronco para modificación – tamizado

Posición	Puntuación
Tronco con inclinación lateral o rotación	.+1

Fuente: Ergonautas

❖ Puntuación del cuello

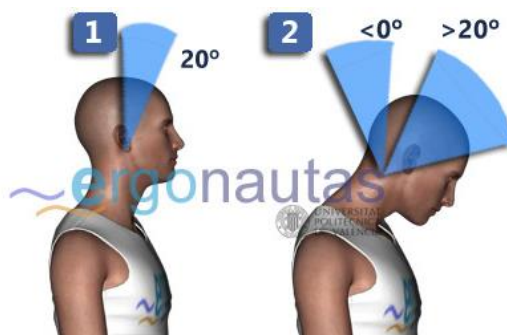


Figura 114. Flexión de cuello

Fuente: Ergonautas



Figura 115. Nueva posición del cuello – alisado

Fuente: San Simón S.A.C

Tabla 73. Nueva puntuación del cuello - alisado

Posición	Puntuación
Cuello en flexión entre 0° y 20°	1
Cuello en flexión entre > 20°	2

Fuente: San Simón S.A.C

En esta postura el operario realiza movimientos de rotación, por lo tanto, la puntuación del cuello se modifica añadiendo +1 a la puntuación inicial.



Figura 116. Flexión de cuello

Fuente: Ergonautas



Figura 117. Nueva posición del cuello para modificación – alisado

Fuente: San Simón S.A.C

Tabla 74. Nueva puntuación del cuello para modificación – alisado

Posición	Puntuación
Cabeza rotada o con inclinación lateral	.+1

Fuente: Ergonautas

❖ Puntuación de las piernas

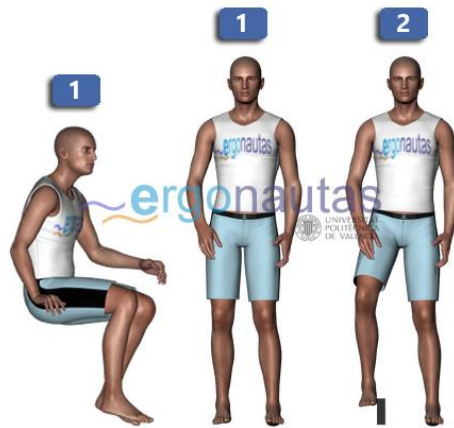


Figura 118. Flexión de piernas

Fuente: San Simón S. A. C.

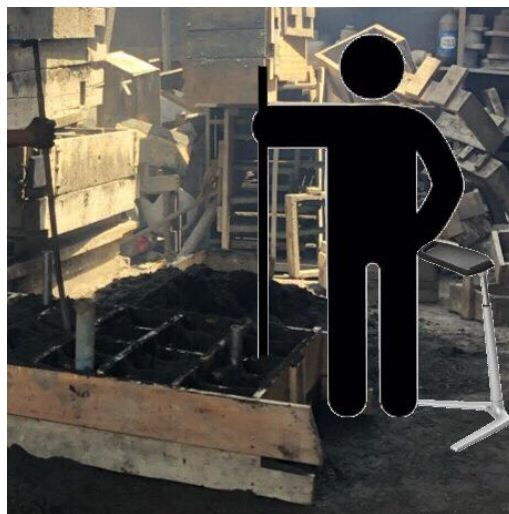


Figura 119. Nueva posición de piernas– alisado

Fuente: Ergonautas

Tabla 75. Nueva puntuación de piernas– alisado

Posición	Puntuación
Soporte bilateral, andando o sentado	.+1
Soporte unilateral, soporte	.+2

Fuente: San Simón S.A.C

Grupo B: Puntuaciones de los miembros superiores (brazo, antebrazo y muñeca)

❖ Puntuación del brazo

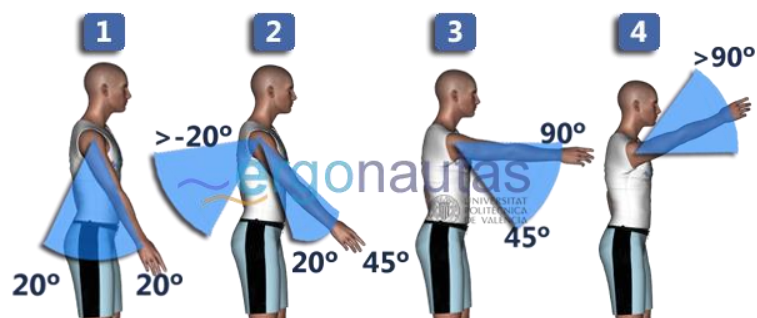


Figura 120. Flexión de brazo

Fuente: Ergonautas



Figura 121. Nueva posición de brazo– alisado

Fuente: San Simón S.A.C

Tabla 76. Nueva puntuación de brazo– alisado

Posición	Puntuación
Desde 20° de extensión a 20° de flexión	1
Extensión > 20° o flexión > 20° y < 45°	2
Flexión > 45° y 90°	3
Flexión > 90°	4

Fuente: Ergonautas

La puntuación asignada al brazo se vio incrementada ya que el método indicaba que, si el trabajador tenía el brazo abducido o rotado o el hombro elevado, esta podía modificarse. Sin

embargo, el método considera como una circunstancia atenuante del riesgo la existencia de apoyo para el brazo o que adopte una posición a favor de la gravedad, disminuyendo en tales casos la puntuación inicial del brazo. Tabla 44. Como se muestra en la fotografía el trabajador no cuenta con ningún apoyo lo se modifica (+1).

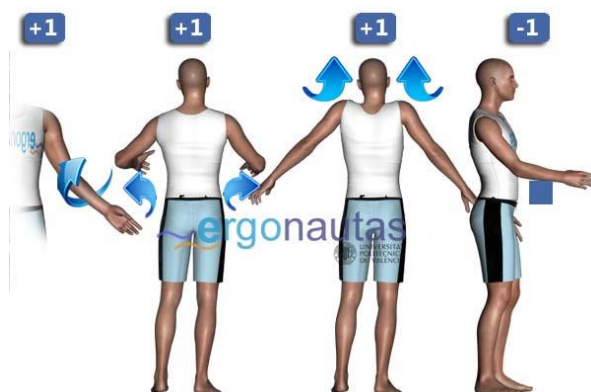


Figura 122. Flexión de hombros
Fuente: Ergonautas

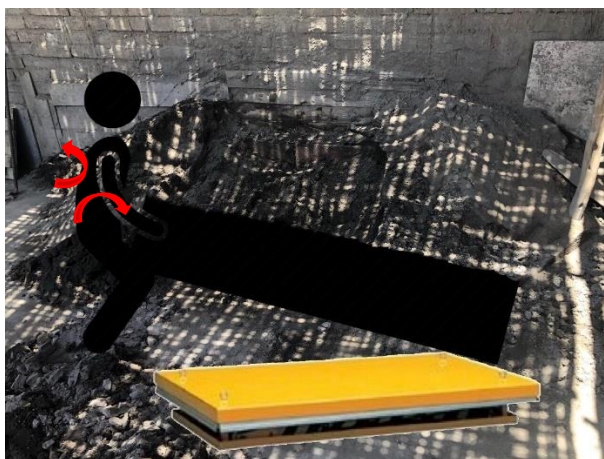


Figura 123. Nueva posición de hombros para modificación – volteado
Fuente: San Simón S.A.C

Tabla 77. Nueva puntuación de hombros para modificación – volteado

Posición	Puntuación
Brazo abducido o brazo rotado	.+1
Hombro elevado	.+1
Existe un punto de apoyo o la postura a favor de la gravedad	.-1

Fuente: Ergonautas

❖ Puntuación del antebrazo

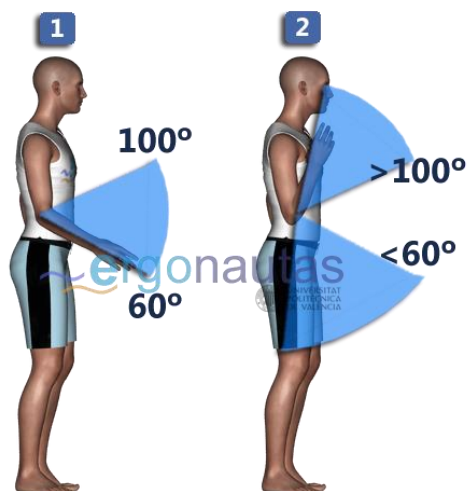


Figura 124. Flexión de antebrazo

Fuente: Ergonautas



Figura 125. Nueva posición de antebrazo– delineado

Fuente: San Simón S.A.C

Tabla 78. Nueva puntuación de antebrazo – delineado

Posición	Puntuación
Flexión o extensión $< 60^\circ$ y $> 100^\circ$	1
Flexión o extensión 60° y 100°	2

Fuente: San Simón S.A.C

❖ Puntuación de la muñeca

Para finalizar la puntuación de los miembros superiores se analizó la posición de la muñeca. En la tabla 45 se muestra las 3 posiciones consideradas por el método.

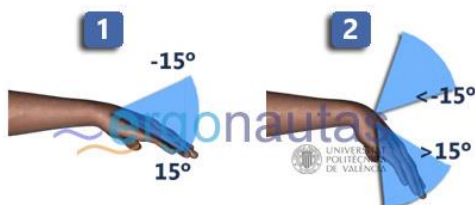


Figura 126. Flexión muñeca

Fuente: Ergonautas



Figura 127. Nueva posición de muñeca– delineado

Fuente: San Simón S.A.C

Tabla 79. Nueva puntuación de muñeca – delineado

Posición	Puntuación
Posición neutra	1
Flexión o extensión $>0^\circ$ y $<15^\circ$	1
Flexión o extensión $>15^\circ$	2

Fuente: San Simón S.A.C

PUNTUACIÓN DE LOS GRUPOS A Y B

Puntuaciones del grupo	
Miembros	Puntos
Tronco	3
Cuello	2
Piernas	1

Grupo A = 6 puntos

Se realizó la consulta de la TABLA A que se emplea en el método REBA para hallar la puntuación del grupo A:

Tabla 80. Puntuación grupo A

Tabla A												
Tronco	Cuello											
	1				2				3			
	Piernas				Piernas				Piernas			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1	1	2	3	4	1	2	3	4	3	3	5	6
2	2	3	4	5	3	4	5	6	4	5	6	7
3	2	4	5	6	4	5	6	7	5	6	7	8
4	3	5	6	7	5	6	7	8	6	7	8	9
5	4	6	7	8	6	7	8	9	7	8	9	9

Fuente: San Simón S.A.C

Las puntuaciones obtenidas para los miembros del grupo B son las siguientes:

Puntuaciones del grupo	
Miembros	Puntos
Brazo	4
Antebrazo	1
Muñeca	1

Grupo B = 6 puntos

Se realizó la consulta de la TABLA B que se emplea en el método REBA para hallar la puntuación del grupo:

Tabla 81. Puntuación grupo B

Brazo	Antebrazo					
	1			2		
	Muñeca			Muñeca		
1	1	2	2	1	2	3
2	1	2	2	1	2	3
3	3	4	5	4	5	5
4	4	5	5	5	6	7
5	6	7	8	7	8	8
6	7	8	8	8	9	9

Fuente: San Simón S.A.C

➤ **Puntuación de la carga o fuerza (Puntuación A):**

El trabajador maneja cargas ya que no existe ayuda mecánica, asimismo existe aplicación brusca de la fuerza por lo que la puntuación del grupo A incrementa.

Tabla 82. Puntuación grupo A

Puntos	Posición
.+0	La carga o fuerza es menor de 5 kg
.+1	La carga o fuerza esta entre 5 kg y 10 kg
.+2	La carga o fuerza es mayor de 10 kg

Fuente: Ergonautas

Grupo A = 4 + 1= 5 puntos

➤ **Puntuación de tipo de agarre (Puntuación B):**

Al realizar este tipo de trabajo los agarres de la hélice no son buenas, utilizando, además, otras partes del cuerpo por lo que la puntuación del grupo B incrementa

Tabla 83. Puntuación grupo B

Puntos	Posición
 .+0	Agarre bueno: El agarre es bueno y la fuerza de agarre de rango medio
.+1	Agarre regularEl agarre con la mano es aceptable pero no ideal o el agarre es aceptable utilizando otras partes del cuerpo
.+2	Agarre malo: El agarre es bueno y la fuerza de agarre de rango medio
.+3	Agarre inaceptable: El agarre es torpe e inseguro, no es posible el agarre manual o el agarre es inaceptable utilizando otras partes del cuerpo

Fuente: Ergonautas

Grupo B = 4+0 = 4 puntos

PUNTUACIÓN C

A partir de la puntuación A (5 puntos) y la puntuación B (4 puntos), se consultó la tabla de valor para la puntuación C.

Tabla 84. Puntuación grupo C

Tabla A												
Puntuación A	Puntuación B											
	1	2	3	 4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	1	1	1	2	3	3	4	5	6	7	7	7
2	1	2	2	3	4	4	5	6	6	7	7	8
3	2	3	3	3	4	5	6	7	7	8	8	8
4	3	4	4	4	5	6	7	8	8	9	9	9
 5	4	4	4	5	6	7	8	8	9	9	9	9
6	5	6	6	7	8	8	9	9	10	10	10	10
7	6	7	7	8	9	9	9	10	10	11	11	11
8	7	8	8	9	10	10	10	10	10	11	11	11
9	8	9	9	10	10	10	11	11	11	12	12	12
10	9	10	10	11	11	11	11	12	12	12	12	12
11	10	11	11	11	12	12	12	12	12	12	12	12
12	11	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12

Fuente: Ergonautas

PUNTUACIÓN FINAL

La puntuación final está relacionada con el tiempo empleado en la tarea y la variación de postura, en la cual la puntuación $C = 5$ se le adicionara + 1 por los movimientos repetitivos que representan estas actividades, debido a las mejoras que tendrán los operarios como la compra de estos nuevos equipos y las capacitaciones con el tema ergonómico.

Tabla 85. Puntuación grupo C

Puntos	Posición
 .+1	Una o más partes del cuerpo permanecen estáticas, por ejemplo soportadas durante más de 1 minuto
.+1	Se producen movimientos repetitivos, por ejemplo repetidos más de 4 veces por minuto (excluyendo caminar)
.+1	Se producen cambios de postura importantes o se adoptan posturas inestables

Fuente: Ergonautas

Tras el estudio de las posturas adoptadas se determinó una puntuación final de 6 puntos. La puntuación final corresponde a un nivel de riesgo muy alto, según tabla.

Tabla 86. Puntuación grupo C

Puntuación	Nivel	Riesgo	Actuación
1	0	Inapreciable	No es necesaria actuación
2 o 3	1	Bajo	Puede ser necesaria la actuación.
4 a 7	2	Medio	Es necesaria la actuación.
8 a 10	3	Alto	Es necesaria la actuación cuanto antes.
11 a 15	4	Muy alto	Es necesaria la actuación de inmediato.

Fuente: Ergonautas

Este resultado indica que se necesita tomar una pronta actuación. Ya que estas posturas disergonómicas al realizar sus tareas diarias los operarios de estiba pueden finalmente causarles trastornos músculo-esquelético.

➤ **Aplicación del método REBA en la etapa del mecanizado**

Grupo A: Análisis de cuello, pierna y tronco

❖ **Puntuación del tronco**

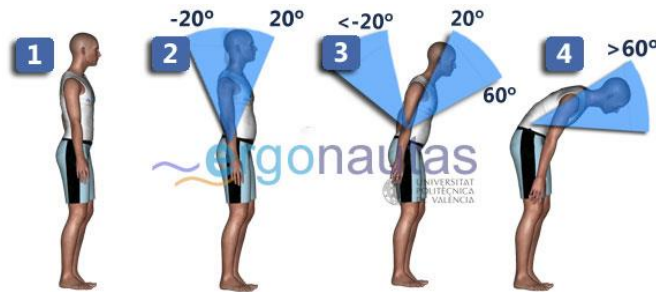


Figura 128. Posición tronco

Fuente: San Simón S.A.C



Figura 129. Nueva posición del tronco – pulido

Fuente: San Simón S.A.C

Tabla 87. Nueva puntuación del tronco– pulido

Posición	Puntuación
Tronco erguido.	1
Tronco en flexión o extensión 0° y 20 °	2
Tronco en flexión >20° y ≤60° o extensión >20°	3
Tronco en flexión >60°	4

Fuente: Ergonautas

La puntuación del tronco incrementó su valor por existir torsión o inclinación lateral del tronco.



Figura 130. Torsión del tronco

Fuente: Ergonautas



Figura 131. Nueva posición del cuello para modificación – empaquetado

Fuente: San Simón S.A.C

Tabla 88. Nueva modificación de puntuación de cuello – pulido

Posición	Puntuación
Tronco con inclinación lateral o rotación	.+1

Fuente: Ergonautas

❖ Puntuación del cuello

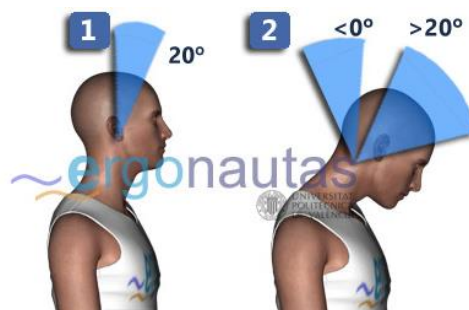


Figura 132. Flexión de cuello

Fuente: Ergonautas

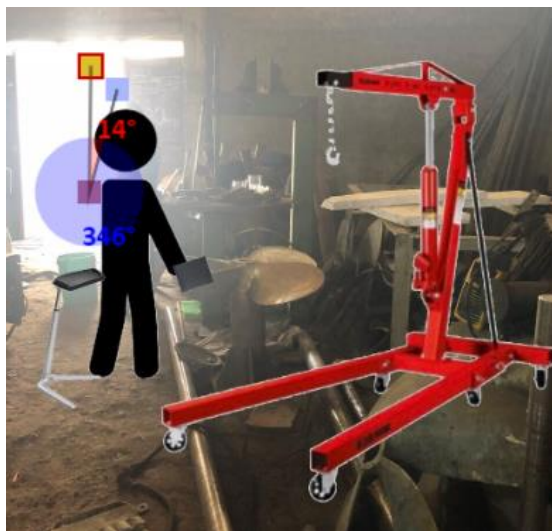


Figura 133. Nueva posición del cuello – pulido

Fuente: San Simón S.A.C

Tabla 89. Nueva puntuación del cuello – pulido

Posición	Puntuación
Cuello en flexión entre 0° y 20°	1
Cuello en flexión entre > 20°	2

Fuente: San Simón S.A.C

❖ Puntuación de las piernas



Figura 134. Flexión de piernas

Fuente: San Simón S. A. C.

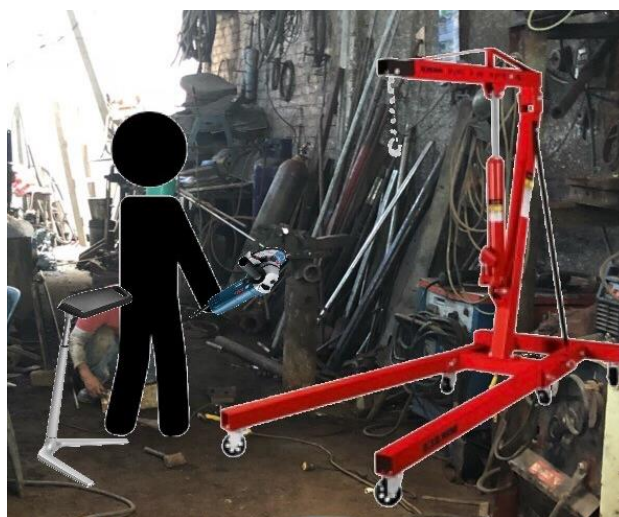


Figura 135. Nueva posición de flexión de piernas – esmerilado

Fuente: Ergonautas

Tabla 90. Nueva puntuación de flexión de piernas – esmerilado

Posición	Puntuación
Sentado, andando o de pie con soporte bilateral simétrico	1
De pie con soporte unilateral, soporte ligero o postura inestable	2

Fuente: San Simón S.A.C

Grupo B: Puntuaciones de los miembros superiores (brazo, antebrazo y muñeca)

❖ Puntuación del brazo

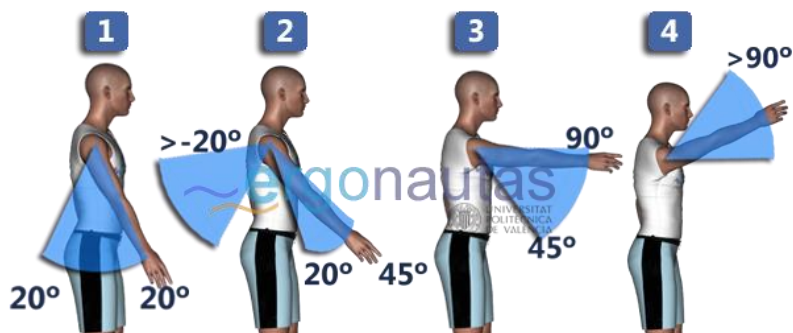


Figura 136. Flexión del brazo

Fuente: Ergonautas



Figura 137. Nueva posición de flexión de brazo – esmerilado

Fuente: San Simón S.A.C

Tabla 91. Nueva puntuación de flexión de brazo – esmerilado

Posición	Puntuación
Desde 20° de extensión a 20° de flexión	1
Extensión > 20° o flexión > 20° y < 45°	2
Flexión > 45° y 90°	3
Flexión > 90°	4

Fuente: Ergonautas

❖ Puntuación del antebrazo

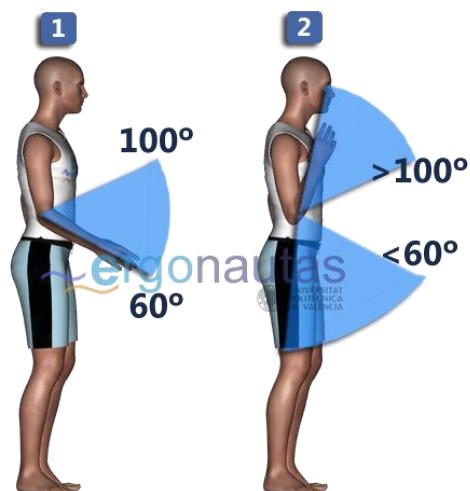


Figura 138. Flexión de antebrazo

Fuente: Ergonautas



Figura 139. Nueva posición de flexión de antebrazo – carga

Fuente: San Simón S.A.C

Tabla 92. Nueva puntuación de flexión de antebrazo – carga

Posición	Puntuación
Flexión o extensión < 60° y > 100°	1
Flexión o extensión 60° y 100°	2

Fuente: San Simón S.A.C

❖ Puntuación de la muñeca

Para finalizar la puntuación de los miembros superiores se analizó la posición de la muñeca. En la tabla 45 se muestra las 02 posiciones consideradas por el método.

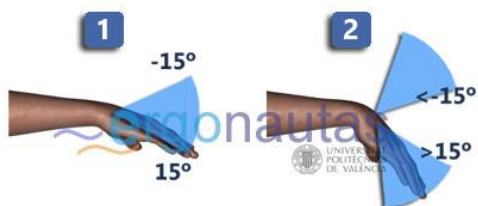


Figura 140. Flexión muñeca

Fuente: Ergonautas

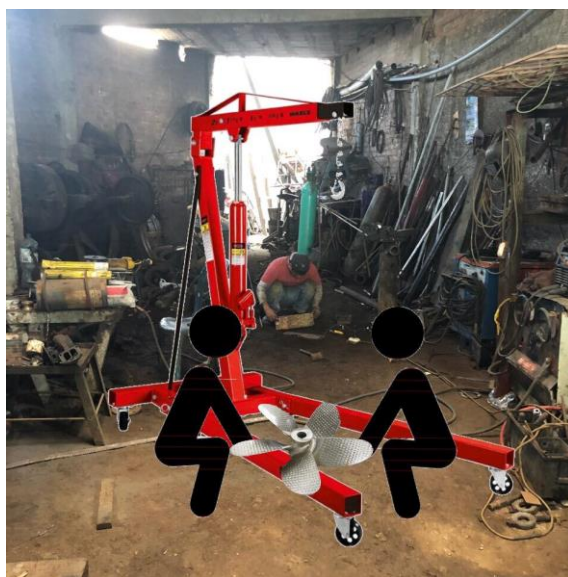


Figura 141. Nueva posición de flexión de antebrazo – carga

Fuente: San Simón S.A.C

Tabla 93. Puntuación de muñeca

Posición	Puntuación
Posición neutra	1
Flexión o extensión $> 0^\circ$ y $< 15^\circ$	1
Flexión o extensión $> 15^\circ$	2

Fuente: San Simón S.A.C

PUNTUACIÓN DE LOS GRUPOS A Y B

Puntuaciones del grupo	
Miembros	Puntos
Tronco	3
Cuello	1
Piernas	1

Grupo A = 5 puntos

Se realizó la consulta de la TABLA A que se emplea en el método REBA para hallar la puntuación del grupo A:

Tabla 94. Puntuación grupo A

Tabla A												
Tronco	Cuello											
	1				2				3			
	Piernas				Piernas				Piernas			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1	1	2	3	4	1	2	3	4	3	3	5	6
2	2	3	4	5	3	4	5	6	4	5	6	7
3	2	4	5	6	4	5	6	7	5	6	7	8
4	3	5	6	7	5	6	7	8	6	7	8	9
5	4	6	7	8	6	7	8	9	7	8	9	9

Fuente: San Simón S.A.C

Las puntuaciones obtenidas para los miembros del grupo B son las siguientes:

Puntuaciones del grupo	
Miembros	Puntos
Brazo	2
Antebrazo	2
Muñeca	1

Grupo B = 5 puntos

Se realizó la consulta de la TABLA B que se emplea en el método REBA para hallar la puntuación del grupo:

Tabla 95. Puntuación grupo B

Brazo	Antebrazo					
	1			2		
	Muñeca			Muñeca		
1	1	2	2	1	2	3
2	1	2	2	1	2	3
3	3	4	5	4	5	5
4	4	5	5	5	6	7
5	6	7	8	7	8	8
6	7	8	8	8	9	9

Fuente: San Simón S.A.C

➤ **Puntuación de la carga o fuerza (Puntuación A):**

El trabajador maneja cargas ya que no existe ayuda mecánica, asimismo existe aplicación brusca de la fuerza por lo que la puntuación del grupo A incrementa.

Tabla 96. Puntuación grupo A

Puntuación	Carga o fuerza
 .+0	Carga o fuerza menor de 5 Kg.
.+1	Carga o fuerza entre 5 y 10 Kg.
.+2	Carga o fuerza mayor de 10 Kg.

Fuente: Ergonautas

$$\text{Grupo A} = 2 + 1 = 3 \text{ puntos}$$

➤ **Puntuación de tipo de agarre (Puntuación B):**

Al realizar este tipo de trabajos los agarres del producto no son las mejores utilizando, además otras partes del cuerpo por lo que la puntuación del grupo B incrementa

Tabla 97. Puntuación grupo B

Puntuación	Posición
 .+0	Agarre bueno: El agarre es bueno y la fuerza de agarre de rango medio
.+1	Agarre regularEl agarre con la mano es aceptable pero no ideal o el agarre es aceptable utilizando otras partes del cuerpo
.+2	Agarre malo: El agarre es bueno y la fuerza de agarre de rango medio
.+3	Agarre inaceptable: El agarre es torpe e inseguro, no es posible el agarre manual o el agarre es inaceptable utilizando otras partes del cuerpo

Fuente: Ergonautas

$$\text{Grupo B} = 1 + 0 = 1 \text{ puntos}$$

PUNTUACIÓN C

A partir de la puntuación A (10 puntos) y la puntuación B (7 puntos), se consultó la tabla de valor para la puntuación C.

Tabla 98. Puntuación grupo C

Tabla A												
Puntuación A	Puntuación B											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	1	1	1	2	3	3	4	5	6	7	7	7
2	1	2	2	3	4	4	5	6	6	7	7	8
3	2	3	3	3	4	5	6	7	7	8	8	8
4	3	4	4	4	5	6	7	8	8	9	9	9
5	4	4	4	5	6	7	8	8	9	9	9	9
6	5	6	6	7	8	8	9	9	10	10	10	10
7	6	7	7	8	9	9	9	10	10	11	11	11
8	7	8	8	9	10	10	10	10	10	11	11	11
9	8	9	9	10	10	10	11	11	11	12	12	12
10	9	10	10	11	11	11	11	12	12	12	12	12
11	10	11	11	11	12	12	12	12	12	12	12	12
12	11	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12

Fuente: Ergonautas

PUNTUACIÓN FINAL

La puntuación final está relacionada con el tiempo de duración de la actividad y los cambios de postura. A la puntuación C = 2 se le adiciono + 2.

Tabla 99. Puntuación grupo C

Puntuación	Posición
.+1	Una o más partes del cuerpo permanecen estáticas, por ejemplo soportadas durante más de 1 minuto
.+1	Se producen movimientos repetitivos, por ejemplo repetidos más de 4 veces por minuto (excluyendo caminar)
.+1	Se producen cambios de postura importantes o se adoptan posturas inestables

Fuente: Ergonautas

Tras el estudio de las posturas adoptadas se determinó una puntuación final de 14 puntos. La puntuación final corresponde a un nivel de riesgo muy alto, según tabla.

Tabla 100. Puntuación grupo C

Puntuación	Nivel	Riesgo	Actuación
1	0	Inapreciable	No es necesaria actuación
2 o 3	1	Bajo	Puede ser necesaria la actuación.
4 a 7	2	Medio	Es necesaria la actuación.
8 a 10	3	Alto	Es necesaria la actuación cuanto antes.
11 a 15	4	Muy alto	Es necesaria la actuación de inmediato.

Fuente: Ergonautas

Este resultado muestra la necesidad de ejecutar una actuación urgente. Ya que al adoptar estas posturas disergonómicas el personal operativo de estiba puede sufrir de trastornos músculo-esquelético al realizar sus tareas diarias.

❖ Indicador de los puestos de trabajo que presentan riesgos disergonómicos

- Posturas Incomodas o forzadas

% Cantidad de etapas del proceso productivo con riesgos disergonómicos

$$= \frac{\text{Etapas con riesgos disergonómicos por posturas forzadas}}{\text{Número de etapas totales}} \times 100$$

$$= \frac{6}{6} \times 100 = 100 \%$$

Todas las etapas del proceso productivo representan riesgos disergonómicos originados por la adopción de posturas forzadas.

3.2.2 REDISEÑO DEL HORNO EN EL PUESTO DE TRABAJO DE FUNDICIÓN

Al planificar el diseño de una máquina o equipo, existe una inmensa mayoría de posibilidades para elegir los tipos de piezas, desde la fabricación de cada una de ellas, el tipo de ensambles que se va a requerir además de otros elementos comerciales. Por lo cual, para el rediseño del horno, cada elemento que se tomó para el sistema se justificara con el fin incrementar la producción y cumplir con la totalidad de pedidos.

Terminado de detallar la mejora, se calculó los nuevos indicadores.

3.2.2.1 Concepto general del diseño

La idea de diseño toma en cuenta principalmente 3 factores:

- El tiempo y la capacidad del proceso de vaciado que se realiza para fundir las piezas de hélice, la cual viene determinada por la capacidad del horno (litros) y la saturación del operario, de estar llevando el bronce fundido desde el horno hasta el molde de arena vertiendo todo el contenido adentro de este.



Figura 142. Proceso de vaciado actual

Fuente: San Simón S.A.C

- Los peligros que conlleva realizar este proceso y el de batido del bronce fundido para el operario, estando altamente expuestos a los gases contaminantes y cargas excesivas de trabajo por los movimientos repetitivos de transporte del bronce fundido afectando seriamente a la salud del operario.



Figura 143. Transporte del bronce fundido

Fuente: San Simón S.A.C

- Y como último factor, las pérdidas de mermas de bronce que se generan en el proceso de vaciado por la imprecisión de las manos del operario al verter el bronce fundido debido a los constantes transportes que se requieren para este proceso.



Figura 144. Perdidas de mermas de bronce

Fuente: San Simón S.A.C

La compra de una máquina de horno industrial no es viable ya que se ve limitada por los siguientes motivos:

- Calidad del bronce: Los hornos industriales trabajan con un bronce mucho mas puro por lo que el operario no tiene que estar realizando la actividad del mezclado.
- Costo: El uso de coque como combustible resulta más económico que el del consumo energético para fundir y también el costo de uno de estos equipos.
- Molde de fundición: El funcionamiento más eficiente de estos hornos industriales se adapta mejor a los moldes de metal por su diseño practico para el vaciado.

La opción propuesta en el diseño para la etapa fundición, es aumentar la capacidad de producción a 2 piezas por fundido, de manera que el vaciado del bronce fundido se realice solamente dos veces, disminuyendo así las pérdidas de mermas de bronce, todo esto sin poner en riesgo la salud del operario.

Con lo anterior descrito se ha planteado el rediseño del sistema del horno con la finalidad:

- Aumentar la cantidad de litros del horno hasta la capacidad de 2 hélices, considerando la de mayor tamaño que se ha fabricado en la empresa.

- De que el operario no tenga que estar batiendo el bronce fundido y exponiéndose a los gases contaminantes, ya que, el operario podrá manipular a través de botones, la altura y la velocidad de giro de la paleta mezcladora.
- Para que en la etapa del vaciado el operario no realice ningún traslado del bronce fundido hasta el molde arena, ya que, a través de un cilindro hidráulico en la parte de abajo del horno, se elevara lentamente hasta verter la cantidad necesaria para el tamaño de pieza de hélice que se realice, lo que trae consigo por ende la reducción por pérdidas de mermas del bronce fundido que se da en esta etapa.

Para la propuesta del diseño, se ha considerado adecuado describir el sistema del horno dividiéndolo en subsistemas de forma independiente para poder apreciar cada pieza y su función. Los subsistemas que conforman el diseño son los siguientes:

1. Subsistema de la estructura del horno.
2. Subsistema de la estructura de la base mezcladora.

Las especificaciones requeridas son los siguientes:

- ✓ Remover el bronce fundido a través de la pala mezcladora, la cual cuenta con 4 hojas al final de la pala en ambos lados, la cual se subirá y bajará mediante un cilindro hidráulico que estará ubicado en la base de la columna mezcladora.
- ✓ Vaciar el bronce fundido de manera controlada y precisa hacia el molde de arena, mediante la elevación de la carreta del cilindro hidráulico, ubicado en la parte de abajo del horno.
- ✓ Intervención del operario solo para poner el material y poner la tapa del horno.
- ✓ Alta seguridad y eficiencia en el proceso de mezclado y vaciado.
- ✓ Diseño de sencillo de armar y desinstalar para fácil mantenimiento.
- ✓ Fácil mantenimiento o reemplazo en caso de fallas o deterioro de alguna pieza.
- ✓ El suministro de energía eléctrica deberá ser de 220 V trifásico para los 3 motores.
- ✓ La presión para los 2 cilindros hidráulicos del horno deberá ser de 50 bar.

En base a los requerimientos, en la Figura N°145, se presenta el concepto de la solución con sus vistas principales en sistema europeo y en la Figura N°146, 147 – 148 los renderizados de este concepto del diseño.

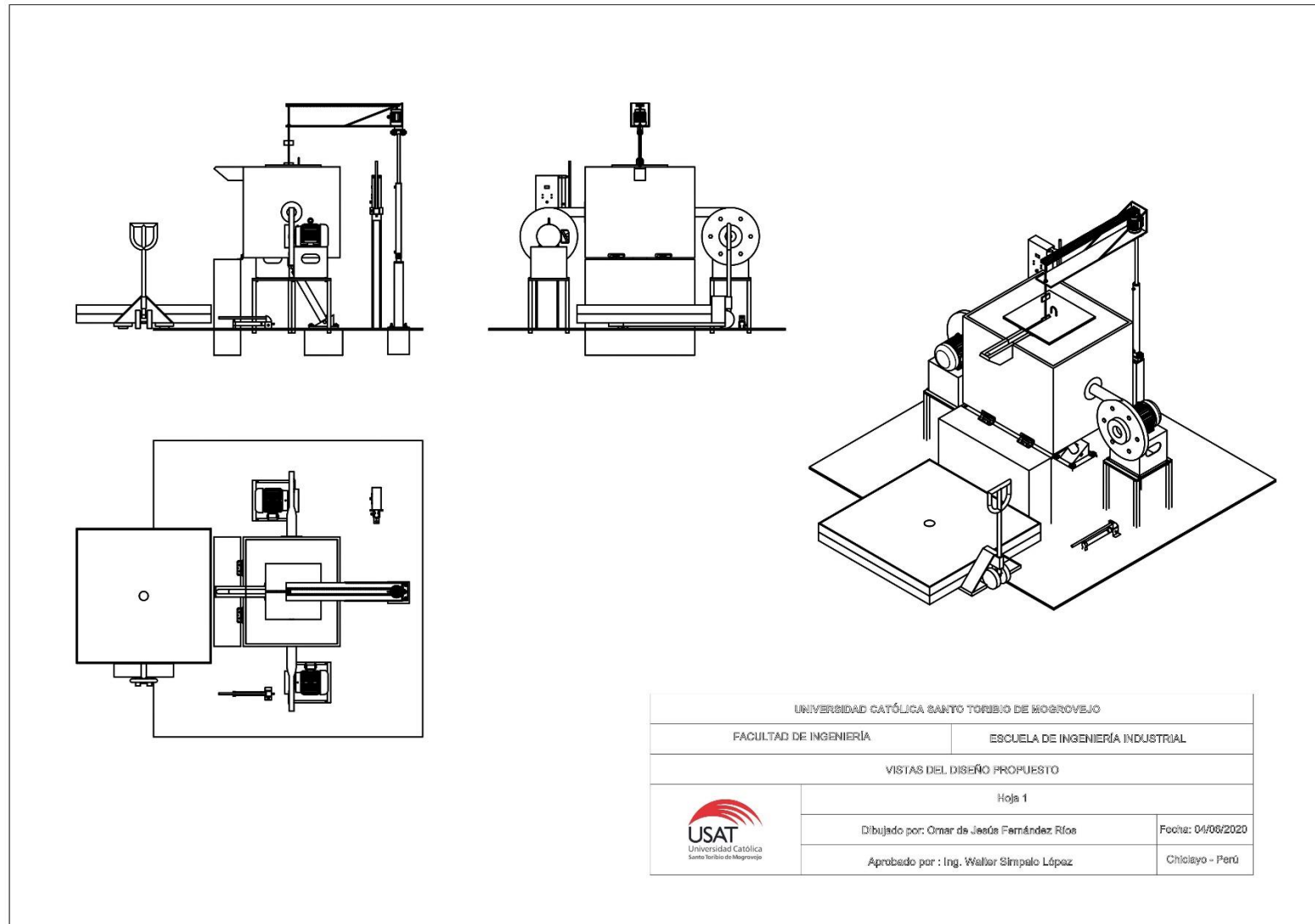


Figura 145. Vistas del concepto general del diseño

Fuente: San Simón S. A. C.

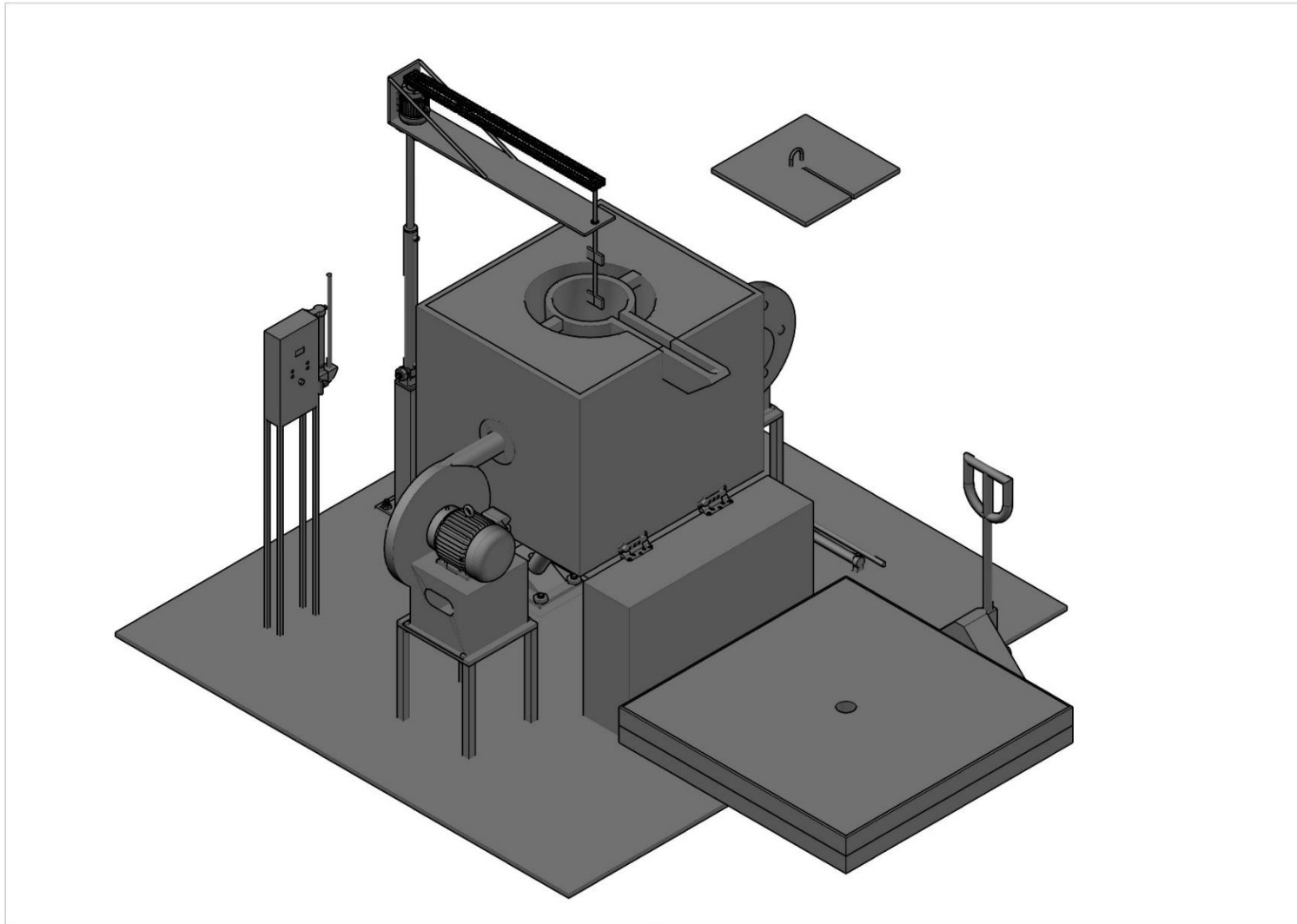


Figura 146. Concepto general del diseño - Renderizado

Fuente: San Simón S. A. C.

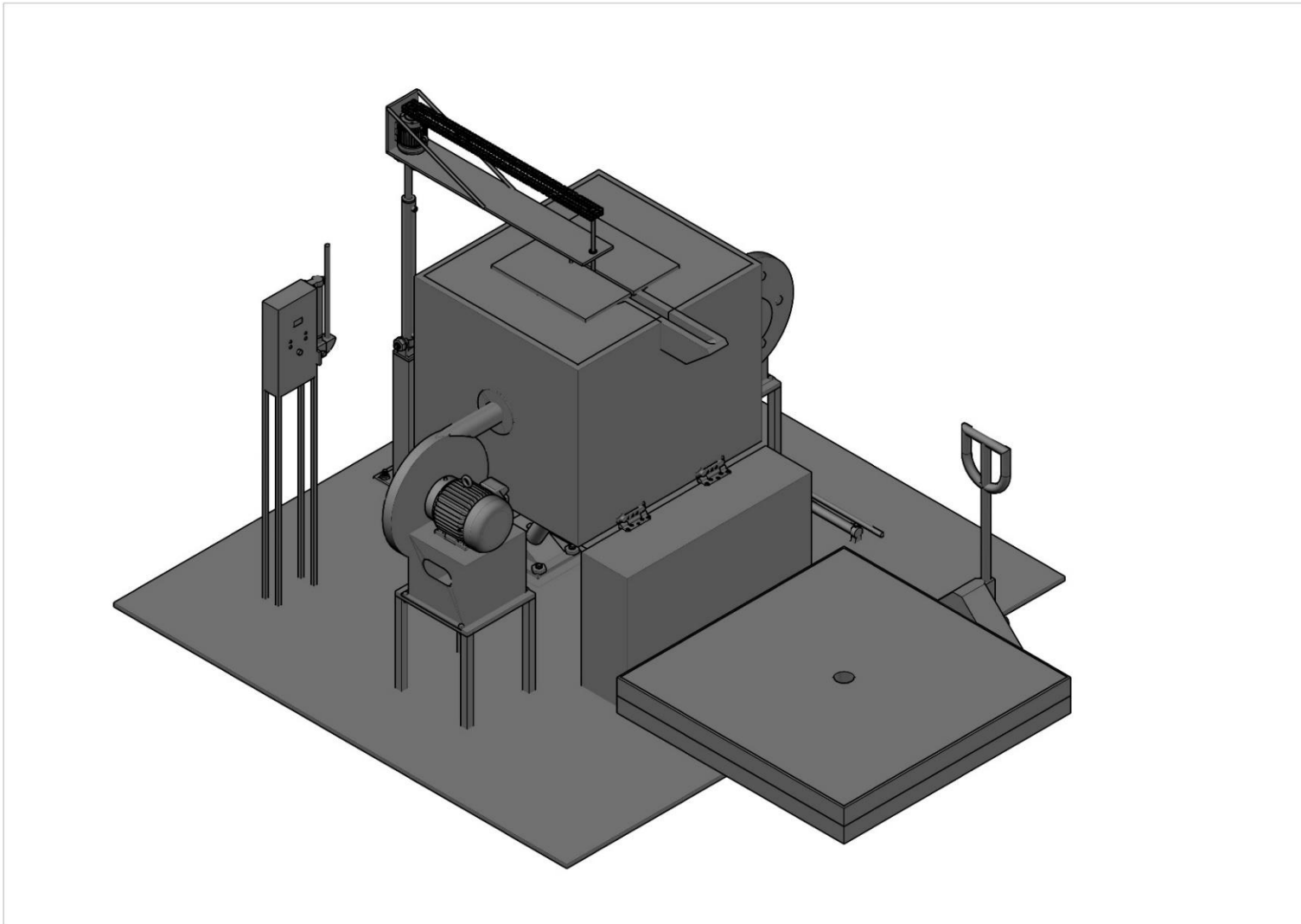
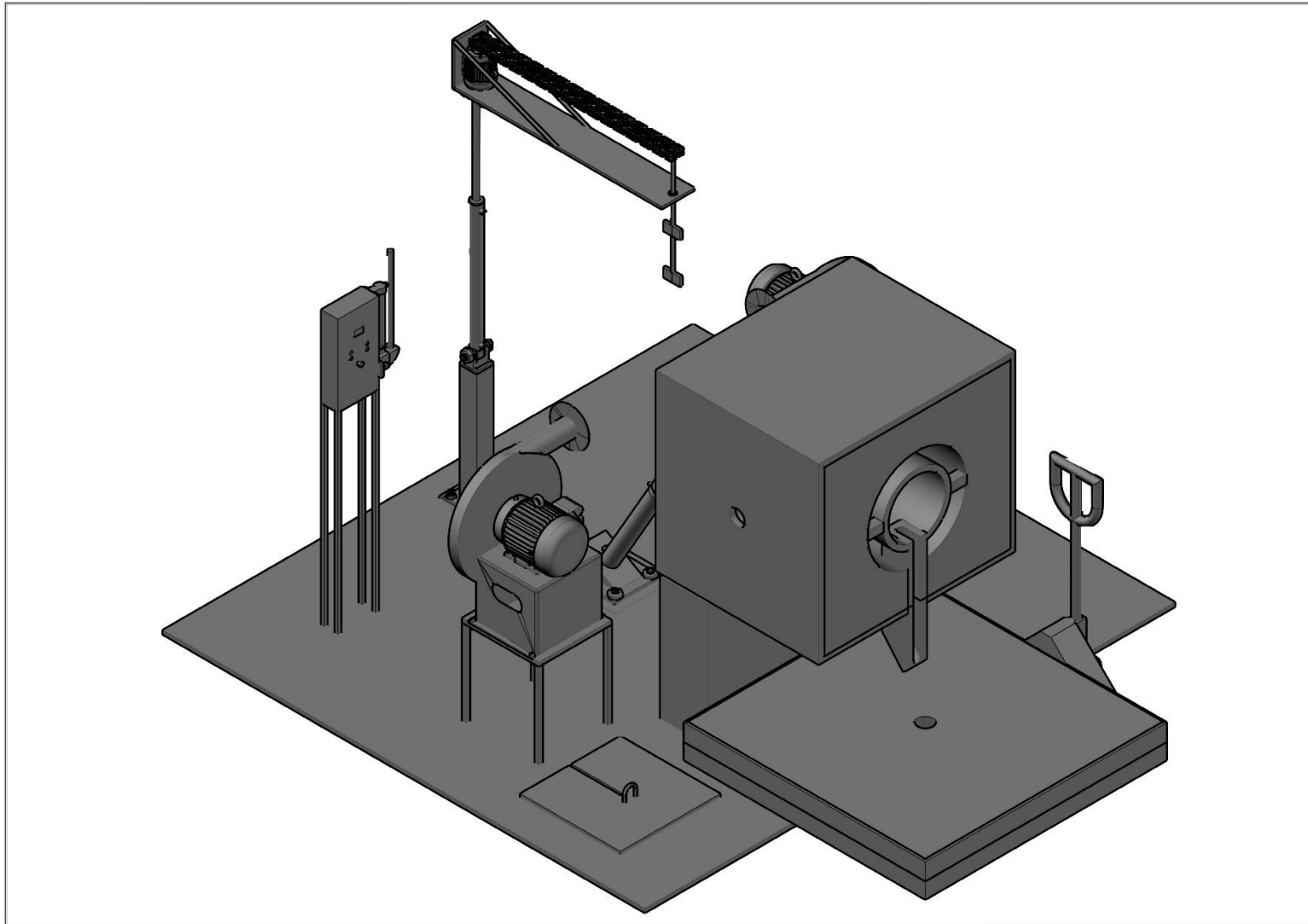


Figura 147. Concepto general del diseño – Mezclado

Fuente: San Simón S. A. C.

Figura 148. Concepto general del diseño – Vaciado



3.2.2.2 Subsistema de estructura del horno

El objetivo de este subsistema es fundir el bronce hasta el estado líquido, dentro del crisol, después de este tiempo de fundición, mediante la carreta de un cilindro hidráulico eleva todo el horno hasta vaciar una determinada cantidad de bronce fundido en el molde de arena para una hélice y de esta manera para la segunda. (tiempo y temperatura)

Para cumplir con esta meta se empezó primero con el horno crisol, que lo contendrá una caja de ladrillo y unas 5 placas de acero que recubrirá a este.

A los dos costados se tendrán 2 sopladores de aire, por debajo el sistema de cilindro hidráulico y en la parte frontal un bloque de concreto, que dará soporte a todo el horno junto con el cilindro hidráulico.

Tabla 101. Lista de materiales para subsistema de estructura del horno

Ítem	Descripción
1	Línea de carburo de silicio base cilíndrica S, 200 mm x 295 mm
2	Línea de carburo de silicio horno, tipo A, 580 mm x 419 mm x 285 mm
3	Bico 07 de carburo de silicio, 340 mm x 50 mm x 150 mm
4	Caja de ladrillo, 115, 9 mm x 101, 9 mm x 98 cm
5	Planchas de acero 304 2.0 mm x 1220 mm x 2440 mm x 4 unidades
6	Abarcón para Instrumentación, AISI 316, Ø 6, 35 mm
7	Angulo acero inoxidable, tipo 304, 1" x 1" x 3/16" x 6,10 m
8	Sharplace bloque de acero inoxidable, 64 mm x 64 mm x 20 mm
9	Bisagra receptora carga pesada, Startec DHX 1160 HD, 300 kg x 2 und
10	Bisagra carga pesada, Startec DHX 1160 HD, 300 kg x 2 und
11	Soplador de aire, SACDER-i, 400 CFM, Ø 2", 1 HP - WEG
12	Horquilla hembra 80 mm x 70 mm x 70 mm
13	Cilindro estándar de doble efecto, Serie 700, Ø A 40 mm, Ø B 70 mm
14	Bombas manuales de acero ULTIMA, serie P, ENERPAC, P - 39
15	Tornillo esparrago, Ø 30 mm x 100 mm
16	Tuerca, Ø 30 mm x 600 mm
17	Arandela plana, Ø 32 mm x Ø 70 mm
18	Bloque de concreto, 115, 9 cm x 30 cm x 108, 75 cm
19	Bloque de concreto, 44, 5 cm x 40 cm x 30 cm

Fuente: San Simón S. A. C.

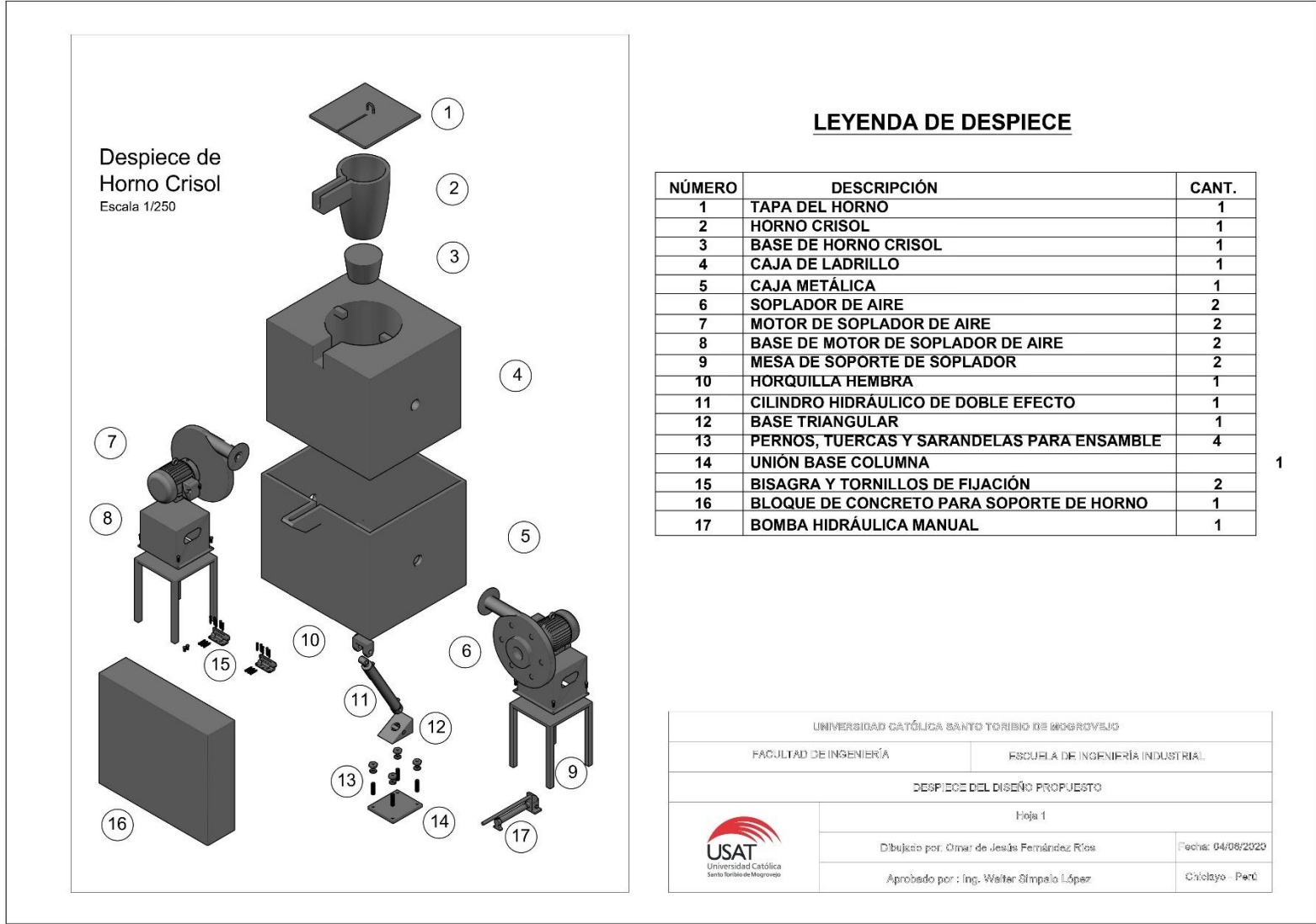


Figura 149. Vista explosionada subsistema del horno

Fuente: San Simón S. A. C.

Como se puede observar en la Figura N°148, se muestra la vista explosionada del subsistema del horno, en la cual a continuación, se describirán todos los elementos que lo conforman.

A. Soportes

Para todas las estructuras que conforman el subsistema del horno, se tendrán 5 soportes, de las cuales cuatro de ellos están compuestos por elementos que adhieren a través de una soldadura para la formación de la estructura final utilizando ensambles no permanentes como pernos y tuercas.

- **Caja metálica para horno**

Las dos funciones de esta caja son que, permitirá que la horquilla hembra que une al cilindro hidráulico, pueda soldarse con la estructura de la caja metálica y que mediante una boquilla de metal tenga continuación la boquilla del horno crisol, para que el bronce fundido tenga un mejor recorrido para la caída hacia el molde de arena.

Para el armado de la caja metálica y la boquilla, se realizarán las siguientes etapas de manufactura:

- a) Corte: Se cortarán 5 placas de acero según las medidas indicadas en los planos.
- b) Pulido: Todas las placas pasarán por un pulido para un mejor acople a la estructura de la caja que irán adyacentes unas con otras.
- c) Ensamble: Tomando en cuenta los planos especificados en el Anexo 05 se procederá a ensamblar las piezas correspondientes utilizando un ensamble permanente de soldadura.
- d) Pintado: Para una óptima protección y presentación del proyecto se puede pintar la caja metálica aplicando un anticorrosivo y después un esmalte a color a gusto del dueño de la empresa.
- e) Inspección final: Se comprobará que todas las operaciones que se han realizado estén según las especificaciones dadas para que no ocurra ningún problema durante su funcionamiento.

- Tapa de horno

La función de esta tapa es cubrir toda la boca del horno para que no se disipe el calor de fundición que se genera dentro del horno.

Para la elaboración de la tapa, se realizarán las siguientes etapas de manufactura:

- a) Corte: Se cortarán la placa de acero según las medidas indicadas en los planos.
- b) Pulido: La placa pasara por un pulido para un mejor acople con la abrazadera de acero.
- c) Ensamble: En base a los planos que se muestran en los Anexo 06 se procederá a realizar el ensamble de la tapa con la abrazadera correspondiente a través de un ensamble permanente de soldadura.
- d) Pintado: Para una mejor protección y mejor presentación del proyecto se puede pintar la tapa y la abrazadera del horno a través de la aplicación de un anticorrosivo y después un esmalte a color a gusto del dueño.
- e) Inspección final: Se comprobará que todas las operaciones que se han realizado estén según las especificaciones dadas para que no ocurra ningún problema durante su funcionamiento.

- Mesa para sopladores de aire

La función de esta mesa es dar soporte a los 2 sopladores de aire, que estarán ubicados uno a la izquierda y otro a la derecha del horno.

Para el armado de la mesa de acero, se realizarán las siguientes etapas de manufactura:

- a) Corte: Se cortarán 2 placas y 16 ángulos de acero según las medidas especificadas en los planos presentados en la figura.
- b) Pulido: Todas las placas y ángulos pasarán por un pulido para un mejor acople a la estructura de la mesa que irán adyacentes unas con otras.

- c) Ensamble: En base a los planos especificados en el Anexo 07 se procederá a realizar el ensamble de las piezas correspondientes a través de un ensamble permanente de soldadura.
- d) Pintado: Para una mejor protección y mejor presentación del proyecto se puede pintar la mesa a través de la aplicación de un anticorrosivo y después un esmalte a color a gusto del dueño de la empresa.
- e) Inspección final: Se comprobará que todas las operaciones que se han realizado estén según las especificaciones dadas para que no ocurra ningún problema durante su funcionamiento.

- Base triangular para cilindro hidráulico

La función de esta base es dar soporte y unión, para el cilindro hidráulico entre la caja del horno y el concreto enterrado en el suelo.

Para la elaboración de la base triangular de acero, se realizarán las siguientes etapas de manufactura:

- a) Desbaste: Se desbastará el bloque de acero según las medidas especificadas en los planos presentados en el Anexo 08.
- b) Taladrado: En base a los planos especificados en Anexo 08 se deberá taladrar 2 agujeros necesarios que permitirán el pase del perno esparrago y el asentamiento del cilindro hidráulico, para el ensamble de este mismo.
- c) Pulido: Todo el bloque de acero pasará por un pulido para un mejor acople a la forma del cilindro hidráulico y el perno esparrago.
- d) Pintado: Para una mejor protección y mejor presentación del proyecto se puede pintar el bloque de acero a través de la aplicación de un anticorrosivo y después un esmalte a color según el gusto del dueño de la empresa que quiera.

e) Inspección final: Se comprobará que todas las operaciones que se han realizado estén según las especificaciones dadas para que no ocurra ningún problema durante su funcionamiento.

- Bloques de concreto

La función de estos bloques es dar soporte y unión, tanto para las bisagras del horno como para la base triangular del cilindro hidráulico.

Para la elaboración de ambas medidas de los bloques de concreto, se mandará a realizar a una empresa constructora, debido a la calidad que deben tener estos mismos.

B. Estructura horno

La estructura del horno crisol lo conforman tres piezas, de las cuales 2 se comprarán del catálogo de la empresa brasileña “Corona Cadinhos”.

- Horno crisol

La función de este horno crisol es contener y fundir el bronce en estado sólido, hasta posteriormente verterlo en el molde de arena.

Para determinar la capacidad de litros se tomaron dos consideraciones, la primera es, la cantidad de kg que se quiere fundir, la cual serán de 2 hélices, las más grandes que ha producido la empresa, que la suma total es de 280 kg.

La segunda consideración es que la capacidad del horno crisol no será del 100 % debido a que la boquilla de este horno le quita 10 cm a la altura del horno y por ende menos capacidad, la cual será de aproximadamente del 80 %.

Para realizar los cálculos de la capacidad que debe tener el horno, se tienen los siguientes datos:

- Densidad del bronce: 8890 kg/m^3

- Masa de hélices: 280 kg

Aplicando la fórmula de

$$\rho = \text{masa/volumen}$$

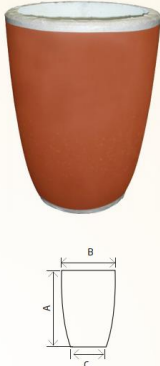
$$8890 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = 280 \text{ kg/volumen}$$

$$\text{Volumen} = 0,032 \text{ m}^3$$

$$\text{Volumen} = 32 \text{ litros}$$

La capacidad del horno para fundir 2 hélices grandes debe ser de 32 litros, pero con la consideración de la capacidad del 80 %, en el siguiente catalogo se tomará la capacidad del horno mayor como se muestra en la figura 149.

Tipo A
type A



	A (mm)	B (mm)	B/C (mm)	ALUMINIO ALUMINUM (KG)	COBRE COPPER	LITROS LITERS
A 1	95	75	52	0.4	1.4	0.18
A 2	112	98	71	0.9	2.9	0.37
A 3	132	100	71	1.1	3.7	0.47
A 4	140	116	80	1.6	5.2	0.66
A 5	150	118	80	1.7	5.6	0.72
A 6	170	136	95	2.6	8.5	1.08
A 8	186	138	95	3	9.8	1.25
A 10	197	162	110	4.3	14	2
A 13	220	165	110	5	16	2
A 16	230	195	133	7.8	26	3
A 20	250	198	133	9	29	4
A 25	247	221	158	10	33	4
A 30	302	224	158	13	43	6
A 40	318	248	178	17	57	7
A 50	338	252	178	19	62	8
A 60	352	284	200	25	83	11
A 70	392	291	200	29	94	12
A 80	375	323	230	35	114	15
A 100	419	324	230	41	134	17
A 120	424	354	250	47	153	20
A 150	482	357	250	54	177	23
A 200	521	415	285	86	283	36
A 250	580	419	285	97	318	41
A 300	570	449	328	111	366	47
A 400	663	504	305	156	515	66
A 500	671	533	338	174	574	73
A 600	730	540	338	194	641	82

Figura 150. Catálogo de hornos crisol
Fuente: Corona Cadinhos

- Base de crisol

La función de la base crisol es darle estabilidad y mantenerlo centrado al horno crisol dentro de la caja de ladrillo.

Con las medidas del horno anteriormente se procedió a buscar en el mismo catálogo, las medidas más acordes para el horno.

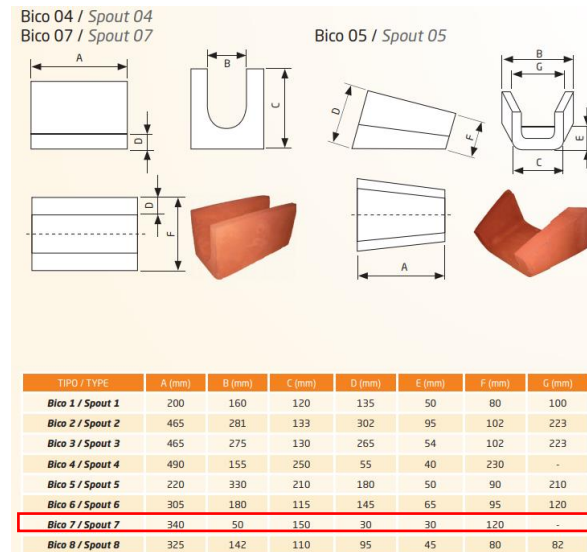


Figura 151. Catálogo de bases de horno crisol

Fuente: Corona Cadinhos

- Ladrillos de ajuste

La función de estos ladrillos, junto con todo el carbón que irá alrededor es ajustar el horno crisol a las paredes de ladrillos en ambos lados para que quede de manera estable durante todo el proceso de fundición.

- Caja de ladrillos

La función de esta caja es contener al coque y el horno de crisol para retener todo el calor posible.

Para determinar el número de ladrillos se necesitarán para la caja se hallará con los volúmenes de la siguiente manera:

$$N^{\circ} \text{ Ladrillos} = \frac{(V. \text{Caja} - V. \text{Hueco de horno})}{(V. \text{Ladrillo} + V. \text{Cemento})}$$

El cual para este calculo se utilizaran las medidas en base a los planos y los catálogos de las piezas mencionadas.

Volumen de caja ladrillos: 1157400,58 cm³

Volumen de hueco horno: 6120 cm³

Volumen de ladrillo con cemento: 3240 cm³

$$N^{\circ} \text{ Ladrillos} = \frac{(1157400,58 \text{ cm}^3 - 6120 \text{ cm}^3)}{(3240 \text{ cm}^3)}$$

$$N^{\circ} \text{ Ladrillos} = 287,7 = 288 \text{ ladrillos}$$

Para la elaboración de la caja del horno se utilizarán 288 ladrillos.

C. Estructura cilindro hidráulico

La estructura del cilindro hidráulico lo conforman tres elementos, que unidos todos permitirá el desplazamiento de la carreta desde la base triangular del cilindro mediante la presión del fluido de aceite, hará que todo el horno se eleve hasta una determinada altura para vaciar una cierta cantidad de bronce liquido al molde de arena de la hélice.

- Cilindro hidráulico de doble efecto

La función de este cilindro es elevar el horno mediante el desplazamiento de la carreta haciendo uso de una bomba hidráulica que inyectara presión a través del fluido de un aceite.

Para la elección del cilindro hidráulico se tomó como criterio la longitud de la carreta (z), la cual está determinada con la altura que se quiere elevar del horno que será la mitad del largo del horno, por lo que se eligió del catálogo de la empresa “Cicrosa” al siguiente cilindro hidráulico de doble efecto.

REF.	Ø A	Ø B	Z Carrera Stroke Course	E	C	D	F	G	H	I	J	K	L	M BSP	Vol. (L)	Peso (kg) Weight Poids
703/1000			1000	1200											2,83	17,8
703/1100			1100	1300											3,11	19,1
703/1200			1200	1400	22	25,25	45	70	83	40	42	45	15	3/8	3,4	20,5
703/1300			1300	1500											3,68	21,9
703/1400			1400	1600											3,96	23,2
703/1500			1500	1700											4,24	24,6
704/100			100	310											0,39	8,4
704/2			200	410											0,77	10,0
704/250			250	460											0,96	11,2
704/3			300	510											1,15	11,9
704/350			350	560											1,35	12,9
704/4			400	610											1,54	13,7
704/450			450	660											1,73	15,0
704/5			500	710											1,92	15,6
704/550			550	760											2,12	16,9
704/6			600	810	28	30,5	55	80	82	50	48	49	15	3/8	2,31	17,5
704/7			700	910											2,69	19,4
704/800			800	1010											3,08	21,5
704/900			900	1110											3,46	23,6
704/1000			1000	1210											3,85	25,3
704/1100			1100	1310											4,23	27,4
704/1200			1200	1410											4,62	29,3
704/1300			1300	1510											5,00	31,2
704/1400			1400	1610											5,39	33,1
704/1500			1500	1710											5,77	35,0

Figura 152. Catálogo de hornos crisol

Fuente: Cicrosa

- Horquilla hembra

La función de esta horquilla es unir la parte superior del cilindro hidráulico y el horno, la cual estará ubicada y centrada en la parte inferior de la caja metálica, en la que tendrá un ensamble de unión permanente por soldadura.

Para la elección de la horquilla hembra se tomó como referencia el diámetro de paso del cilindro, la cual se presenta en el catálogo de la empresa “FLU” que será la siguiente.

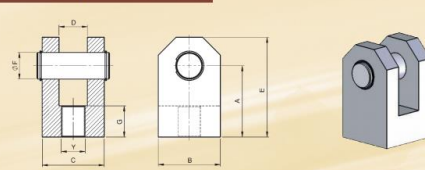
HH - Horquilla hembra								
								
CÓDIGO	Y	A	B	C	D	E	F	G
HH-32	M-12x1,25	44	30	36	16	59	12	22
HH-40	M-16x1,5	52	40	45	20	72	20	25
HH-50	M-20x1,5	65	50	56	25	90	25	31
HH-63	M-27x2	80	70	70	32	112	30	35
HH-80	M-33x2	85	70	70	40	120	40	35
HH-100	M-42x2	105	70	70	42	140	40	45

Figura 153. Catálogo de horquilla hembra

Fuente: FLU

- Base triangular

La función de esta base es dar soporte al cilindro hidráulico y dar paso al tornillo esparrago para que fije el cilindro con la base mediante 2 tuercas para ambos lados. En la cual todos los procesos para su elaboración de esta base se detallaron en la página.

D. Sopladores de aire

La función de este equipo es inyectar aire hacia dentro del horno para encender y mantener prendido el coque durante todo el proceso de fundición.

Para la elección del soplador de aire se tomó como criterio el flujo de caudal del aire el cual para el horno actualmente es de aproximadamente 500 CFM, el cual se escogerá del catálogo de la empresa “VENAIRE” el siguiente.

SOPLADOR	TAMAÑO : 10" Pulg.	SOPLADOR	TAMAÑO : 16" Pulg.	SOPLADOR	TAMAÑO : 18" Pulg.
	Modelo : SACDER-I-11 Caudal : 400 CFM Presión : 6" c.a Rodete : Ø 10" Pulg. Succión : Ø 2" Pulg. Motor : 1 HP - WEG Energía : 220/380/440/3F		Modelo : SACDER-I-16 Caudal : 550 CFM Presión : 10" c.a Rodete : Ø 16" Pulg. Succión : Ø 2" Pulg. Motor : 2 HP - WEG Energía : 220/380/440/3F		Modelo : SACDER-I-21 Caudal : 950 CFM Presión : 17" c.a Rodete : Ø 18" Pulg. Succión : Ø 3" Pulg. Motor : 7.5 HP - WEG Energía : 220/380/440/3F
PRECIO	US\$ 750 + I.G.V.	PRECIO	US\$ 850 + I.G.V.	PRECIO	US\$ 1,300 + I.G.V.
Se fabrica a pedido 5 a 7 días		Se fabrica a pedido 5 a 7 días		Se fabrica a pedido 5 a 7 días	

Figura 154. Sopladores de aire

Fuente: VENAIRE

➤ Equipo adicional

Como un equipo complementario y necesario para el subsistema del horno es el de un carro móvil de transporte.

La función de este equipo es de sostener y mantener en una posición fija al molde de hélice en el proceso de vaciado, el cual, una vez terminado el llenado para este molde, un operario procederá a transportarlo hacia el almacén y así de esta manera para el otro molde de hélice.

Para la elección de la mesa se tomará como medida la hélice más grande, que es la de 52" de elongación.

Tabla 102. Comparación de mesas hidráulicas

PRODUCTO	PRECIO
N° 01: Carro de transporte DISSET ODISEO	S/. 907



Características

- Carro con estructura de plástico con nervudo inferior de refuerzo.
- Dispone de dos barras metálicas de refuerzo debajo de la plataforma de plástico.
- Este tipo de carro no requiere mantenimiento alguno.
- 4 ruedas de alta capacidad de carga de Ø150mm por 24mm de ancho, dos de ellas fijas y dos giratorias.
- El modelo para 1500kg dispone de un par de ruedas extras giratorias.

Descripción

Ventajas

- Ligero y fácil de manipular.
- Timón desmontable.
- Precio cómodo.

Desventaja

- Altura de la base un poco alta para cargar el molde y ponerlo en el carro de transporte.
- Timón no ajustable.

Fuente: San Simón S. A. C.

Tabla 103. Comparación de mesas hidráulicas

Producto	Precio
N° 02: Transpaleta Manual CBY30L	S/. 1 200

**Características**

- Capacidad de 3000 kg.
- Despegue de paletas del piso hacia trayectos medianos.
- Protección contra sobrecarga y corte de la abrazadera.
- Rodamientos auto lubricados.

Descripción**Ventajas**

- Timón de empuje ajustable.
- Diseño de bomba integral, que previene cualquier aflojamiento y fuga.
- Estos modelos se pueden utilizar en aplicaciones sobre el suelo o en el suelo

Desventaja

- Precio alto

Fuente: San Simón S. A. C.

Se ha elegido el carro transportable 02, por la altura de la base, el timón ajustable y la calidad de la marca.

3.2.2.3 Subsistema de estructura de base mezcladora

El objetivo de este subsistema es que a través de una pala mezcladora unido con 4 hojas unidas a los costados en la parte final, comience a girar para remover el bronce en estado líquido.

Para cumplir con esta meta, la pala mezcladora estará unido a un engranaje 1 y un eje de bolas de rodamiento en la parte superior, la cual estará unido a un sistema de transmisión, conformado por una cadena de montaje, un engranaje 2 y el motor, todo esto soportado en una placa de acero.

Todo este sistema de transmisión estará soportado por una columna la cual estará conformada en 2 partes, un cilindro hidráulico y la estructura de placas de acero unido al bloque de concreto del suelo.

En la figura se presentan la vista principal del subsistema de la estructura de la base mezcladora y en la figura la vista explosionada con lista de materiales.

Todas las especificaciones de las piezas que componen el subsistema, se encuentran en el Anexo en adelante.

En la tabla se hace una lista de todos los materiales a utilizar para su fabricación.

Tabla 104. Lista de materiales para subsistema de estructura del horno

Ítem	Descripción
1	Varilla acero inoxidable 304, Ø 5 mm x 3000 mm
2	Engranajes, cara ½”, 24 dientes, Ø 1,5” x Ø 7/16” x 2 unidades
3	Cadena de rodillos ASA, ANSI 60-1, 250 cm
4	Eje de rodamiento rígido de una hilera de bolas, Ø 12 mm x Ø 30 mm
5	Motor 2 HP, 220 V, 50 Hz, 1430 rpm
6	Planchas de acero 304 10 mm x 1220 mm x 2440 mm x 3 unidades
7	Horquilla hembra 65 mm x 50 mm x 56 mm x 2 unidades
8	Cilindro estándar de doble efecto, Serie 700, Ø A 30 mm, Ø B 60 mm
9	Tornillo esparrago, Ø 30 mm x 100 mm
10	Tuerca, Ø 30 mm x 600 mm
11	Arandela plana, Ø 32 mm x Ø 70 mm
12	Bloque de concreto, 24 cm x 24 cm x 30 cm

Fuente: San Simón S. A. C.

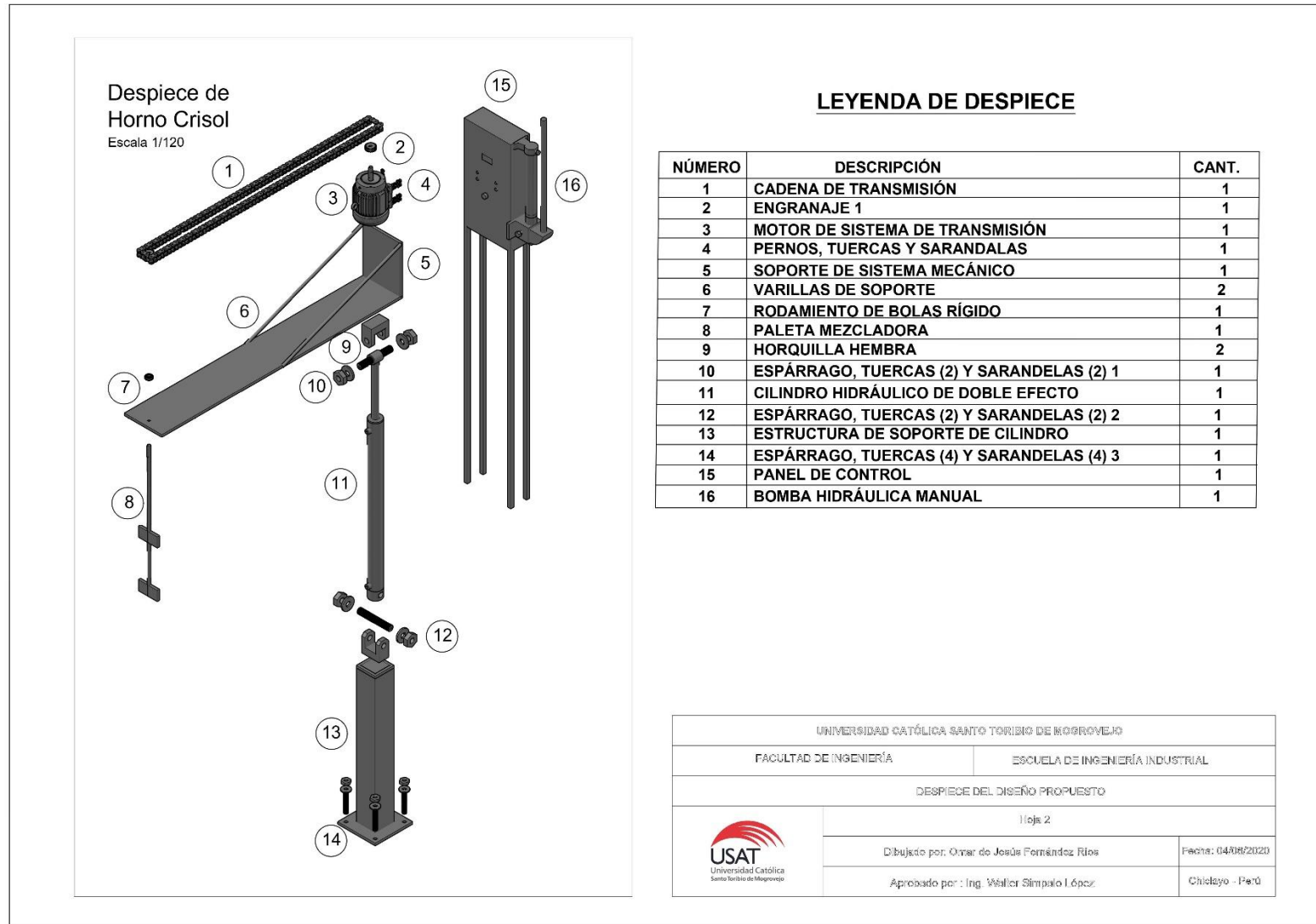


Figura 155. Vista explosionada subsistema de la base mezcladora

Fuente: San Simón S. A. C.

Como se puede observar en la figura previa la vista del subsistema de la base mezcladora. A continuación, se describirán todos los elementos que lo conforman.

A. Soportes

Para todas las estructuras que conforman el subsistema de la base mezcladora, se tendrán 4 soportes, de las cuales 3 de ellos están compuestos por elementos que se unen mediante la aplicación de soldadura y que se adhieren para construir la estructura final utilizando ensambles no permanentes como tuercas y pernos.

- **Unión base - columna**

La función de esta pieza es conectar la columna del soporte de la mezcladora con el concreto ubicado en el suelo mediante tuercas y pernos.

Con el fin de realizar el armado de la unión base – columna, se tomaran en cuenta los siguientes procesos:

a) Corte: Se cortará una placa de acero según las medidas especificadas en los planos presentados en el Anexo 09.

b) Taladrado: En base a los planos especificados al Anexo 09 se deberá taladrar 4 agujeros, lo cual permitirán el paso de los pernos espárragos.

c) Pulido: La placa pasará por un pulido para un mejor acople a la estructura del soporte de la mezcladora.

d) Pintado: Para una mejor protección y mejor presentación del proyecto se puede pintar la caja metálica a través de la aplicación de un anticorrosivo y después un esmalte a color a gusto del dueño de la empresa.

e) Inspección final: Se comprobará que todas las operaciones que se han realizado estén según las especificaciones dadas para que no ocurra ningún problema durante su funcionamiento.

B. Estructura cilindro hidráulico

- Cilindro hidráulico de doble efecto

La función de este cilindro es elevar el horno mediante el desplazamiento de la carreta haciendo uso de una bomba hidráulica que inyectara presión a través del fluido de un aceite.

Para la elección del cilindro hidráulico se tomó como criterio la longitud de la carreta (z), la cual está determinada con la altura que se quiere elevar del horno que será la mitad del largo del horno, por lo que se eligió del catálogo de la empresa “Cicrosa” al siguiente cilindro hidráulico de doble efecto.

Z Carrera Stroke Course																	Peso (kg) Weight Poids
REF.	ø A	ø B	E	C	D	F	G	H	I	J	K	L	M BSP	Vol. (L)	Unidad Seals Joints		
702/1			100	300										0,20		4,3	
702/150			150	350										0,29		5,1	
702/2			200	400										0,39		5,6	
702/250			250	450										0,49		6,3	
702/3			300	500										0,59		6,8	
702/350			350	550										0,69		7,6	
702/4			400	600										0,79		8,0	
702/450			450	650										0,88		8,8	
702/5			500	700										0,98		9,5	
702/6	30	50	600	800	22	25,25	45	60	85	40	42	43	15	3/8	1,18	J72N	10,5
702/7			700	900										1,37		11,7	
702/800			800	1000										1,57		13,1	
702/900			900	1100										1,77		14,3	
702/1000			1000	1200										1,96		15,5	
702/1100			1100	1300										2,16		16,8	
702/1200			1200	1400										2,35		18,03	
702/1300			1300	1500										2,55		19,26	
702/1400			1400	1600										2,77		20,1	
702/1500			1500	1700										2,94		21,72	

Figura 156. Catálogo de hornos crisol

Fuente: Cicrosa

- Horquilla hembra

La función de esta horquilla es unir la parte superior del cilindro hidráulico y el horno, la cual estará ubicada y centrada en la parte inferior de la caja metálica, en la que tendrá un ensamble de unión permanente por soldadura.

Para la elección de la horquilla hembra se tomó como referencia el diámetro de paso del cilindro, la cual se presenta en el catálogo de la empresa “FLU” que será la siguiente.

14

Accesorios de fijación

HH - Horquilla hembra

CÓDIGO

Y

A

B

C

D

E

F

G

HH-32

M-12x1,25

44

30

36

16

59

12

22

HH-40

M-16x1,5

52

40

45

20

72

20

25

HH-50

M-20x1,5

65

50

56

25

90

25

31

HH-63

M-27x2

80

70

70

32

112

30

35

HH-80

M-33x2

85

70

70

40

120

40

35

HH-100

M-42x2

105

70

70

42

140

40

45

Figura 157. Catálogo de horquilla hembra
Fuente: FLU

- Base de sistema de transmisión mecánico

La función de esta pieza es unir y dar soporte entre el cilindro hidráulico y el sistema de transmisión.

Para el armado de la base de sistema de transmisión, se realizarán las siguientes etapas de manufactura:

- Corte: Se cortará una placa de acero según las medidas especificadas en los planos presentados en el Anexo.
- Taladrado: En base a los planos especificados en los anexos (a partir del anexo) se deberá taladrar 1 agujero, lo que permitirá el paso de la pala mezcladora por la base.
- Pulido: La placa pasará por un pulido para un mejor acople a la estructura del soporte de la columna soporte de la mezcladora
- Pintado: Para una mejor protección y mejor presentación del proyecto se puede pintar la caja metálica a través de la aplicación de un anticorrosivo y después un esmalte a color a gusto del dueño de la empresa.
- Inspección final: Se comprobará que todas las operaciones que se han realizado estén según las especificaciones dadas para que no ocurra ningún problema durante su funcionamiento.

3.2.2.3 Sistema eléctrico y de control

Para la propuesta del diseño se empleará automatismos para un mejor rendimiento del equipo, hasta el momento se utilizarán los siguientes equipos:

- Tres motores eléctricos trifásicos asíncronos de jaula ardilla, 2 de ellos son para el soplador de aire con una potencia de 1 HP cada uno y otro motor para el sistema de transmisión de potencia de 2 HP.
- Dos cilindros hidráulicos de doble efecto serie 700, el primero ubicado en el horno con una carreta de 550 mm y la segunda ubicada en el soporte de la mezcladora con una carreta 700 mm, todos ellos con una presión máxima de 50 bar que permitirá alzar hasta 6 toneladas según el catálogo de la empresa “CICROSA” (Ver anexo)
- Una bomba hidráulica de la marca de la empresa “ENERPAC”, la cual para la elección se tomó como criterio el modelo con la capacidad presión más baja y de forma manual, el cual fue el modelo de P-39 de la serie P, como se muestra en el anexo.

En la cual se empleará los siguientes automatismos que se muestran en la Tabla N°102.

Tabla 105. Automatismos propuestos

Elemento	Descripción
Variador de velocidad	Regula la velocidad de motores eléctricos para que la electricidad que llega al motor se ajuste a la demanda real de la aplicación, reduciendo el consumo energético del motor.
Interruptor diferencial	Protege de las consecuencias que se pueden derivar de una fuga de corriente en nuestra instalación.
Guarda motor	Protege al motor de cualquier sobrecarga.
Pulsadores	Permite el paso de la corriente eléctrica y, cuando se deja de oprimir, lo interrumpe.
Fuente de alimentación	Se elegirá el tipo de cable de 18 A, en base a la corriente nominal de los motores.

Fuente: San Simón S. A. C.

3.2.2.4 Uso de elementos de protección personal (EPP)

La Ley 29783 en el artículo 60 menciona que el empleador debe proporcionar a sus colaboradores los EPP's adecuados, tomando en cuenta el tipo de trabajo que realiza y los riesgos a los que se encuentra expuesto. Debido a esto se realizó una relación de los equipos de protección personal necesarios para las actividades que se desarrollan en la empresa.

Tabla 106. Equipos de protección personal adecuados

Clasificación	Equipo de protección personal	Uso
Protección de manos	Guantes anti quemaduras	En actividades con exposición a temperaturas elevadas
	Guantes anti cortes	En actividades con riesgo de cortes
Protección respiratoria	Respirador con filtro	En ambientes con emisión de gases, en este caso de combustión
Protección visual	Lentes de seguridad	En ambientes con material particulado
Protección de pies	Botas de seguridad	En actividades de manipulación de elementos pesados
Protección de cuerpo entero	Ropa protectora	En actividades con exposición a temperaturas elevadas
Protección facial	Protector facial	En actividades con riesgo de lesiones en el rostro

Fuente: Elaboración propia

Tabla 107. Guantes anti quemaduras

Producto	Descripción	Precio
Guantes de fibra de aramida con aislamiento Premium y forrado de silicona.	Resistente al calor y de alta resistencia de material. Soporta hasta 800°C.	S/ 100
		
Guantes de meta-aramida y forro de algodón.	Resistente al calor, resiste temperaturas de hasta 250°C.	S/ 70
		

Fuente: Elaboración propia

Tabla 108. Guantes anti cortes

Producto	Descripción	Precio
Guantes superflex recubierto con latex corrugado.	Diseño ergonómico con revestimiento resistente al rasgado	S/ 7
		
Guante de acero inoxidable mediante tejido de argollas	Resistente a cortes, ambidiestro	S/ 15
		

Fuente: Elaboración propia

Tabla 109. Respirador con filtro

Producto	Descripción	Precio
Respirador de media cara reutilizable 3M Serie 7500 	Protección contra inhalación de gases de combustión, usos en industria metalurgica	S/ 245
Respirador de media cara liviano y económico 3M Serie 6000 	Protección contra inhalación de gases y vapores	S/ 450

Fuente: Elaboración propia

- **Lentes de Seguridad**

Este equipo tiene como función proteger la vista del operador de los riesgos provocados por los materiales particulados que se producen en toda la etapa del mecanizado.

**Figura 158. Lentes de seguridad**

Fuente: Elaboración propia

- **Botas de Seguridad**

Este equipo tiene como función proteger las extremidades inferiores ante los peligros de aplastamiento por manipulación de elementos pesados.



Figura 159. Botas de seguridad

Fuente: Elaboración propia

- **Ropa protectora**

Este equipo tiene como función aislar al cuerpo de posibles quemaduras provocadas por las altas temperaturas derivadas del proceso de combustión.



Figura 160. Ropa protectora

Fuente: Elaboración propia

- **Protector facial**

Este equipo tiene como función proteger la integridad del rostro del operador en las actividades del proceso productivo.



Figura 161. Protector facial

Fuente: Elaboración propia

Distribución de EPP

Los equipos de protección personal serán asignados a cada personal en función al tipo de trabajo que realiza y a los riesgos a los que se encuentran expuestos durante el desarrollo de sus labores.

Tabla 110. EPP por etapa

EPP/Área	Moldeado	Fundición	Mecanizado
Guantes anti quemaduras		X	
Guantes anti cortes	X		X
Respirador con filtro		X	X
Lentes de seguridad	X		X
Botas de seguridad	X	X	X
Ropa protectora		X	
Protector fácil		X	

Fuente: Elaboración propia

Frecuencia de suministro de EPP

La frecuencia de suministro estará determinada en función a la vida útil de los equipos.

Tabla 111. Frecuencia de suministro de EPP's

EPP	Mensual	Trimestral	Semestral
Guantes anti quemaduras	x		
Guantes anti cortes	x		
Respirador con filtro			x
Lentes de seguridad		x	
Botas de seguridad			x
Ropa protectora			x
Protector fácil		x	

Fuente: Elaboración propia

Plan de capacitación

Se capacitará a los operarios en el correcto uso de sus equipos de protección y su mantenimiento.

Tabla 112. Plan de capacitaciones

Mes	Tema	Participantes	Costo
Agosto	Riesgos en las actividades de la empresa	6	S/ 250
Setiembre	Importancia del uso correcto del EPP	6	S/ 250
	Mantenimiento y descarte de EPP	6	S/ 250
Octubre	Prevención de situaciones de riesgo	6	S/ 250

Fuente: Elaboración propia

Costo de implementación de los Equipos de Protección Personal

Se determinó el costo de la implementación de equipos de protección personal en función a la cantidad adquirida, su frecuencia de suministro y su precio.

Tabla 113. Costos de implementación

Equipo	Cantidad	Costo Unitario	Costo Trimestral	Costo Anual
Guantes anti quemaduras	1	S/. 100	S/. 100	S/. 1200
Guantes anti cortes	5	S/. 15	S/. 75	S/. 900
Respirador con filtro	1	S/. 245	S/. 245	S/. 2940
Lentes de seguridad	3	S/. 25	S/. 75	S/. 900
Botas de seguridad	6	S/. 130	S/. 780	S/. 9360
Ropa protectora	1	S/. 150	S/. 150	S/. 1800
Protector facil	1	S/. 500	S/. 500	S/. 6000
TOTAL				S/. 7700

Fuente: Elaboración propia

3.3.1 Análisis de nuevos indicadores

✓ Etapa de moldeo y mecanizado

Según refiere Gonzales et al en [19] tiene como objetivo medir el impacto de un programa ergonómico en la productividad, como resultados se obtuvo un incremento de 339,7 láminas por h-H a 346,3 láminas por h-H.

Según el antecedente presentado, la aplicación de medidas impacta en el incremento de la productividad presentada por la empresa, es por ello que después del desarrollo de las propuestas de mejora la productividad de la empresa San Simón S.A.C. se espera un incremento en las etapas de moldeo y mecanizado.

Por lo tanto, las mejoras de los puestos de trabajo libera de riesgos disergonómicos y por ende se genera una reducción en el número de accidentes, permitiendo que la empresa incrementa la productividad manteniendo las condiciones iniciales durante toda la jornada laboral y la cantidad de operarios en etapa de moldeo y solo agregando 1 h de tiempo disponible a la etapa del mecanizado, para equilibrarlo con la producción esperada de fundición, los nuevos indicadores de producción esperadas para las 2 etapas son las siguiente:

$$\textit{Producción esperada del moldeo} = \frac{7 \text{ moldes}}{\text{día}}$$

$$\textit{Producción esperada mecanizado} = \frac{4 \text{ hélice mecanizada}}{\text{día}}$$

✓ Etapa de fundición

Para los indicadores que trae consigo el rediseño nuevo del sistema del horno es necesario aplicar un diagrama hombre máquina para determinar la variación presentada en el tiempo de desarrollo de las etapas del proceso. Tomando en cuenta al diagrama de movimientos desarrollado por el autor (ver página), se puede observar en la figura el diagrama hombre máquina con la mejora en los tiempos debido a la implementación del sistema automatizado.

Tabla 114. Diagrama hombre máquina mejorado**Diagrama Hombre Máquina****Operación:** Vaciado**Máquina tipo:** Horno**Fecha:** 01 de mayo 2020**Diagramador:** Omar**Ciclo:** 0,11 minutos

Hombre	Tiempo		Máquina	Tiempo	
Alzar palanca de bomba hidráulica	0.02		Fundido	0,02	
Ocioso	0,08		Elevación del cilindro hidráulico	0,08	
Detener palanca de bomba hidráulica	0,01		Paro del vertido de bronce	0,01	

Fuente: Elaboración propia

El nuevo diagrama hombre máquina es para el vaciado de 1 hélice, cuyo tiempo de ciclo es de 11 segundos, se tiene un tiempo ocioso de 8 segundos y un tiempo productivo de 3 segundos. Este tiempo de ciclo generado del diagrama hombre máquina se considerará el tiempo estándar para el proceso de vaciado del nuevo rediseño del equipo.

El nuevo indicador en base al nuevo diagrama hombre máquina es el siguiente:

$$\text{Saturación del operario} = \frac{\text{Tiempo productivo operario}}{\text{Tiempo de ciclo}} \times 100$$

$$\text{Saturación del operario} = \frac{0,03 \text{ min}}{0,11 \text{ min}} \times 100 = 27,28\%$$

Este indicador da a comprender que el operario está saturado al 27,28 % saturado, ya que durante todo este nuevo proceso de vaciado el operario solo tendrá que accionar la palanca de la bomba hidráulica para levantar el horno y verter una determinada cantidad de bronce fundido para un molde una hélice.

Otro factor importante que influye en la variabilidad de la productividad en toda la etapa de la fundición es la capacidad del sistema de horno, ya que la empresa tiene la producción de otras piezas de embarcaciones al día, la cual tiene un stock de proceso de moldes de arena para ser fundidos como se aprecia en la Figura N°.

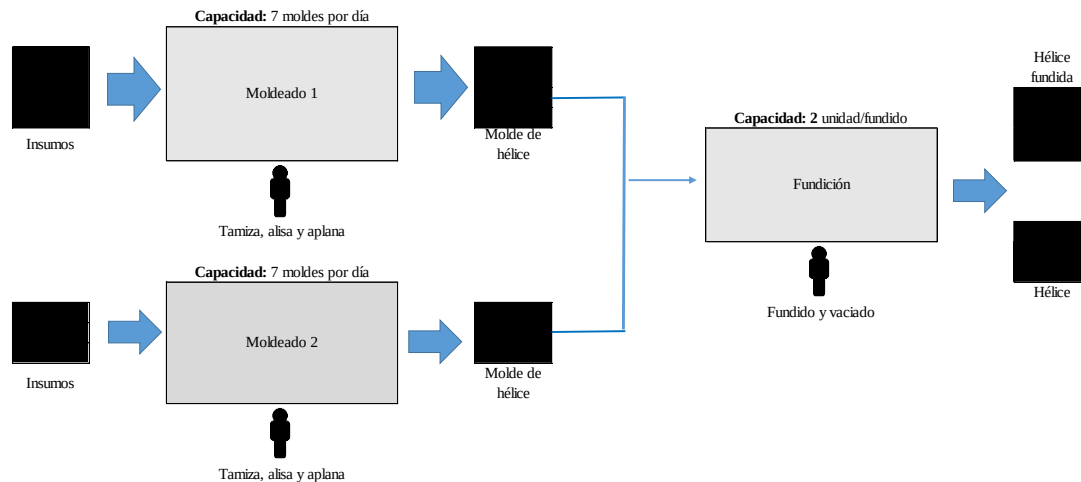


Figura 162. Nuevo flujo de producción estación de fundición

Fuente: Elaboración propia

Como vemos en la etapa de fundición se podrá atender hasta 2 hélices de tamaño grande por cada fundido lo que equivale a la siguiente producción esperada:

$$\text{Producción esperada de fundición} = \frac{4 \text{ hélices}}{\text{día}}$$

Esta productividad de mano de obra en la etapa de fundido es de 2,02 hélices por día también incrementara la producción de las otras piezas de embarcaciones, pudiendo ser hasta de 14 piezas fundidas por día.

Con los nuevos diseños de puestos de trabajo sin riesgos disergonómicos en las etapas del moldeo y mecanizado junto con el rediseño nuevo del horno en la etapa de fundición, se espera eliminar las causas que resultan en el problema de los pedidos no atendidos de la producción de hélices y pudiendo atender a toda la demanda la cual se espera que se la siguiente:

$$\text{Producción esperada total} = \frac{147 \text{ hélices}}{\text{año}}$$

Este rediseño nuevo para el sistema del horno traerá consigo además la reducción de las pérdidas de mermas de bronce fundido por derrames en el proceso de vaciado, ya que solamente se hará un vertido para todo el molde de arena de la hélice, el cual se espera que la reducción de mermas esperada sea la siguiente:

$$R. de pérdidas de bronce = Pérdidas actual - Pérdidas de máquina$$

$$R. de pérdidas de bronce = 9 \% - 2\%$$

$$R. de pérdidas de bronce = 7 \%$$

Se espera con este rediseño del horno una reducción de mermas del bronce del 7%.

❖ Indicador de los puestos de trabajo con riesgos disergonómicos

- Posturas Incomodas o forzadas

A continuación, se presentan los nuevos indicadores:

$$= \frac{\text{Etapas con riesgos disergonómicos por posturas forzadas}}{\text{Número de etapas totales}} \times 100$$

$$= \frac{0}{6} \times 100 = 100 \%$$

Las tareas que componen el proceso de producción de la hélice ya no presentan riesgos disergonómicos originados por posturas forzadas.

❖ Indicador de ausentismo

Tras la capacitación al personal operario en el uso obligatorio de equipos de protección personal y de otorgarles los mismos se espera que los accidentes laborales por la falta de uso de estos equipos se reducirían como se muestra a continuación.

- Índice de frecuencia en producción de hélices

$$\text{Índice de frecuencia} = \frac{\text{Número de accidentes}}{\text{Horas hombre trabajadas}}$$

$$\text{Índice de frecuencia} = \frac{0}{\frac{120 \text{ días}}{\text{año}} \times \frac{8 \text{ horas}}{\text{día}} \times 3 \text{ op}} \times 1\,000\,000$$

$$\text{Índice de frecuencia} = 1041,67$$

La frecuencia es de 0 accidentes por cada 1 000 000 de horas hombre trabajadas en la etapa de producción de hélice del año 2020.

➤ **Índice de severidad**

- Índice de frecuencia en producción de hélices

$$\text{Índice de severidad} = \frac{\text{Días perdidos}}{\text{Horas hombre trabajadas}}$$

$$\text{Índice de severidad} = \frac{0}{\frac{120 \text{ días}}{\text{año}} \times \frac{9 \text{ horas}}{\text{día}} \times 2 \text{ op}} \times 1\,000\,000$$

$$\text{Índice de severidad} = 1388,89$$

El número de días perdidos es de 0 por 1 000 000 de horas hombre trabajadas para atender la demanda de hélices de embarcaciones del año 2020.

3.2.2.5 Cuadro comparativo de indicadores

Tabla 115. Cuadro comparativo de indicadores

Causa	Indicador actual	Indicador con mejora	Variación
C1: Baja productividad de mano de obra por fatiga causado por posturas disergonómicas.	P. real del moldeado	P. esperada del moldeado	
	$= \frac{2 \text{ moldes}}{\text{día}}$	$= \frac{7 \text{ moldes}}{\text{día}}$	Incrementa 250%
	P. real de mecanizado	P. esperada de mecanizado	
	$= \frac{2 \text{ hélice mecanizada}}{\text{día}}$	$= \frac{4 \text{ hélice mecanizada}}{\text{día}}$	Incrementa 100%
C2: Saturación del operario en la etapa de fundición	Saturación del operario	Saturación del operario	
	= 100 %	= 27,28 %	Reduce en 72,72%
	P. Mano de obra de fundición	P. Mano de obra de fundición	
	$= \frac{2 \text{ hélices}}{\text{día}}$	$= \frac{4 \text{ hélices}}{\text{día}}$	Incrementa 100%
C3: Ausentismo laboral	Índice de frecuencia: 1697,64	Índice de frecuencia: 0 %	
	Índice de frecuencia: 1479,34	Índice de frecuencia: 0%	Reduce en 100%
	Pedidos no atendidos: 26,53%	Pedidos no atendidos: 0%	Reduce en 100%
C4: Falta de implementación de equipos y maquinarias	Demora de op para carga de hélices = 26,79%	Demora de op para carga de hélices = 10%	Reduce en 16,79%
C5: Perdidas de mermas de bronce fundido	Pérdidas de bronce: 9 %	Pérdidas de bronce: 2 %	Reduce en 7%

Fuente: Elaboración propia

3.3 ANÁLISIS COSTO BENEFICIO

Con el fin de determinar si el proyecto planteado es conveniente desde el aspecto económico es necesario realizar el análisis de costo beneficio. Para ello, se valorizarán en términos monetarios todos los costos y beneficios resultantes de los costes de los nuevos diseños de puesto de trabajo, EPP', rediseño del sistema del horno y capacitaciones como se muestra a continuación.

a) Coste de los nuevos diseños de puesto de trabajo

- Coste del nuevo puesto de trabajo en el moldeado

Tabla 116. Costo de implementación

Producto	Cantidad	Precio Unitario	Costo total
Mesa hidráulica	2 unidades	S/. 6 307	S/. 12 614
Silla Semiting	2 unidades	S/. 1 896	S/. 3 792
Capacitación del personal	1 servicio profesional	S/. 500	S/. 500
Total			S/. 16 906

Fuente: Elaboración propia

b) Coste del nuevo puesto de trabajo en el mecanizado

- Coste de implementación del diseño de los puestos de trabajo ergonómico del esmerilado, pulido y cargas.

Tabla 117. Costo de implementación del esmerilado, pulido y carga

Producto	Cantidad	Precio Unitario	Costo total
Silla Semiting	2 unidades	S/. 1 896	S/. 3 792
Grúa móvil hidráulica	2 unidades	S/. 4 500	S/. 9 000
Total			S/. 12 792

Fuente: Elaboración propia

c) Coste implementación de EPP'S

Tabla 118. Costo de implementación del esmerilado, pulido y carga

Ítem	Costo total anual
Capacitación para las pausas activas	S/. 8 000
Compra de EPP'S	S/. 7 700
Capacitación para el uso de EPP'S	S/. 1000

Fuente: Elaboración propia

d) Coste del subsistema del horno

Tabla 119. Coste del sistema propuesto

Costo del subsistema del horno			
Ítem	Costo por unidad (S/.)	Cantidad	Total (S/.)
Horno crisol, Tipo S, 200 mm x 295 mm	600	1	600
Base horno crisol, tipo A, 580 mm x 419 mm x 285 mm	53	1	53
Ladrillo, 23 cm x 12.5 cm x 9 cm	0,65	288	187,2
Plancha de acero 304, 2.0 mm x 1220 mm x 2440 mm	176	4	704
Abrazadera, AISI 316, Ø 6, 35 mm	4,90	1	4,90
Angulo acero inoxidable, tipo 304, 1" x 1" x 3/16" x 6,10 m	112,77	1	112,77
Sharplace bloque de acero inoxidable, 64 mm x 64 mm x 20 mm	70	1	70
Bisagra receptora carga pesada, Startec DHX 1160 HD, 300 kg	69	2	138
Bisagra carga pesada, Startec DHX 1160 HD, 300 kg	47	2	94
Soplador de aire, SACDER-i, 400 CFM	842,4	2	1 704,8
Horquilla hembra 80 mm x 70 mm x 70 mm	41,14	1	41,14
Cilindro estándar de doble efecto, Serie 700, Ø A 40 mm, Ø B 70 mm, Z 550 mm	847,1	1	847,1
Bombas manuales de acero ULTIMA, serie P, ENERPAC, P - 39	435,2	1	435,2
Tornillo esparrago, Ø 30 mm x 100 mm	13,90	1	13,90
Tuerca, Ø 30 mm x 60 mm	0,375	4	1,50
Arandela plana, Ø 30 mm x Ø 56 mm	0,875	4	3,50
Bloque de concreto, 115, 9 cm x 30 cm x 108, 75 cm	54,67	1	54,67
Bloque de concreto, 44, 5 cm x 40 cm x 30 cm	24,88	1	24,88
Transpaleta Manual CBY30L	1 200	1	1 200

Fuente: Elaboración propia

➤ Coste del subsistema de base mezcladora

Tabla 120. Lista de materiales para subsistema de base mezcladora

Costo del subsistema de base mezcladora			
Ítem	Costo por unidad (S/.)	Cantidad	Total (S/.)
Varilla acero inoxidable 304, Ø 5 mm x 3000 mm	10	1	10
Engranajes, cara ½", 24 dientes, Ø 1,5" x Ø 7/16"	17	2	34
Cadena de rodillos ASA, ANSI 60-1,250cm	55	1	55
Eje de rodamiento rígido de una hilera de bolas, Ø 12 mm x Ø 30 mm	170	1	170
Motor 2 HP, 220 V, 50 Hz, 1430 rpm	450	1	450
Planchas de acero 304 10 mm x 1220 mm x 2440 mm	88	3	264
Horquilla hembra 65 mm x 50 mm x 56 mm	36,14	2	72,28
Cilindro estándar de doble efecto, Serie 700, Ø A 30 mm, Ø B 60 mm	1445,9	2	138
Tornillo esparrago, Ø 30 mm x 100 mm	13,90	1	13,90
Tuerca, Ø 25 mm x 60 mm	0,375	4	1,50
Arandela plana, Ø 25 mm x Ø 44 mm	0,875	4	3,50
Bloque de concreto, 24 cm x 24 cm x 30 cm	24,88	1	24,88

Fuente: Elaboración propia

➤ Coste de equipos de automatismos y sistema de conexiones

Tabla 121. Lista de automatismos y sistema de conexiones

Costo del subsistema del horno			
Ítem	Costo por unidad (S/.)	Cantidad	Total (S/.)
Variador de velocidad ATV320U15N4C SCHNEIDER	1230,62	1	1230,62
Guardamotor GV2ME06	306,8	1	306,8
Pulsador rojo XB7NA42	17,2	2	34,4
Pulsador verde XB7NA31	17,2	2	34,4
Pulsador rojo XA2ES542	46	1	46
Tablero 50 cm x 10 cm x 25 cm	450	1	450
Canaleta ranurada 25 x 25 mm x 2 metros	12,4	3	37,2
Cable GPT 18 AWG (metro)	0,46	20	9,2

Fuente: Elaboración propia

Tabla 122. Flujo de caja de la propuesta

Descripción	Año 0	Año 01	Año 02	Año 03	Año 04	Año 05
<u>Ingresos</u>		S/.108,225.00	S/.108,225.00	S/.108,225.00	S/.108,225.00	S/.108,225.00
Beneficio		S/.108,225.00	S/.108,225.00	S/.108,225.00	S/.108,225.00	S/.108,225.00
<u>Egresos</u>	S/.54,843.62	S/.16,700.00	S/.16,700.00	S/.16,700.00	S/.16,700.00	S/.16,700.00
Coste del nuevo puesto de trabajo en el moldeado	S/.16,906.00					
Coste del nuevo puesto de trabajo en el mecanizado	S/.12,792.00					
Coste del subsistema del horno	S/.6,290.56					
Coste del subsistema de base mezcladora	S/.1,237.06					
Coste de implementación de EPP'S	S/.16,700.00					
Coste de equipos de automatismos y sistema de conexiones	S/.918.00					
Utilidad bruta	-S/.54,843.62	S/.91,525.00	S/.91,525.00	S/.91,525.00	S/.91,525.00	S/.91,525.00
Impuestos		S/.27,457.50	S/.27,457.50	S/.27,457.50	S/.27,457.50	S/.27,457.50
<u>Utilidad neta</u>	-S/.54,843.62	S/.64,067.50	S/.64,067.50	S/.64,067.50	S/.64,067.50	S/.64,067.50
Utilidad acumulada	-S/.54,843.62	S/.9,223.88	S/.73,291.38	S/.137,358.88	S/.201,426.38	S/.265,493.88

Fuente: Elaboración propia

TIR	114%
VNA	S/.176,105.38
BENEFICIO COSTO	3, 39

VAN ingresos	S/.390 126,90
VAN egresos	S/.60 199,76
Inversión	S/.54 843,62

Como resultado se tiene que por cada sol invertido en las propuestas se obtiene 3,39 soles. A parte, se tiene una tasa interna de retorno del 114 %, lo que trae consigo que las propuestas de los nuevos diseños de puestos de trabajo y el rediseño del sistema del horno en el puesto de trabajo de fundición es rentable. El valor neto actual es de S/. 176 105, que es el monto que representa todas las utilidades para los cinco años proyectados desde el año cero, es decir en el valor actual.

Conclusiones

1. Mediante el desarrollo de la investigación se concluye que el diseño de puestos de trabajo en el proceso de producción de piezas de embarcaciones en la empresa San Simón S.A.C. contribuyó a reducir los pedidos no atendidos en 100%.
2. Con la realización del diagnóstico de la situación actual del proceso de producción de hélices en la empresa San Simón S.A.C. se identificó problemáticas asociadas a la existencia de pedidos no atendidos, encontrando como principales causas una baja de productividad de mano de obra debido a riesgos disergonómicos en los puestos de trabajo, saturación de trabajo para el operario de la etapa de fundición, el ausentismo laboral, la falta de implementación de equipos y maquinarias, y las pérdidas por mermas de bronce fundido. En el análisis se realizó el cálculo de indicadores de producción y una evaluación de riesgos disergonómicos utilizando la metodología REBA. Los resultados obtenidos fueron: una productividad de mano de obra de 2,02 hélices fundidas/operario, 100% de las etapas del proceso productivo presentan riesgos disergonómicos por posturas forzadas, 100% de saturación del operario de la etapa de fundición, e índices de ausentismo de frecuencia 1697,64 y severidad 1479,34.
3. Las propuestas planteadas incluyen mejoras ergonómicas de las condiciones en las que trabajan actualmente los operarios, diseñando nuevos puestos de trabajo, capacitación del personal y uso de equipos de protección individual en cada una de las áreas de producción, obteniendo como resultados esperados un incremento del 100% de la productividad de mano de obra, una reducción del 72,72% en la saturación de la etapa de fundición y una reducción del 100% de los riesgos disergonómicos e indicadores de ausentismo, permitiendo cumplir con la totalidad de pedidos que exige su demanda.
4. Las propuestas de mejoras para el diseño de puestos de trabajo para cada una de las etapas del proceso de producción permitirán a la empresa atender los pedidos no atendidos al 100 % pudiendo producir 39 hélices más, haciendo uso de una inversión total de S/.54,843.62, con una tasa interna de retorno del 114%, un valor neto actual de S/. 176,105.38 a un plazo de 5 años, siendo un proyecto viable y rentable para la empresa en estudio.

Recomendaciones

1. Se debe evaluar la aplicación de herramientas adicionales de evaluación ergonómica en los puestos de trabajo del proceso como Lista de Comprobación Ergonómica (LCE), esto con el fin de complementar el análisis con diversos factores según la naturaleza de los procesos.
2. Se recomienda indagar sobre la estandarización en las etapas de proceso de las diferentes líneas de producción en mayor importancia la etapa de fundición para optimizar el control de variables que afecten este proceso no solo del producto más demandado de la hélice, sino también de sus otros productos para aumentar su productividad.
3. Se recomienda realizar una investigación más detallada sobre las causas de la generación de mermas durante cada una de las etapas del proceso de producción para mejorar la eficiencia en el uso de las materias primas y buscar la reducción de costos de producción en la empresa.

Referencias

- [1] D. Battista, J. Alzate, O. Vladimir y P. Bernaldo, «Planeamiento Estratégico en el sector Metalmecánico de Perú,» Pontifica Universidad Católica del Perú, Lima, 2016.
- [2] F. Hernandez, Medicina del Trabajo, Barcelona: ELSEVIER, 2018.
- [3] G. J, C. J y e. al, «Impacto de un programa ergonómico en la productividad de una empresa de fabricación de envases de hojalata,» *Agroindustrial Science*, vol. 6, nº 2, pp. 213-219, 2016.
- [4] G. J, P. J, R. Y, B. C y G. L, «Carga Física en Trabajadores del Área de Acabados en Industria Metalmecánica,» *Revista Colombiana de Salud Ocupacional*, vol. 5, nº 4, pp. 23-26, 2015.
- [5] J. Reyes, «Gestión de procesos para mejorar la productividad: Un caso de estudio de la industria metal – mecánica,» *Investigación y desarrollo*, vol. VI, nº 1, pp. 16-25, 2014.
- [6] D. Dimitri y M. Saxer, «Productivity Improvement in Tooling Manufacture through High Speed 5 Axis Machining,» *ELSEVIER*, vol. I, nº 1, pp. 277-282, 2012.
- [7] J. P. y. Y. R. J. Galvis, ««Artículo de Investigación Científica o tecnológica Carga Física en Trabajadores del Área de Acabados en Industria Metalmecánica,» *Colombiana de Salud Ocupacional*, vol. 5, nº 4, pp. 23-26, 2016.
- [8] M. D. R. Quesada Castro y W. Villa Arenas, Estudio del Trabajo. Notas de clase, Medellín: ITM, 2007, pp. 68-83.
- [9] R. Garcia Criollo, Estudio de Trabajo. Ingeniería de métodos y medición del trabajo, Monterrey: Mc.Graw Hill, 2005, pp. 33-60.
- [10] P. Luis, de *Ingenieria de metodos: Movimientos y tiempos*, Bogota, Ecoe Ediciones, 2016, p. 380.
- [11] J. Lopez Herrera, Productividad, EE.UU.: Palibrio LLC, 2013.
- [12] Rodríguez Combeller Carlos, El nuevo escenario. La cultura de calidad y productividad en las empresas, Jalisco: ITESO, 1999, pp. 22-26.
- [13] M. Obregón, Fundamentos de ergonomía, México: Grupo Patria, 2016.
- [14] R. Rivas, Ergonomía en el diseño y la producción industrial, Buenos Aires: Nobuko, 2015.
- [15] Ergonautas, «Evaluación postural mediante el método RULA,» 2018. [En línea]. Available: <https://www.ergonautas.upv.es/metodos/rula/rula-ayuda.php..> [Último acceso: 20 Abril 2020].
- [16] Ergonautas, «Evaluación postural mediante el método REBA,» 2015. [En línea]. Available: <https://www.ergonautas.upv.es/metodos/reba/reba-ayuda.php..> [Último acceso: 20 Abril 2020].
- [17] A. Ramirez, Revención de Riesgos Laborales, Barcelona: Marge Books, 2019.
- [18] Madrid Jovenes Empresarios, Riesgos disergonómicos y medidas preventivas, Madrid: AJE, 2017.

- [19] G. J. C. J y e. al, «Impacto de un programa ergonómico en la productividad de una empresa de fabricación de envases de hojalata,» *Agroindustrial Science*, vol. 6, nº 2, pp. 213-219, 2016.
- [20] Ministerio de la producción, «Copyright © 2018 Ministerio de la Producción,» Produce, 09 Noviembre 2018. [En línea]. Available: <https://www.produce.gob.pe/index.php/shortcode/servicios-pesca/embarcaciones-pesqueras>.
- [21] V. Barrio y J. Francisco, «Matrices de ponderación,» de *Las 7 nuevas herramientas para mejorar la calidad*, Madrid, Fundación Confemetal, 1998, pp. 69-80.

Anexos

Anexo 1. Producción de piezas de embarcaciones 2019

PRODUCTOS	Ene-19																				
	DEMANDA							PRODUCCIÓN							PEDIDOS NO ATENDIDOS						
	Helice	Eje centro	Eje baron	Pala de timon	Bocina	Chumacero	Brida	Helice	Eje centro	Eje baron	Pala de timon	Bocina	Chumacero	Brida	Helice	Eje centro	Eje baron	Pala de timon	Bocina	Chumacero	Brida
Semana 1	2	0	0	0	1	0	0	2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Semana 2	3	2	0	1	1	1	5	3	2	0	1	1	1	5	0	0	0	0	0	0	0
Semana 3	2	1	1	1	3	1	2	2	1	1	1	2	1	2	0	0	0	0	1	0	0
Semana 4	6	2	0	0	0	0	5	4	2	0	0	0	0	5	2	0	0	0	0	0	0
Total	13	5	1	2	5	2	12	11	5	1	2	4	2	12	2	0	0	0	1	0	0
Feb-19																					
Semana 1	6	2	2	1	4	2	5	4	2	2	1	3	2	5	2	0	0	0	1	0	0
Semana 2	9	5	0	1	5	0	6	5	4	0	1	2	0	6	4	1	0	0	3	0	0
Semana 3	7	6	2	2	5	1	6	4	3	2	2	3	1	6	3	3	0	0	2	0	0
Semana 4	6	5	2	1	6	0	4	5	3	2	1	4	0	4	1	2	0	0	2	0	0
Total	28	18	6	5	20	3	21	18	12	6	5	12	3	21	10	6	0	0	8	0	0
Mar-19																					
Semana 1	6	5	0	2	0	0	6	4	3	0	2	0	0	6	2	2	0	0	0	0	0
Semana 2	7	2	2	1	3	2	4	6	2	2	1	2	2	4	1	0	0	0	1	0	0
Semana 3	3	2	0	3	5	2	6	3	2	0	3	3	2	6	0	0	0	0	2	0	0
Semana 4	5	3	0	2	2	1	3	2	3	0	2	2	1	3	3	0	0	0	0	0	0
Total	21	12	2	8	10	5	19	15	10	2	8	7	5	19	6	2	0	0	3	0	0
Abr-19																					
Semana 1	3	0	0	1	2	0	1	3	0	0	1	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Semana 2	1	1	0	0	0	2	0	1	1	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0
Semana 3	0	0	0	1	0	1	2	0	0	0	1	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0
Semana 4	1	2	0	0	0	1	1	1	2	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0
Total	5	3	0	2	2	4	4	5	3	0	2	2	4	4	0	0	0	0	0	0	0
May-19																					
Semana 1	1	1	0	0	0	0	2	1	1	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0
Semana 2	2	0	1	0	1	0	1	2	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Semana 3	1	0	0	2	0	1	0	1	0	0	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Semana 4	2	2	0	1	0	0	2	2	2	0	1	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0
Total	6	3	1	3	1	1	5	6	3	1	3	1	1	5	0	0	0	0	0	0	0
Jun-19																					
Semana 1	4	2	1	3	1	0	5	4	2	1	3	1	0	5	0	0	0	0	0	0	0
Semana 2	1	0	0	2	0	1	0	1	0	0	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Semana 3	1	3	2	0	2	2	6	1	3	2	0	2	2	6	0	0	0	0	0	0	0
Semana 4	3	0	1	1	1	2	2	3	0	1	1	1	2	2	0	0	0	0	0	0	0
Total	9	5	4	6	4	5	13	9	5	4	6	4	5	13	0	0	0	0	0	0	0

Fuente: San Simón S.A.C

Anexo 2. Producción de piezas de embarcaciones 2019

Jul-19																						
Semana 1	2	0	1	0	1	0	1	2	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Semana 2	0	1	0	1	1	0	2	0	1	0	1	1	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0
Semana 3	0	0	1	1	0	0	2	0	0	1	1	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0
Semana 4	3	0	0	2	1	0	0	3	0	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total	5	1	2	4	3	0	5	5	1	2	4	3	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0
Ago-19																						
Semana 1	2	0	0	1	0	1	0	2	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Semana 2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Semana 3	1	2	0	0	0	1	2	1	2	0	0	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0
Semana 4	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total	3	2	0	2	1	2	2	3	2	0	2	1	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0
Set-19																						
Semana 1	0	1	0	0	1	0	2	0	1	0	0	1	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0
Semana 2	0	2	0	0	0	1	3	0	2	0	0	0	1	3	0	0	0	0	0	0	0	0
Semana 3	2	0	0	2	1	0	0	2	0	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Semana 4	2	0	1	1	0	0	2	2	0	1	1	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0
Total	4	3	1	3	2	1	7	4	3	1	3	2	1	7	0	0	0	0	0	0	0	0
Oct-19																						
Semana 1	5	1	0	2	4	1	4	2	1	0	2	2	1	4	3	0	0	0	2	0	0	0
Semana 2	8	4	2	1	6	0	5	5	3	2	1	3	0	5	3	1	0	0	3	0	0	0
Semana 3	4	2	2	3	3	2	6	2	2	2	3	2	2	6	2	0	0	0	1	0	0	0
Semana 4	7	6	1	2	4	1	5	3	4	1	2	4	1	5	4	2	0	0	0	0	0	0
Total	24	13	5	8	17	4	20	12	10	5	8	11	4	20	12	3	0	0	6	0	0	0
Nov-19																						
Semana 1	9	2	2	1	3	1	4	6	1	2	1	2	1	4	3	1	0	0	1	0	0	0
Semana 2	4	7	0	2	3	2	5	2	4	0	2	1	2	5	2	3	0	0	2	0	0	0
Semana 3	9	3	1	2	4	1	3	5	2	1	2	3	1	3	4	1	0	0	1	0	0	0
Semana 4	3	3	0	1	2	2	5	3	1	0	1	2	2	5	0	2	0	0	0	0	0	0
Total	25	15	3	6	12	6	17	16	8	3	6	8	6	17	9	7	0	0	4	0	0	0
Dic-19																						
Semana 1	2	0	0	0	1	0	0	2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Semana 2	1	2	0	1	0	0	3	1	2	0	1	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0
Semana 3	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Semana 4	0	1	0	0	0	0	2	0	1	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0
Total	4	3	0	1	2	0	5	4	3	0	1	2	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0

Fuente: San Simón S.A.C

Anexo 3. Precio de hélices

PRODUCTOS				
Embarcaciones	Helice		Eje centro	Bocina
25 pulg	S/	2000.0	S/ 1000.0	S/ 1500.0
37 pulg	S/	7000.0	S/ 4000.0	S/ 2000.0
45 pulg	S/	12000.0	S/ 8000.0	S/ 4000.0
56 pug	S/	16000.0	S/ 10000.0	S/ 6000.0
PRECIO PROM	S/	9250.0	S/ 5750.0	S/ 3375.0

Fuente: San Simón S.A.C

Anexo 4. Estudio de tiempo en la etapa del moldeo

Toma de muestras preliminares (min/operación)								Cálculo del tamaño de la muestra			
Etapa	1	2	3	4	5	6	Promedio	Rango (Max - Min)	Media aritmética	Rango/ Media	Tamaño de muestra
MOLDEADO											
Llevar modelo de yeso de hélice	6.18	5.2	7.43	9.16	8.46	7.35	7.30	3.96	7.30	0.54	49
Tamizado 1	13.12	15.15	12.51	13.24	17.08	11.12	13.70	4.03	13.70	0.29	14
Alisado 1	22.12	18.18	15.43	23.39	16.45	24.3	19.98	7.85	19.98	0.39	26
Tamizado 2	23.58	21.50	20.26	26.29	28.38	19.12	23.19	9.26	23.19	0.40	27
Alisado 2	36.52	33.34	31.31	38.44	24.41	37.24	33.54	14.03	33.54	0.42	30
Espera de personas necesarias para voltear el molde	18.12	24.42	15.24	19.51	15.59	26.58	19.91	11.34	19.91	0.57	54
Volteado	0.34	0.32	0.35	0.33	0.36	0.31	0.34	0.05	0.34	0.15	4
Amoldado de tierra	12.55	10.22	11.33	10.5	13.23	11.31	11.52	3.01	11.52	0.26	11
Separado de moldes	0.58	0.54	0.49	0.5	0.52	0.45	0.51	0.13	0.51	0.25	11
Retirado de molde de yeso	6.58	7.48	12.18	8.36	10.51	9.09	9.03	5.6	9.03	0.62	65
Delineado de molde 1	28.15	23.59	24.25	21.41	29.33	19.4	24.36	9.93	24.36	0.41	28
Delineado de molde 2	41.35	38.01	37.18	34.45	46.03	28.33	37.56	17.7	37.56	0.47	34

Fuente: San Simón S.A.C

Anexo 5. Estudio de tiempo en la etapa de fundición

Toma de muestras preliminares (min/operación)								Cálculo del tamaño de la muestra			
Etapa	1	2	3	4	5	6	Promedio	Rango (Max - Min)	Media aritmética	Rango/Med ia	Tamaño de muestra
FUNDICIÓN											
Recepción de M.P	1.08	3.14	1.01	2.46	2.42	3.10	2.20	2.13	2.20	0.97	158
Espera a su compañero para que lo ayude a ponerlo en la balanza	6.33	8.72	9.16	13.69	7.08	11.50	9.41	7.36	9.41	0.78	103
Pesado	0.13	0.20	0.17	0.15	0.21	0.19	0.18	0.08	0.18	0.46	32
Tronzado	19.28	14.42	23.04	12.19	22.46	18.26	18.28	0.58	18.28	0.03	1
Precalentamiento de horno	16.43	11.34	19.33	13.09	15.26	9.41	14.14	9.92	14.14	0.70	83
Fundición	188.36	105.49	213.28	126.59	194.16	116.33	157.37	107.79	157.37	0.68	78
Vaciado	3.21	2.37	5.91	3.46	4.62	2.29	3.64	3.62	3.64	0.99	163
Enfriado	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10	10.00	1.00	0
Op necesarios para desmoldar y cargar hélice al carro de transporte	11.21	9.02	8.09	10.13	8.02	10.08	9.43	1.13	9.43	0.12	2
Desmoldado	5.04	7.02	5.28	7.54	6.33	8.17	6.56	3.13	6.56	0.48	39
Ir hacia taller de mecanizado	3.23	4.31	4.37	5.27	4.32	5.59	4.52	2.36	4.52	0.52	46

Fuente: San Simón S.A.C

Anexo 6. Estudio de tiempo en la etapa de mecanizado

Toma de muestras preliminares (min/operación)								Cálculo del tamaño de la muestra			
Etapa	1	2	3	4	5	6	Promedio	Rango (Max - Min)	Media aritmética	Rango/Med ia	Tamaño de muestra
MECANIZADO											
Op necesarios para cargar hélice al balanceador	10.46	9.49	11.38	13.10	10.56	12.36	11.23	3.61	13.10	0.28	13
Balanceado 1	6.34	5.40	4.48	7.10	5.19	4.35	5.48	2.75	6.39	0.43	31
Op necesarios para bajarlo y cargar hélice al torno	15.53	21.19	13.31	15.39	16.11	19.27	16.80	7.88	19.60	0.40	27
Desbaste	16.05	29.24	26.53	38.21	23.43	31.57	27.51	22.16	32.09	0.69	79
Chaveteado	11.44	17.59	13.42	19.46	16.11	22.10	16.69	10.66	19.47	0.55	50
Op necesarios para bajar hélice y cargarlo al balanceador	18.46	14.33	11.21	13.05	16.31	14.09	14.58	7.25	17.00	0.43	31
Balanceado 2	5.45	7.01	9.26	8.32	4.55	8.22	7.14	4.71	8.32	0.57	54
Op necesarios para bajar hélice	4.22	5.41	7.44	5.35	8.08	4.12	5.77	3.96	6.73	0.59	58
Esmerilado	186.03	208.46	179.24	198.48	191.12	201.33	194.11	29.22	226.46	0.13	2
Pulido	47.52	68.48	65.23	97.02	56.10	82.14	69.42	49.50	80.98	0.61	62
Embalado	5.21	3.34	7.02	4.02	6.44	3.53	4.93	3.68	5.75	0.64	69
Espera de operarios necesarios para cargar hélice al almacén	10.11	13.54	8.51	12.34	13.32	11.14	11.49	5.03	13.41	0.38	24
Transporte de hélice al almacén	0.23	0.18	0.21	0.19	0.26	0.17	0.21	0.08	0.24	0.33	31

Fuente: San Simón S.A.C

Anexo 7. Estudio de tiempo en el proceso de vaciado

Toma de muestras preliminares (min/operación)												
	Hélice 37 pulg		Hélice 25 pulg		Hélice 56 pulg		Hélice 37 pulg		Hélice 45 pulg		Hélice 25 pulg	
Vaciado	1	N° de repeticiones	2	N° de repeticiones	3	N° de repeticiones	4	N° de repeticiones	5	N° de repeticiones	6	N° de repeticiones
Sujetar cuchara de fundición	0.02	1	0.01	1	0.03	1	0.02	1	0.02	1	0.03	1
Bajar cuchara hasta el horno	0.01	12	0.03	8	0.02	18	0.03	12	0.01	15	0.02	8
Llenado de cuchara	0.12	12	0.14	8	0.13	18	0.11	12	0.13	15	0.10	8
Desplazamiento hacia molde	0.04	12	0.03	8	0.05	18	0.04	12	0.05	15	0.03	8
Posicionamineto de cuchara en la boca del molde	0.02	12	0.01	8	0.03	18	0.02	12	0.03	15	0.03	8
Vaciado	0.03	12	0.05	8	0.04	18	0.05	12	0.04	15	0.05	8
Desplazamiento hacia horno	0.05	11	0.04	7	0.06	17	0.04	11	0.05	14	0.06	7

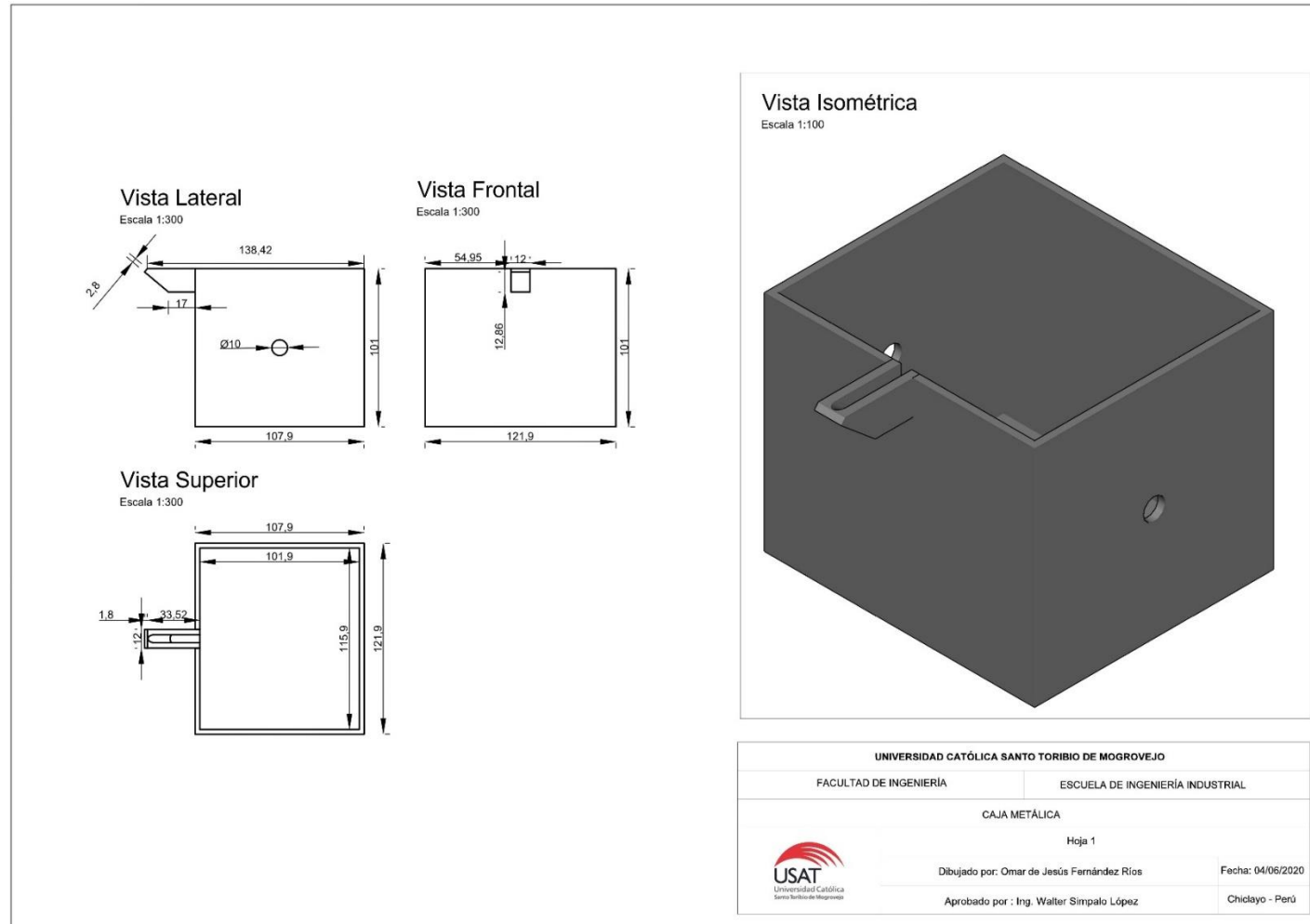
Fuente: San Simón S.A.C

Anexo 8. Estudio de tiempo en el proceso de vaciado

Toma de muestras preliminares (min/operación)											
Vaciado	Hélice 37 pulg	Hélice 25 pulg	Hélice 56 pulg	Hélice 37 pulg	Hélice 45 pulg	Hélice 25 pulg	Cálculo del tamaño de la muestra				
	1	2	3	4	5	6	Promedio	Rango (Max - Min)	Media aritmética	Rango/Media	Tamaño de muestra
Sujetar cuchara de fundición	0.02	0.01	0.03	0.02	0.02	0.03	0.02	0.02	0.02	0.92	143
Bajar cuchara hasta el horno	0.12	0.24	0.36	0.36	0.15	0.16	0.23	0.24	0.23	1.04	179
Llenado de cuchara	1.44	1.12	2.34	1.32	1.95	0.80	1.50	1.54	1.50	1.03	174
Desplazamiento hacia molde	0.48	0.24	0.90	0.48	0.75	0.24	0.52	0.66	0.52	1.28	179
Posicionamiento de cuchara en la boca del molde	0.24	0.08	0.54	0.24	0.45	0.24	0.30	0.46	0.30	1.54	179
Vaciado	0.36	0.40	0.72	0.60	0.60	0.40	0.51	0.36	0.51	0.70	83
Desplazamiento hacia horno	0.55	0.28	1.02	0.44	0.70	0.42	0.57	0.74	0.57	1.30	179
Total	3.21	2.37	5.91	3.46	4.62	2.29	3.64		3.64		

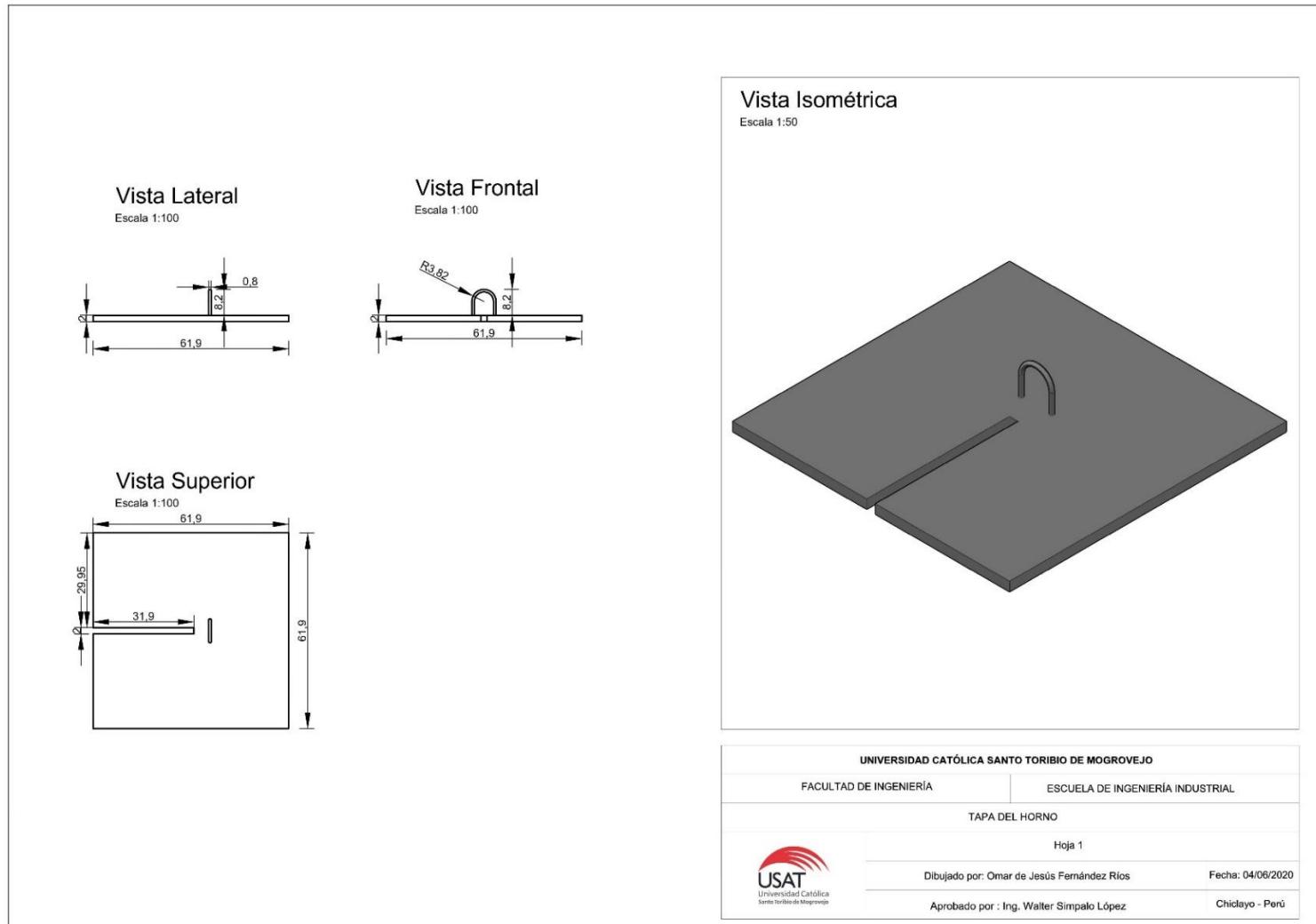
Fuente: San Simón S.A.C

Anexo 9. Medidas caja metálica



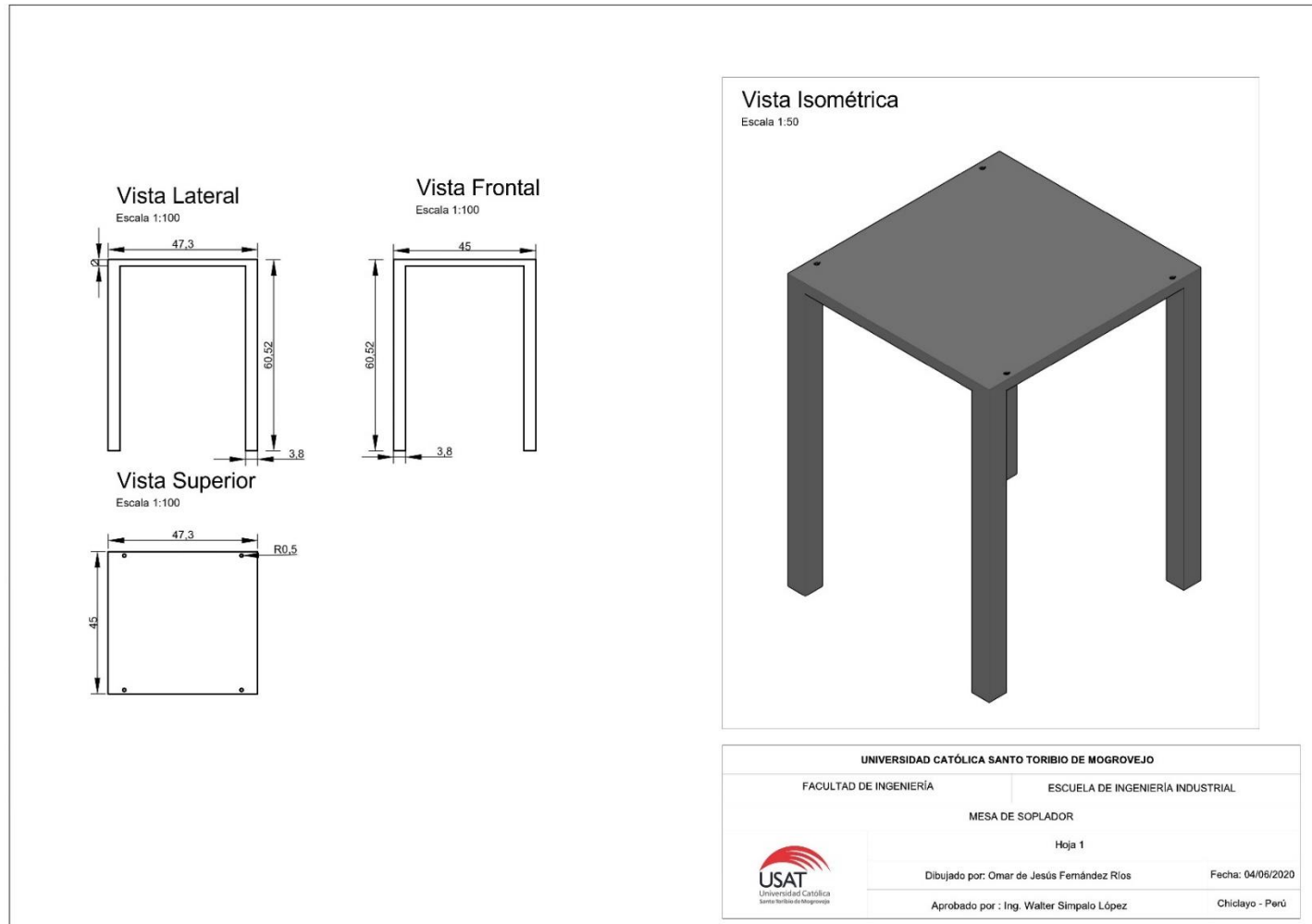
Fuente: San Simón S.A.C

Anexo 10. Medidas tapa de horno



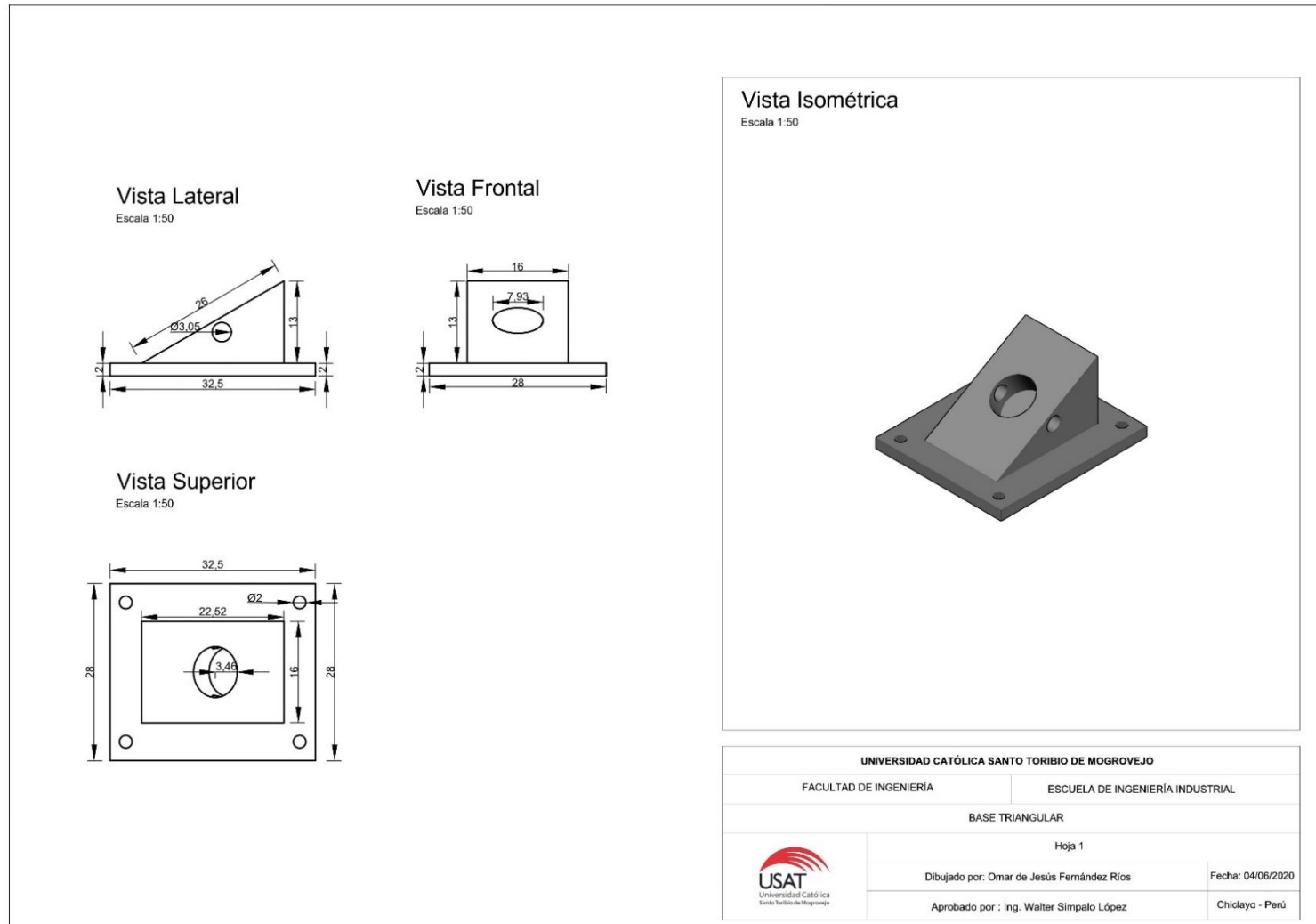
Fuente: San Simón S.A.C

Anexo 11. Medidas para mesa soplador de aire



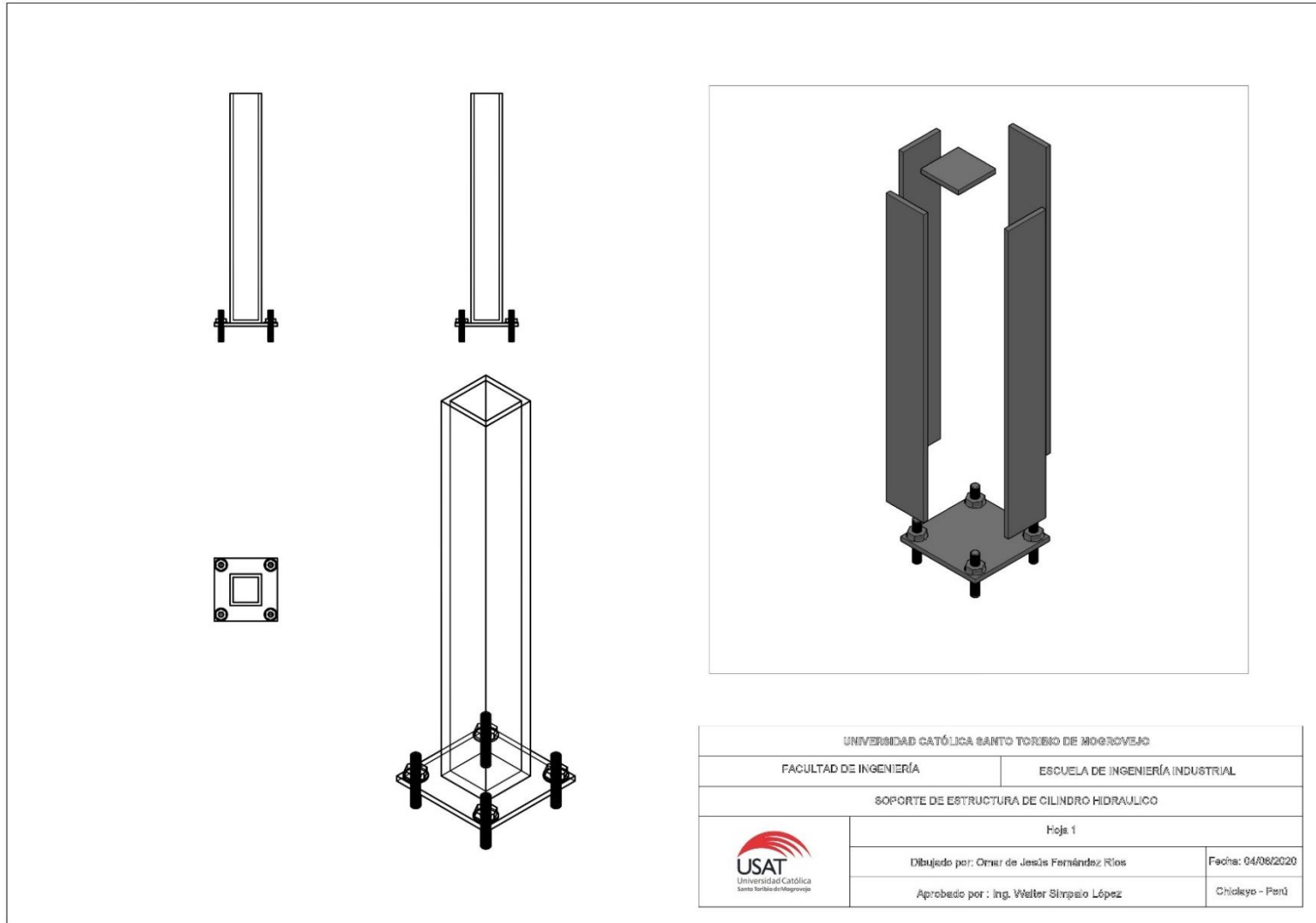
Fuente: San Simón S.A.C

Anexo 12. Medidas base triangular



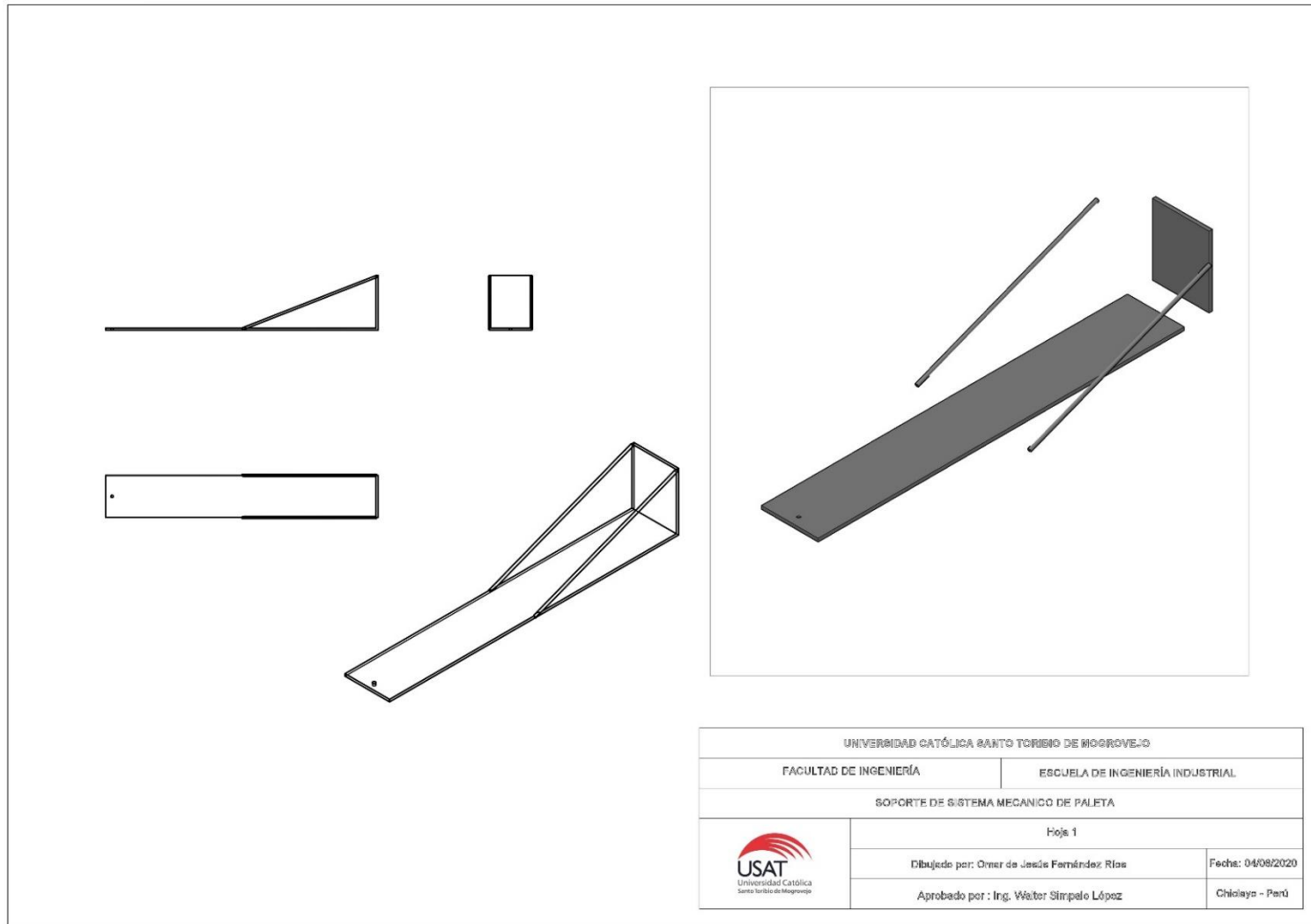
Fuente: San Simón S.A.C

Anexo 13. Medidas unión base - columna



Fuente: San Simón S.A.C

Anexo 14. Medidas base de transmisión mecánica



Fuente: San Simón S. A. C.