



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

FACULTAD DE INGENIERÍA EN SISTEMAS, ELECTRÓNICA E INDUSTRIAL

CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL EN PROCESOS DE AUTOMATIZACIÓN

TEMA:

MEJORAMIENTO DE LA CAPACIDAD PRODUCTIVA APLICANDO HERRAMIENTAS DE MANUFACTURA ESBELTA EN LA CONSTRUCCIÓN DE CALDERAS GENERADORAS DE VAPOR

Trabajo de titulación Modalidad: Proyecto de investigación, presentado previo a la obtención del título de Ingeniero Industrial en Procesos de Automatización.

ÁREA: Industrial y Manufactura

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN: Diseño, Materiales y Producción

AUTOR: Regalado Narváez Alex Fabricio

TUTOR: Ing. Franklin Tigre, Mg.

**Ambato – Ecuador
Enero - 2021**

APROBACIÓN DEL TUTOR

En calidad de tutor del Trabajo de Titulación con el tema: “MEJORAMIENTO DE LA CAPACIDAD PRODUCTIVA APLICANDO HERRAMIENTAS DE MANUFACTURA ESBELTA EN LA CONSTRUCCIÓN DE CALDERAS GENERADORAS DE VAPOR”, desarrollado bajo la modalidad Proyecto de Investigación por el señor Alex Fabricio Regalado Narváez, estudiante de la Carrera de Ingeniería Industrial en Procesos de Automatización, de la Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial, de la Universidad Técnica de Ambato, me permito indicar que el estudiante ha sido tutorado durante todo el desarrollo del trabajo hasta su conclusión, de acuerdo a lo dispuesto en el Artículo 15 del Reglamento para obtener el Título de Tercer Nivel, de Grado de la Universidad Técnica de Ambato, y el numeral 7.4 del respectivo instructivo.

Ambato, enero 2021.



Firmado electrónicamente por:
**FRANKLIN
GEOVANNY TIGRE
ORTEGA**

Ing. Franklin Geovanny Tigre Ortega, Mg.

TUTOR

AUTORÍA

El presente Proyecto de investigación titulado: “MEJORAMIENTO DE LA CAPACIDAD PRODUCTIVA APLICANDO HERRAMIENTAS DE MANUFACTURA ESBELTA EN LA CONSTRUCCIÓN DE CALDERAS GENERADORAS DE VAPOR”, es absolutamente original, auténtico y personal. En tal virtud, el contenido, efectos legales y académicos que se desprenden del mismo son de exclusiva responsabilidad del autor.

Ambato, enero 2021.



Alex Fabricio Regalado Narváez

CC: 180358719-3

AUTOR

APROBACIÓN TRIBUNAL DE GRADO

En calidad de par calificador del Informe Final del Trabajo de Titulación presentado por el señor Alex Fabricio Regalado Narváez, estudiante de la Carrera de Ingeniería Industrial en Procesos de Automatización, de la Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial, bajo la Modalidad Proyecto de Investigación, titulado “MEJORAMIENTO DE LA CAPACIDAD PRODUCTIVA APLICANDO HERRAMIENTAS DE MANUFACTURA ESBELTA EN LA CONSTRUCCIÓN DE CALDERAS GENERADORAS DE VAPOR”, nos permitimos informar que el trabajo ha sido revisado y calificado de acuerdo al Artículo 17 del Reglamento para obtener el Título de Tercer Nivel, de Grado de la Universidad Técnica de Ambato, y al numeral 7.6 del respectivo instructivo. Para cuya constancia suscribimos, conjuntamente con la señora Presidenta del Tribunal.

Ambato, enero 2021.



Firmado electrónicamente por:
**ELSA PILAR
URRUTIA**

Ing. Pilar Urrutia, Mg.
PRESIDENTA DEL TRIBUNAL



Firmado electrónicamente por:
**FERNANDO
URRUTIA**

Ing. Fernando Urrutia, Mg.
DOCENTE CALIFICADOR



Firmado electrónicamente por:
**EDISSON
PATRICIO JORDAN
HIDALGO**

Ing. Edison Jordán, Mg.
DOCENTE CALIFICADOR

DERECHOS DE AUTOR

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que haga uso de este Trabajo de Titulación como un documento disponible para la lectura, consulta y procesos de investigación.

Cedo los derechos de mi Trabajo de Titulación en favor de la Universidad Técnica de Ambato, con fines de difusión pública. Además, autorizo su reproducción total o parcial dentro de las regulaciones de la institución.

Ambato, enero 2021.



Alex Fabricio Regalado Narváez

CC: 180358719-3

AUTOR

DEDICATORIA

A toda mi familia porque son ellos con quienes comparto día a día, son ellos los que de forma espontánea me brindan cariño, palabras de aliento, consejos y buenos deseos; por todo lo antes dicho, este logro les pertenece más a ellos que a mí mismo.

Alex Fabricio Regalado Narváz

AGRADECIMIENTO

A Dios por la vida, salud, familia y amigos, porque sus bendiciones son infinitas.

A mis padres Sarita y Patricio porque con su amor infinito hacia mi persona han hecho parte importante de cada decisión personal tomada, apoyando de forma aguerrida aquellas decisiones que pintan para mi bien y corrigiendo aquellas que no lo hacen; de no ser por ellos nada de esto sería posible.

A mis abuelos Aidita y Gibitor por siempre estar para mí con una palabra de aliento cuando las cosas se ponen complicadas, por ser ese apoyo incondicional que nunca me desampara y por ser el más claro ejemplo de que cuando uno quiere lo puede lograr.

A mi hermano Patricio porque a pesar de no tenerlo físicamente conmigo desde hace varios años atrás, estoy seguro que nunca me ha desamparado y sin duda alguna es él, parte importante de cada paso, decisión y logro que consigo en mi vida.

A mis docentes por ser parte fundamental de este logro y porque fueron ellos quienes consiguieron ese equilibrio de inculcar ciencia, pero formar personas.

A mi tutor el Ing. Franklin Tigre, Mg. porque su amistad, guía y conocimiento han sido base importante de mi vida universitaria y de la elaboración de este proyecto.

A la empresa GN industrial y a todo su personal por la total colaboración y apertura para hacer posible la realización de este proyecto de investigación.

Alex Fabricio Regalado Narvárez

ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS

| | |
|--|------|
| APROBACIÓN DEL TUTOR..... | ii |
| AUTORÍA..... | iii |
| DERECHOS DE AUTOR | iv |
| APROBACIÓN TRIBUNAL DE GRADO | v |
| DEDICATORIA | vi |
| AGRADECIMIENTO | vii |
| RESUMEN EJECUTIVO | xxi |
| SUMMARY | xxii |
| INTRODUCCIÓN | 1 |
| CAPÍTULO I..... | 2 |
| MARCO TEÓRICO..... | 2 |
| 1.1. Tema de Investigación..... | 2 |
| 1.2. Antecedentes Investigativos | 2 |
| Contextualización del problema | 2 |
| Fundamentación teórica..... | 4 |
| Modelo de entrevista | 4 |
| Selección del trabajo para estudio..... | 4 |
| Registrar los hechos | 5 |
| Símbolos empleados en los cursogramas..... | 6 |
| El cursograma sinóptico del proceso..... | 8 |
| El cursograma analítico..... | 11 |
| Examen con espíritu crítico de las actividades | 13 |
| Diagrama de recorrido..... | 14 |
| Ratio de operaciones | 14 |
| Descripción de elementos | 15 |
| Estudio de tiempos | 17 |
| Determinación del tamaño de la muestra | 18 |
| Valoración del ritmo | 19 |
| Tiempo Básico | 21 |
| Suplementos | 21 |
| Tiempo estándar | 23 |
| Manufactura Esbelta..... | 24 |
| Orígenes y antecedentes | 25 |

| | |
|---|----|
| Estructura del sistema de manufactura esbelta..... | 26 |
| Concepto de despilfarro vs valor añadido..... | 28 |
| Concepto de mejora continua y KAIZEN..... | 29 |
| Técnicas de manufactura esbelta..... | 30 |
| Uso de las técnicas | 30 |
| 5S..... | 32 |
| Cambio rápido de herramientas SMED..... | 33 |
| Estandarización | 35 |
| Control visual | 35 |
| Jidoka..... | 36 |
| Sistema de indicadores de seguimiento del proyecto..... | 37 |
| Indicadores utilizados..... | 38 |
| Lead Time..... | 38 |
| Ratio de valor añadido..... | 38 |
| Tiempo de ciclo | 38 |
| Tiempo valor añadido y no valor añadido..... | 39 |
| Análisis de valor añadido | 39 |
| Ratio de operación (actividades y tiempos)..... | 39 |
| 1.3. Objetivos | 40 |
| Objetivo general..... | 40 |
| Objetivos específicos | 40 |
| CAPÍTULO II | 41 |
| METODOLOGÍA | 41 |
| 2.1. Materiales | 41 |
| 2.2. Métodos | 43 |
| Modalidad de la investigación | 43 |
| Población y muestra..... | 44 |
| Recolección de información | 45 |
| Procesamiento y análisis de datos..... | 46 |
| CAPÍTULO III..... | 48 |
| RESULTADOS Y DISCUSIÓN | 48 |
| 3.1. Análisis y discusión de los resultados | 48 |
| Desarrollo de la propuesta | 48 |
| Descripción de la empresa | 48 |

| | |
|---|-----|
| Productos y servicios de la empresa..... | 49 |
| Ubicación | 50 |
| Filosofía empresarial..... | 51 |
| Jornadas de trabajo..... | 52 |
| Selección del producto para estudio | 52 |
| Análisis ABC | 52 |
| Productos..... | 52 |
| Especificación del número serial de cada caldera..... | 54 |
| Histórico de ventas | 58 |
| Análisis ABC para la caldera generadora de vapor de mayor demanda..... | 59 |
| Selección de la caldera generadora de vapor de mayor demanda..... | 64 |
| Registro del proceso de construcción de la caldera generadora de vapor serie GN.1001 – LTJ | 65 |
| Macro Proceso de construcción de la caldera generadora de vapor serie GN.1001 – LTJ (por área)..... | 66 |
| Macro Proceso de construcción de la caldera generadora de vapor serie GN.1001 – LTJ (general) | 67 |
| Descripción general del proceso de construcción..... | 68 |
| Cámara de fuego o tubo hogar | 68 |
| Rodela de cierre entre tubo hogar cuerpo de la caldera | 69 |
| Cámara de tubos o haz tubular | 70 |
| Cuerpo de la caldera..... | 72 |
| Rodelas de salida de humos (fija y extraíble) | 73 |
| Ensamble de componentes construcción caldera GN.1001 – LTJ..... | 75 |
| Verificación total de soldadura | 79 |
| Aislamiento térmico | 80 |
| Colocación de accesorios válvulas e instrumentos | 82 |
| Automatización y control..... | 86 |
| Registro de los hechos | 89 |
| Cursogramas sinópticos de los componentes | 89 |
| Cursogramas analíticos de los componentes..... | 89 |
| Examen con espíritu crítico de las actividades | 90 |
| Diagrama de recorrido para el proceso de ensamble final caldera GN.1001-LTJ | 144 |
| Ratio de operaciones (número de actividades) | 146 |

| | |
|---|-----|
| Ratio de operaciones (tiempos)..... | 146 |
| Descripción de elementos | 147 |
| Estudio de tiempos..... | 153 |
| Determinación del tamaño de la muestra | 153 |
| Valoración del ritmo | 153 |
| Suplementos | 157 |
| Manufactura esbelta..... | 163 |
| Aspectos generales de la implantación | 163 |
| Fases de la implantación | 165 |
| Fase1: Diagnóstico y formación..... | 165 |
| Takt time..... | 168 |
| Análisis mapa cadena de valor y valor añadido actual..... | 168 |
| Fase2: Definición del sistema de indicadores de seguimiento del proyecto. 171 | |
| Indicadores generales de seguimiento del proyecto | 171 |
| Fase 3: Lanzamiento | 177 |
| 5S..... | 178 |
| Cambio rápido de herramientas SMED..... | 186 |
| Estandarización | 197 |
| Jidoka..... | 202 |
| Control Visual | 206 |
| Cursogramas analíticos post aplicación de las mejoras | 216 |
| Representación en barras del tiempo de cada actividad post mejoras | 223 |
| Seguimiento de indicadores generales del proyecto | 228 |
| CAPÍTULO IV..... | 238 |
| CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES..... | 238 |
| 4.1. Conclusiones | 238 |
| 4.2. Recomendaciones | 241 |
| Referencias Bibliográficas..... | 242 |
| Anexos..... | 244 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|--|-----|
| Tabla 1. Simbología para el cursograma analítico según la Norma ANSI | 11 |
| Tabla 2. Ejemplo de ficha de descripción de elementos | 16 |
| Tabla 3. Ejemplo de aplicación de elementos en ficha de estudio de tiempos | 17 |
| Tabla 4. Número de ciclos recomendados para el estudio de tiempos..... | 19 |
| Tabla 5. Ritmos de trabajo expresados según las principales escalas de valoración . | 20 |
| Tabla 6. Suplementos por descanso expuestos por la OIT..... | 23 |
| Tabla 7. Personal área administrativa y construcción calderas..... | 44 |
| Tabla 8. Ubicación empresarial..... | 51 |
| Tabla 9. Datos relevantes de la empresa | 51 |
| Tabla 10. Número serial de identificación para cada caldera | 55 |
| Tabla 11. Histórico de ventas calderas de vapor año 2018 – 2019..... | 59 |
| Tabla 12. Valorización, porcentaje de participación y de consumo por cada caldera generadora de vapor | 60 |
| Tabla 13. Clasificación ABC | 61 |
| Tabla 14. Resumen estudio ABC | 61 |
| Tabla 15. Calderas generadoras de vapor clase A construidas por Gilberto Narvéez Mecánica y Electricidad Industrial..... | 64 |
| Tabla 16. Cursograma sinóptico de la construcción de la cámara de fuego | 90 |
| Tabla 17. Cursograma analítico de la construcción de la cámara de fuego | 91 |
| Tabla 18. Cursograma sinóptico de la construcción de la rodela de cierre..... | 93 |
| Tabla 19. Cursograma analítico de la construcción de la rodela de cierre..... | 94 |
| Tabla 20. Cursograma sinóptico de la cámara de tubos o haz tubular..... | 95 |
| Tabla 21. Cursograma analítico de la construcción de la cámara de tubos..... | 96 |
| Tabla 22. Cursograma sinóptico del cuerpo de la caldera | 99 |
| Tabla 23. Cursograma analítico de la construcción del cuerpo de la caldera | 100 |
| Tabla 24. Cursograma sinóptico de la construcción de las rodelas de salida de humo | 103 |
| Tabla 25. Cursograma analítico de la construcción de las rodelas de salida de humo | 104 |
| Tabla 26. Cursograma sinóptico de la verificación total de soldadura de la estructura | 107 |
| Tabla 27. Cursograma analítico del proceso de verificación total de soldadura..... | 108 |
| Tabla 28. Cursograma sinóptico de la colocación del aislamiento térmico sobre la estructura de la caldera..... | 109 |

| | |
|--|-----|
| Tabla 29. Cursograma analítico del proceso de colocación del aislamiento térmico sobre la estructura de la caldera | 110 |
| Tabla 30. Cursograma sinóptico de la colocación de accesorios, válvulas e instrumentación | 112 |
| Tabla 31. Cursograma analítico colocación de accesorios, válvulas e instrumentación | 113 |
| Tabla 32. Cursograma sinóptico de la elaboración del sistema de control y acabados de la caldera GN.1001 - LTJ | 115 |
| Tabla 33. Cursograma analítico de la elaboración del sistema de control y acabados de la caldera GN.1001 - LTJ | 116 |
| Tabla 34. Cursograma sinóptico del ensamble de la caldera GN.1001 - LTJ..... | 119 |
| Tabla 35. Cursograma analítico proceso de ensamble final caldera GN.1001 - LTJ | 125 |
| Tabla 36. Descripción de elementos de actividad de la construcción de la cámara de fuego..... | 147 |
| Tabla 37. Descripción de elementos de actividad del corte y ensamble de la rodela de cierre..... | 147 |
| Tabla 38. Descripción de elementos de actividad de la construcción y ensamble de la cámara de tubos..... | 148 |
| Tabla 39. Descripción de elementos de actividad de la construcción y ensamble del cuerpo de la caldera..... | 149 |
| Tabla 40. Descripción de elementos de actividad de las rodelas de salida de humo | 150 |
| Tabla 41. Descripción de elementos de actividad de la verificación total de soldadura | 151 |
| Tabla 42. Descripción de elementos de actividad de la colocación del aislamiento térmico..... | 151 |
| Tabla 43. Descripción de elementos de actividad de accesorios, válvulas e instrumentos | 152 |
| Tabla 44. Descripción de elementos de actividad del sistema de control y acabados | 152 |
| Tabla 45. Promedio de muestras preliminares del total de minutos por ciclo del proceso de construcción..... | 153 |
| Tabla 46. Valoración del ritmo de trabajo de la construcción y ensamble de la cámara de tubos | 156 |
| Tabla 47. Valoración del ritmo de trabajo de la elaboración del sistema de control y acabados | 157 |
| Tabla 48. Suplementos por descanso para la construcción y ensamble de la cámara de tubos | 157 |

| | |
|--|-----|
| Tabla 49. Suplementos por descanso para la elaboración del sistema de control de la caldera y acabados..... | 158 |
| Tabla 50. Estudio de tiempos de la construcción y ensamble de la cámara de tubos o haz tubular..... | 159 |
| Tabla 51. Resumen de tiempos de la construcción y ensamble de la cámara de tubos o haz tubular..... | 160 |
| Tabla 52. Estudio de tiempos de la elaboración del sistema de control y acabados de la caldera | 161 |
| Tabla 53. Resumen de tiempos de la elaboración del sistema de control y acabados de la caldera | 162 |
| Tabla 54. Resumen de tiempos de las actividades que conforman el proceso constructivo de la caldera generadora de vapor serie GN.1001 - LTJ..... | 162 |
| Tabla 55. Tiempo valor añadido | 166 |
| Tabla 56. Matriz general de desperdicios detectados y herramientas aplicables..... | 169 |
| Tabla 57. Indicador basado en el TC, NVA y VA..... | 172 |
| Tabla 58. Indicador análisis valor añadido - construcción ensamble cámara de tubos | 175 |
| Tabla 59. Indicador análisis valor añadido – elaboración del sistema de control y acabados..... | 176 |
| Tabla 60. Modelo de tarjeta roja | 178 |
| Tabla 61. Implementación Seiri | 180 |
| Tabla 62. Hoja de instrucciones construcción/ensamble cámara de tubos | 208 |
| Tabla 63. Hoja de instrucciones elaboración del sistema de control y acabados..... | 212 |
| Tabla 64. Cursograma analítico construcción/ensamble cámara de tubos - proceso mejorado..... | 216 |
| Tabla 65. Cursograma analítico elaboración del sistema de control y acabados - proceso mejorado. | 220 |
| Tabla 66. Tiempo valor añadido - proceso mejorado | 226 |
| Tabla 67. Indicador basado en el TC, NVA y VA..... | 230 |
| Tabla 68. Indicador análisis valor añadido - proceso mejorado - construcción ensamble cámara de tubos..... | 233 |
| Tabla 69. Indicador análisis valor añadido - proceso mejorado – elaboración del sistema de control y acabados | 234 |
| Tabla 70. Resumen comparativo actual- mejorado del sistema de indicadores de seguimiento del proyecto | 236 |
| Tabla 71. Valoración del ritmo de trabajo de la construcción de la cámara de fuego | 250 |
| Tabla 72. Suplementos por descanso para la construcción de la cámara de fuego.. | 250 |

| | |
|---|-----|
| Tabla 73. Estudio de tiempos de la construcción de la cámara de fuego o tubo hogar | 251 |
| Tabla 74. Resumen de tiempos de la construcción de la cámara de fuego o tubo hogar | 251 |
| Tabla 75. Valoración del ritmo de trabajo del corte y ensamble de la rodela de cierre | 251 |
| Tabla 76. Suplementos por descanso para el corte y ensamble de la rodela de cierre | 252 |
| Tabla 77. Estudio de tiempos del corte y ensamble de la rodela de cierre | 252 |
| Tabla 78. Resumen de tiempos del corte y ensamble de la rodela de cierre..... | 253 |
| Tabla 79. Valoración del ritmo de trabajo de la construcción y ensamble del cuerpo de la caldera | 253 |
| Tabla 80. suplementos por descanso para construcción y ensamble del cuerpo de la caldera | 253 |
| Tabla 81. Estudio de tiempos de la construcción y ensamble del cuerpo de la caldera | 254 |
| Tabla 82. Resumen de tiempos de la construcción y ensamble del cuerpo de la caldera | 255 |
| Tabla 83. Valoración del ritmo de trabajo de la construcción y ensamble de las rodela de salida humo..... | 255 |
| Tabla 84. Suplementos por descanso para la construcción y ensamble de las rodela de salida de humo..... | 256 |
| Tabla 85. Estudio de tiempos de la construcción y ensamble de las rodela de salida de humo..... | 257 |
| Tabla 86. Resumen de tiempos de la construcción y ensamble de las rodela de salida de humo..... | 258 |
| Tabla 87. Valoración del ritmo de trabajo del proceso de verificación total de soldadura | 258 |
| Tabla 88. Suplementos por descanso para la verificación total de soldadura..... | 259 |
| Tabla 89. Estudio de tiempos de la verificación total de soldadura..... | 259 |
| Tabla 90. Resumen de tiempos de la verificación total de soldadura | 259 |
| Tabla 91. Valoración del ritmo de trabajo de la colocación del aislamiento térmico | 260 |
| Tabla 92. Suplementos por descanso para la colocación del aislamiento térmico... .. | 260 |
| Tabla 93. Estudio de tiempos de la colocación de aislamiento térmico..... | 261 |
| Tabla 94. Resumen de tiempos de la colocación de aislamiento térmico..... | 261 |
| Tabla 95. Valoración del ritmo de trabajo de la colocación de accesorios, válvulas e instrumentos | 262 |

| | |
|--|-----|
| Tabla 96. Suplementos por descanso para la colocación de accesorios, válvulas e instrumentos | 262 |
| Tabla 97. Estudio de tiempos de la colocación de accesorios, válvulas e instrumentos | 263 |
| Tabla 98. Resumen de tiempos de la colocación de accesorios, válvulas e instrumentos | 263 |

ÍNDICE DE FIGURAS.

| | |
|--|----|
| Figura 1. Símbolos del estudio de métodos | 7 |
| Figura 2. Ejemplo de cursograma sinóptico..... | 9 |
| Figura 3. Representaciones convencionales del cursograma sinóptico | 10 |
| Figura 4. Ejemplo de cursograma analítico..... | 12 |
| Figura 5. Casa del Sistema de Producción Toyota..... | 27 |
| Figura 6. Principios básicos y fases de implantación de las 5S | 33 |
| Figura 7. Instalaciones GN industrial..... | 49 |
| Figura 8. Logotipo empresarial | 50 |
| Figura 9. Gráfico ABC o Diagrama de Pareto | 63 |
| Figura 10. Macro Proceso de construcción caldera GN.1001 – LTJ (por área)..... | 66 |
| Figura 11. Macro Proceso de construcción caldera GN.1001 – LTJ (general)..... | 67 |
| Figura 12. Rolado de plancha de acero A36 de 4mm de espesor | 68 |
| Figura 13. Cilindro de cámara de fuego asegurada con hilos cortos de suelda | 69 |
| Figura 14. Cámara de fuego de caldera GN.1001 - LTJ | 69 |
| Figura 15. Rodela de cierre entre tubo hogar y cuerpo de la caldera..... | 70 |
| Figura 16. Perforación de espejos | 70 |
| Figura 17. Espejos perforados en acero A36 de 5mm de espesor..... | 71 |
| Figura 18. Ensamble espejos y tubos | 71 |
| Figura 19. Cámara de tubos o haz tubular de caldera GN.1001 – LTJ | 72 |
| Figura 20. Rolado de plancha de acero A36, 4mm de espesor | 72 |
| Figura 21. Cilindro asegurado con hilos cortos de suelda | 73 |
| Figura 22. Proceso final de soldadura de cuerpo de la caldera | 73 |
| Figura 23. Rodela fija de salida de humos | 74 |
| Figura 24 Rodela extraíble de salida de humos | 74 |
| Figura 25. Soldadura de rodela de cierre contra cámara de fuego | 76 |
| Figura 26. Soldadura de espejo inferior de haz tubular contra cámara de fuego | 76 |
| Figura 27. Cuerpo de la caldera acoplado a haz tubular, cámara de fuego y rodela de cierre..... | 77 |
| Figura 28. Elaboración de agujeros para colocación de neplos y visor en cuerpo de la caldera | 77 |
| Figura 29. Colocación y escuadrado de neplos en cuerpo de la caldera | 78 |
| Figura 30. Neplos escuadrados y apuntados en agujeros de cuerpo de la caldera..... | 78 |
| Figura 31. Agujero realizado en cámara de fuego para colocación de visor de llama | 79 |

| | |
|--|-----|
| Figura 32. Estructura de caldera generadora de vapor GN.1001 - LTJ | 79 |
| Figura 33. Colocación de lana de vidrio sobre estructura de caldera..... | 81 |
| Figura 34. Parches de tool antes de ser pintados..... | 81 |
| Figura 35. Estructura de la caldera con aislamiento térmico total | 81 |
| Figura 36. McDonnell y accesorios para fijar visor de nivel | 82 |
| Figura 37. McDonnell y visor de nivel | 83 |
| Figura 38. Válvulas de purga de la caldera | 83 |
| Figura 39. Tubo sifón o colita de chanco | 83 |
| Figura 40. Manifold con colitas de chanco | 84 |
| Figura 41. Manifold, tubos sifones, presostato y manómetro | 84 |
| Figura 42. Válvula de alivio para caldera | 85 |
| Figura 43. Hornilla de caldera GN.1001 - LTJ | 85 |
| Figura 44. Cañerías por moldear necesarias para transporte de GLP | 85 |
| Figura 45. Válvula de gas con bobinas acoplada a gabinete eléctrico | 86 |
| Figura 46. Canaleta ranurada, cables de alta tensión y cañerías de transporte de GLP | 87 |
| Figura 47. Hornilla con cables de alta tensión en electrodos y cañerías de transporte de GLP | 87 |
| Figura 48. Proceso de automatización de la caldera GN.1001 – LTJ | 88 |
| Figura 49. Instalación de tanque de abastecimiento y prueba del sistema..... | 88 |
| Figura 50. Caldera Generadora de vapor de 2BHP de potencia serie GN.1001 – LTJ | 89 |
| Figura 51. Representación en barras del tiempo de cada actividad | 164 |
| Figura 52. Mapa de cadena de valor actual..... | 167 |
| Figura 53. VSM con herramientas a implementar | 170 |
| Figura 54. Análisis de valor añadido | 175 |
| Figura 55. Análisis valor añadido - construcción/ensamble cámara de tubos | 176 |
| Figura 56. Análisis valor añadido – elaboración sistema de control y acabados..... | 177 |
| Figura 57. Área de rolado y perforado (proceso actual) | 179 |
| Figura 58. Colocación de tarjetas rojas área de rolado y perforado..... | 179 |
| Figura 59. Área de rolado y perforado (proceso mejorado)..... | 180 |
| Figura 60. Almacenamiento gabinetes eléctricos (proceso actual)..... | 181 |
| Figura 61. Almacenamiento gabinetes eléctricos (proceso mejorado) | 182 |
| Figura 62. Almacenamiento tanques de abastecimiento (proceso actual) | 183 |
| Figura 63. Almacenamiento tanques de abastecimiento (proceso mejorado)..... | 183 |

| | |
|---|-----|
| Figura 64. Logotipo, placa técnica, etiqueta y señalética (proceso mejorado) | 184 |
| Figura 65. herramientas para la medición y trazado (proceso actual)..... | 187 |
| Figura 66. Tablero general de herramientas incluido herramientas de medición y trazado (proceso mejorado)..... | 188 |
| Figura 67. Taladro de columna (proceso actual)..... | 189 |
| Figura 68. Taladro de columna (proceso mejorado) | 190 |
| Figura 69. Máquina tronzadora en bodega (proceso actual) | 191 |
| Figura 70. Percha del área de automatización (proceso actual) | 192 |
| Figura 71. Tronzadora ubicada en percha del área de automatización (proceso mejorado) | 192 |
| Figura 72. EPP para soldadura (proceso actual) | 193 |
| Figura 73. Electrodo E-6011 y E-6013 (proceso actual) | 194 |
| Figura 74. Sitio fijo de almacenamiento - EPP para soldadura (proceso mejorado) | 195 |
| Figura 75. Ubicación fija para soldadora SMAW (proceso mejorado) | 196 |
| Figura 76. recipientes de colores diferentes para electrodos (proceso mejorado) ... | 196 |
| Figura 77. Rayado de espejos (proceso actual)..... | 198 |
| Figura 78. Molde para perforación de espejos (proceso mejorado)..... | 199 |
| Figura 79. Corte de tubos para haz tubular (proceso actual)..... | 200 |
| Figura 80. Molde para corte de tubos (proceso mejorado) | 201 |
| Figura 81. Longitud de canaleta ranurada establecida (proceso mejorado)..... | 202 |
| Figura 82. Tubo antes de desbarbado (proceso actual) | 203 |
| Figura 83. Máquina desbarbadora..... | 204 |
| Figura 84. Reloj colocado frente a máquina de desbarbado (proceso mejorado) | 204 |
| Figura 85. Tubo sometido a 30 segundos de desbarbado (proceso mejorado) | 205 |
| Figura 86. Ensamble tubos - espejos (proceso actual) | 205 |
| Figura 87. Rodela espaciadora para ensamble tubos - espejos (proceso mejorado) | 206 |
| Figura 88. Trabajador encargado manejando listado de material necesario para automatización (proceso mejorado) | 214 |
| Figura 89. Representación comparativa en barras del tiempo de cada actividad pre y post aplicación de herramientas de manufactura esbelta. | 224 |
| Figura 90. Mapa cadena de valor Futuro - proceso mejorado..... | 227 |
| Figura 91. Análisis de valor añadido – proceso mejorado | 233 |
| Figura 92. Análisis valor añadido - construcción/ensamble cámara de tubos - proceso mejorado..... | 234 |
| Figura 93. Análisis valor añadido – elaboración del sistema de control y acabados - proceso mejorado | 235 |

ÍNDICE DE ANEXOS

| | |
|--|-----|
| Anexo 1. Modelo de entrevista | 244 |
| Anexo 2. Formato cursogramas sinópticos | 246 |
| Anexo 3. Formato cursogramas analíticos | 246 |
| Anexo 4. Formato descripción de elementos | 247 |
| Anexo 5. Formulario estudio de tiempos | 247 |
| Anexo 6. Historial de ventas correspondientes al año 2018 y 2019 | 248 |
| Anexo 7. Estudio de tiempos del proceso constructivo de la caldera serie GN.1001-LTJ | 250 |
| Anexo 8. Hoja de instrucciones para la construcción y ensamble de la cámara de tubos | 264 |
| Anexo 9. Hoja de instrucciones para la elaboración del sistema de control y acabados | 272 |
| Anexo 10. Listado de material para la elaboración del sistema de control..... | 276 |

RESUMEN EJECUTIVO

El presente trabajo investigativo propone mejorar la capacidad productiva mediante la aplicación de herramientas de manufactura esbelta en la construcción de calderas generadoras de vapor, específicamente en la empresa Gilberto Narváez Mecánica y Electricidad Industrial.

Como punto de partida de la investigación se toma la metodología propuesta por la Organización Internacional del Trabajo, que da inicio a través de la introducción a la organización y selección del producto para estudio, en este primer punto se profundiza sobre los aspectos importantes de la empresa y se establece previo análisis que la caldera a ser estudiada sería la denominada GN.1001–LTJ; para posteriormente y siguiendo la metodología de la OIT, registrar por observación en campo el proceso, recurriendo para esto a técnicas adecuadas como cursogramas, después se calcula el tiempo estándar de cada actividad y tiempo de ciclo del proceso constructivo de la caldera en estudio, permitiendo así visibilizar de forma clara aquellas actividades que controlan el proceso productivo y que vendrían a ser los puntos susceptibles de mejora.

Seguidamente y en concordancia con lo expuesto por la OIT se acoge la metodología propuesta por la Escuela Española de Organización Industrial que recomienda continuar la investigación con el diagnóstico y formación de la situación de partida, donde se identifica sobre los puntos susceptibles de mejora los desperdicios y se establece las herramientas de manufactura esbelta que mejor se acoplan a la eliminación de éstos; para poder aseverar que el sistema implementado brinda beneficios a la organización se mide la situación actual a través de indicadores; la siguiente fase de esta metodología es el lanzamiento del sistema, es decir, se presentan los cambios radicales en el proceso constructivo, y es después de esto que el proceso vuelve a ser medido con la finalidad de comparar la situación actual con la mejorada y corroborar el mejoramiento de la productividad.

Palabras claves: Calderas, tiempo estándar, desperdicio, manufactura esbelta, productividad.

SUMMARY

The present research work proposes to improve the productive capacity through the application of lean manufacturing tools in the construction of steam generating boilers, specifically in the company “Gilberto Narváez Mecánica y Electricidad Industrial”.

As a starting point for the research, the methodology proposed by the “Organización Internacional de Trabajo”, which begins through the introduction to the organization and selection of the product for study, in this first point we delved into the important aspects of the company and it was established after analysis that the boiler to be studied would be the so called GN.1001–LTJ; to later, and following the OIT methodology, record the process by observation in the field, resorting to appropriate techniques such as course charts, then the standard time of each activity and cycle time of the construction process of the boiler under study was calculated, thus making it possible to make visible clearly those activities that control the production process and that would become the points for improvement.

Subsequently and in accordance with the provisions of the OIT, the methodology proposed by the “Escuela Española de Organización Industrial” was accepted, which recommends continuing the investigation with the diagnosis and training of the starting situation where it was identified on the points susceptible to improvement of waste and the lean manufacturing tools that best match their elimination were established, in order to assert that the implemented system provides benefits to the organization, the current situation was measured through indicators, the next phase of this methodology is the launch of the system, that is, the radical changes in the construction process are presented, and it is after this that the process is measured again in order to compare the current situation with the improved one and corroborate improving productivity.

Keywords: Boilers, standar time, waste, lean manufacturing, productivity.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad las empresas del ámbito industrial deben hacer frente al desafío de encontrar nuevas técnicas de producción y organizativas que les permitan ser competitivas en el mercado; la fabricación esbelta o denominada manufactura esbelta es sin duda una opción sólida y con gran potencial, que debe ser tomada en consideración por toda organización que busque mejorar su productividad con la finalidad de ser competitiva. Esta investigación centra su desarrollo de manera fundamental en lo antes descrito, pero tomando como campo de estudio específico la construcción de calderas generadoras de vapor.

Desarrollando en el capítulo I la contextualización del problema, fundamentación teórica y objetivos, respectivamente para, conocer la importancia del desarrollo de este trabajo, tener una base bibliográfica comprobada de toda la metodología a aplicar y establecer un orden adecuado para llevar la investigación con el propósito de alcanzar su objetivo final.

Se exponen en el capítulo II los materiales necesarios para el desarrollo del proyecto, así como también la metodología seguida para la elaboración del mismo, para este caso en particular se tomó las metodologías expuestas por la OIT y la EOI; Organización Internacional del Trabajo y Escuela de Organización Industrial, respectivamente.

Las metodologías antes mencionadas se desarrollan en el capítulo III, netamente apegadas al caso de estudio, presentando así datos relevantes de la empresa, selección del producto o caldera de mayor impacto, análisis de la situación actual del proceso constructivo, medición del proceso actual a través de indicadores, selección y aplicación de herramientas de manufactura esbelta en el proceso constructivo y medición del proceso mejorado.

El capítulo final presenta las conclusiones y recomendaciones, descritas ambas previo análisis del proyecto en totalidad y con la finalidad de exponer de manera concreta los resultados obtenidos y de brindar observaciones en beneficio de la organización.

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

1.1. Tema de Investigación

MEJORAMIENTO DE LA CAPACIDAD PRODUCTIVA APLICANDO HERRAMIENTAS DE MANUFACTURA ESBELTA EN LA CONSTRUCCIÓN DE CALDERAS GENERADORAS DE VAPOR

1.2. Antecedentes Investigativos

Contextualización del problema

Analizando la problemática a nivel global muchos autores relacionan que en las industrias manufactureras se desarrollan actividades que no aportan valor y generan desperdicios de diferentes tipos; entiéndase como industria manufacturera a aquella que se centra en producir, fabricar o construir productos, maquinaria o equipos, es decir, se enfocan en la conversión de materia prima en diversos productos; entonces, las empresas manufactureras son las que facilitan los productos para que otras empresas los utilicen en determinada producción [1]; según Melton plantea que solo el 5% de las actividades desarrolladas en las empresas manufactureras generan valor y que el 60% agrega valor parcial. Otros autores como Khusaini comentan que menos del 10 % de las actividades agregan valor y casi un 60% no agrega ningún valor [2].

Por su parte, Taj, S. y Berro, L. afirman que en promedio el 70% de los recursos disponibles en empresas manufactureras son desperdiciados. Mientras que, Jahnukainen, J. y Lathi, M. señalan que el tiempo en el que realmente se genera valor está entre el 0.05 y el 5% del tiempo de entrega, y que las actividades de manufactura representan el 33% del tiempo productivo de la misma; la industria manufacturera a nivel global siempre está acompañada dentro de sus procesos constructivos de actividades que agregan valor parcial o directamente no agregan ningún valor, entonces, a nivel global el proceso de producción, fabricación o construcción de cualquier producto siempre presenta desperdicio de tiempo en actividades que poco o

nada valor agregan; analizándolo de manera más minuciosa, la inversión de tiempo en actividades innecesarias e incluso necesarias pero realizadas de manera poco eficiente es causada por distintos factores como el desorden, falta de espacio, falta de señalética, escases de estándares, entre otros; y sin duda todo lo antes descrito a la postre acrecienta el tiempo de ciclo de un producto [2].

En Ecuador, específicamente en Tungurahua se centra la mayor cantidad de la industria metalmecánica del país, abarcando el 70% del total de empresas constructoras de carrocerías, maquinaria, estructuras, entre otras, esto según el estudio realizado por la cámara de industrias de Tungurahua [3]; para analizar un caso particular se puede mencionar a Carrocerías los Andes, siendo ésta una industria metalmecánica manufacturera dedicada a la construcción de carrocerías y que opera bajo pedido; como era de esperarse en una investigación realizada se expone que Carrocerías los Andes dentro de su proceso constructivo y debido a reprocesos innecesarios, desperdicio de tiempo en actividades poco útiles, exceso de procesos, falta de estándares, desorden en el área de trabajo, entre otros; presenta retrasos en la entrega del producto final; específicamente se expone que del tiempo de ciclo solo el 56% corresponde a tiempo operativo, es decir 44% del tiempo es invertido en actividades que no agregan valor al producto [4].

GILBERTO NARVÁEZ MECÁNICA Y ELECTRICIDAD INDUSTRIAL es una empresa metalmecánica manufacturera que en el área específica de calderería trabaja bajo pedido y es justamente en el proceso constructivo de las calderas generadoras de vapor que presenta varios factores negativos como, actividades innecesarias y necesarias pero ejecutadas de manera poco eficiente desorden en el área de trabajo, falta de señalética, falta de estándares, entre otras; todo lo antes descrito a la postre genera que se invierta tiempo en actividades que no agregan valor al producto, además de, procesos eficaces con despilfarro de tiempo y procesos y mediciones repetitivas; situaciones que se conjugan para formar un problema central que es el excesivo tiempo que lleva construir una caldera generadora de vapor, situación que sin duda genera un sistema improductivo. Se debe tener presente que la productividad también puede ser medida en función del tiempo, lo que significa que mientras menos tiempo se emplee

en obtener un producto cualquiera que este sea, se puede considerar que el sistema es más productivo [5].

Fundamentación teórica

El presente estudio toma como base para la parte inicial de esta investigación la metodología propuesta por la Organización Internacional del Trabajo, misma que está compuesta de tres etapas principales que facilitan la realización del estudio de manera ordenada y sistemática; estas son: selección del trabajo para estudio, registrar por observación directa el proceso utilizando técnicas adecuadas y finalmente el cálculo de tiempo estándar de las actividades [6].

Modelo de entrevista

El modelo de entrevista fue elaborado por el investigador y validado por el tutor y está expuesto en el anexo 1; éste fue útil para conocer de manera general algunos aspectos del proceso constructivo de las calderas generadoras de vapor, datos que fueron proporcionados por el gerente de la organización y sumamente útiles como punto de partida.

Selección del trabajo para estudio

Es importante mencionar que prácticamente toda actividad efectuada en un entorno de trabajo puede ser objeto de una investigación con la finalidad de mejorar la manera en que se realiza. Lo antes expuesto colocaría sobre las espaldas del especialista en el estudio del trabajo una carga ilimitada, que de cierta manera podría no resultar muy productiva [7].

Sin embargo, concentrando la atención en algunas operaciones esenciales, un especialista en el estudio del trabajo puede conseguir resultados de gran alcance en un período relativamente breve de tiempo [7].

Uno de los factores más importantes a tomar en cuenta al elegir una tarea son las consideraciones económicas o de eficiencia en función de los costos esto porque;

constituye obviamente una pérdida de tiempo comenzar o proseguir una larga investigación si la importancia económica de un trabajo es reducida, o si no se espera que dure mucho tiempo [7].

Entre otras de las opciones evidentes del estudio cabe mencionar las operaciones esenciales generadoras de beneficios o costosas, u operaciones con los máximos índices de desechos [7].

Una de las técnicas más fáciles que se pueden emplear para poner al descubierto las actividades esenciales antes mencionadas es el análisis de Pareto al que algunas veces se hace referencia como el análisis ABC del análisis del valor [7].

Vale la pena entender que los productos, enumerados como partidas A, representan el 80 por ciento de los beneficios. Estos son los más rentables y cualquier mejora en los métodos de producción de estos productos particulares se reflejaría marcadamente en los beneficios. Deberían constituir una prioridad para el estudio. Los productos enumerados en B, aportan el 15 por ciento de los beneficios. Pueden representar, por tanto, una segunda prioridad, mientras que los productos C vendrían en último lugar puesto que su contribución a los beneficios es mínima y solo corresponde al 5 por ciento. El mismo tipo de análisis se puede llevar a cabo para determinar los productos o procesos más costosos o los productos o procesos que producen los máximos desechos [7].

A breves rasgos el análisis de Pareto o análisis ABC se utiliza para elegir los productos o procesos más rentables o más costosos o que originan más desechos [7].

Registrar los hechos

Después de elegir el trabajo que se va a estudiar, la siguiente etapa del procedimiento básico es la dedicada a registrar todos los hechos relativos al método existente; el registro constituye esencialmente una base para efectuar el análisis y el examen subsiguiente; no es un fin en sí mismo [7].

La forma corriente y común de registrar los hechos consiste en anotarlos por escrito, pero, desgraciadamente, este método no se presta para registrar las técnicas complicadas que son tan frecuentes en la industria. Especialmente, cuando tiene que constar fielmente cada detalle ínfimo de un proceso u operación. Entonces, para describir exactamente todo lo que se hace, incluso en un trabajo muy sencillo que tal vez se cumpla en unos minutos, probablemente se necesitarían varias páginas de escritura menuda [7].

Para evitar esa dificultad e inconvenientes se idearon otras técnicas o instrumentos de anotación, de modo que se pudieran consignar informaciones detalladas con precisión y al mismo tiempo en forma estandarizada, a fin de que todos los interesados las comprendan de inmediato [7].

Entre todas las técnicas, las más corrientes son los gráficos y diagramas, de los cuales hay varios tipos uniformes, cada uno con su respectiva finalidad [7].

Símbolos empleados en los cursogramas

Para hacer constar en un cursograma todo lo que abarca un trabajo u operación resulta mucho más fácil emplear una serie de cinco símbolos uniformes que en conjunto sirven para representar todos los tipos de actividades o sucesos que probablemente se den en cualquier fábrica u oficina. Estos, constituyen una clave muy cómoda, que ahorra mucha escritura y permite indicar con claridad y exactitud lo que ocurre durante el proceso que se analiza [7].

- **Operación:** indica las principales fases del proceso, método o procedimiento. Por lo común, la pieza, materia o producto del caso se modifica o cambia durante la operación [7].
- **Inspección:** indica la inspección de la calidad y/o la verificación de la cantidad [7].
- **Transporte:** indica el movimiento de los trabajadores, materiales y equipo de un lugar a otro [7].

- **Deposito provisional o espera:** indica demora en el desarrollo de los hechos: por ejemplo, trabajo en suspenso entre dos operaciones sucesivas, o abandono momentáneo, no registrado, de cualquier objeto hasta que se necesite [7].
- **Almacenamiento permanente:** indica depósito de un objeto bajo vigilancia en un almacén donde se lo recibe o entrega mediante alguna forma de autorización o donde se guarda con fines de referencia [7].

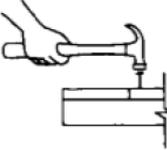
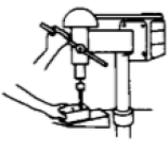
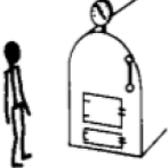
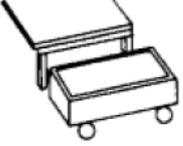
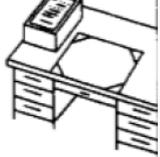
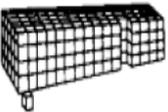
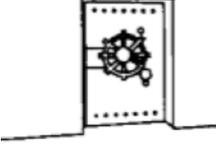
| Actividad | Ejemplo | | |
|--|--|--|--|
| OPERACIÓN  |  Clavar |  Agujerear |  Mecanografiar |
| TRANSPORTE  |  Por carro |  Por aparejo |  A mano |
| INSPECCIÓN  |  Control de cantidad y/o de calidad |  Lectura de indicador |  Lectura de un documento |
| ESPERA  |  Material en espera de ser procesado |  Trabajador en espera de ascensor |  Documentos en espera de clasificación |
| ALMACENAMIENTO  |  Almacenamiento a granel |  Depósito de productos terminados |  Archivo |

Figura 1. Símbolos del estudio de métodos [7]

El cursograma sinóptico del proceso

Diagrama que presenta un cuadro general de cómo se suceden tan sólo las principales operaciones e inspecciones [7].

Sólo se anotan, pues, las operaciones principales, así como las inspecciones efectuadas para comprobar su resultado, se necesitan solamente los dos símbolos correspondientes a operación y a inspección [7].

Se añade paralelamente una breve nota sobre la naturaleza de cada operación o inspección [7].

Obsérvese con detenimiento el método para numerar operaciones e inspecciones. Se verá que en unas y otras la numeración comienza por uno y sigue sin interrupción de un componente a otro partiendo de la derecha hasta el punto en que el segundo componente se une con el primero. La sucesión numérica pasa entonces al componente siguiente de la izquierda y sigue por la operación en que se unen los dos primeros componentes hasta el punto de montaje siguiente, de donde salta al componente que se está por ensamblar [7].

El proceso de ensamble de cualquier elemento al componente principal se indica con una línea horizontal que va desde la línea vertical de ese elemento secundario al lugar que corresponde en la sucesión de operaciones de la línea del montaje principal [7].

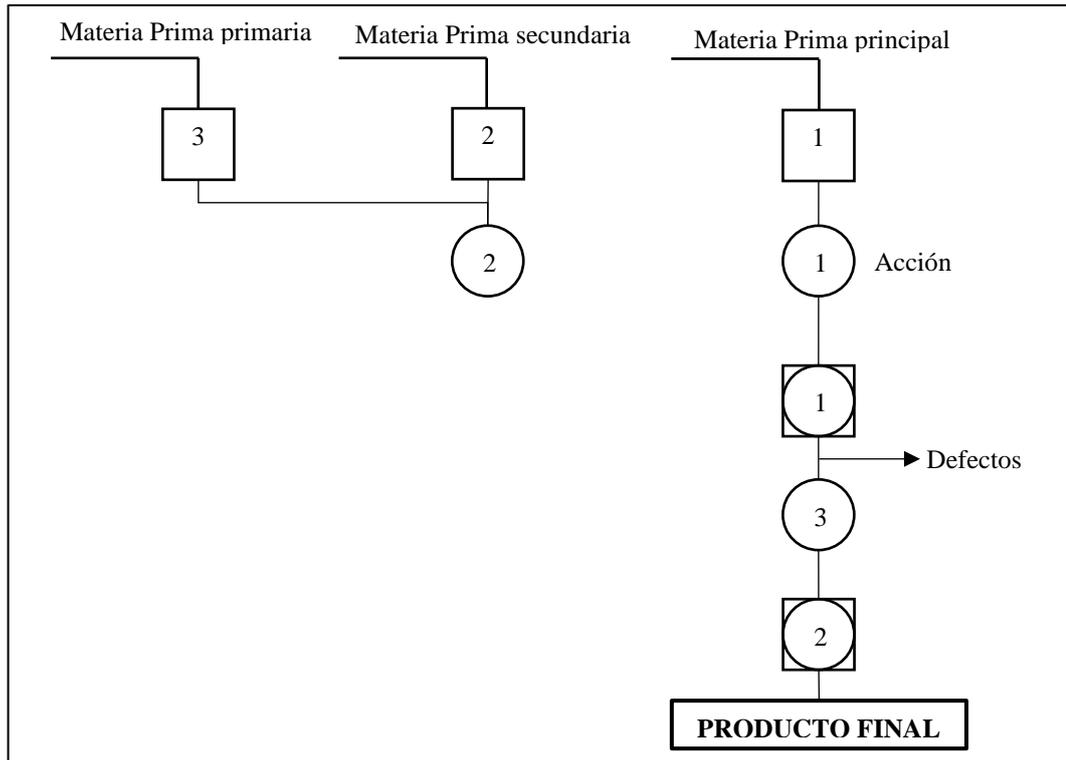


Figura 2. Ejemplo de cursograma sinóptico [6]

La figura 3 ilustra algunas de las convenciones que se aplican al trazar cursogramas sinópticos. En el ejemplo expuesto, el componente secundario empalma con el principal después de la inspección 3 y es montado durante la operación 7. La pieza ensamblada pasa por dos operaciones más, la 8 y la 9, que se efectúan, cada una, cuatro veces en total, como lo indica la nota “Repetir 3 veces más”. Obsérvese que la primera operación después de las repeticiones lleva el número 16, y no el 10 [7].

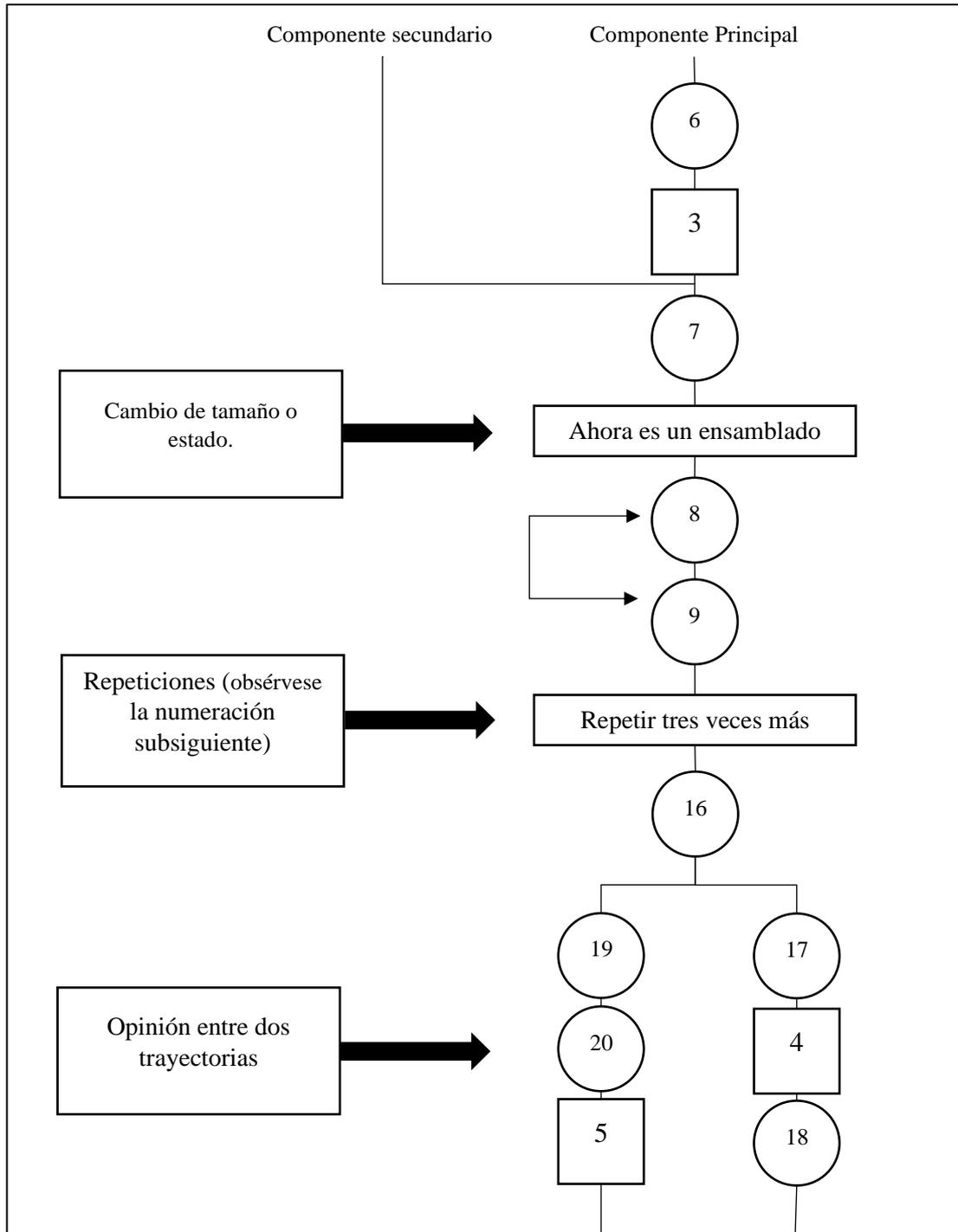


Figura 3. Representaciones convencionales del cursograma sinóptico [7]

Por lo general no basta el grado de detalle que da el cursograma sinóptico y hay que recurrir a lo que llamaremos cursograma analítico con la finalidad de mejorar los métodos de trabajo [7].

El cursograma analítico

Es un diagrama que muestra la trayectoria de un producto o procedimiento indicando todos los hechos sujetos a examen mediante el símbolo que corresponda [7].

El cursograma analítico consta de tres bases para su realización:

- **Cursograma del operario:** diagrama que detalla lo que hace el trabajador para un proceso determinado.
- **Cursograma de material:** diagrama donde se registra lo que ocurre con el material empleado en el proceso.
- **Cursograma del equipo:** Diagrama donde se registra como se usa una maquinaria o equipo

En la presente investigación se utilizó el cursograma analítico basado en el material, para hacer posible su aplicación se consideró ciertos símbolos que especifican que tipo de actividad se está realizando. Según la Norma ANSI, se tiene los símbolos mostrados en la tabla siguiente [6].

Tabla 1. Simbología para el cursograma analítico según la Norma ANSI [6]

| SÍMBOLO | DENOMINACIÓN | DESCRIPCIÓN |
|---|----------------|--|
|  | Operación | Representa acciones de elaboración, modificación o incorporación de información. |
|  | Transporte | Indica el flujo o traslado de un lugar a otro. |
|  | Demora | Representa la demora entre las operaciones o abandono momentáneo |
|  | Inspección | Verifica la calidad y verificación en cierta parte del proceso. |
|  | Almacenamiento | Representa el propósito de un objeto en un almacén bajo vigilancia |
|  | Conector | Unión de procedimientos en diferentes páginas. |

El cursograma analítico se establece de forma semejante al sinóptico pero utilizando además de los símbolos de operación e inspección los de transporte, almacenamiento y espera, por ende es mucho más detallado y no abarca tantas operaciones por hoja como lo hace el sinóptico, por esto es mejor realizar un cursograma para cada componente significativo de un todo, buscando así poder estudiar por separado las manipulaciones, esperas y almacenamientos de que es objeto cada uno de estos [7].

El realizar una representación gráfica de los hechos permite tener una visión general de cómo se desarrollan y entenderlos más fácilmente para así también comprender como estos se relacionan entre sí, es decir, la representación gráfica ilustra de manera clara la forma en que se realiza un trabajo permitiendo así que las personas inmiscuidas a pesar de no estar al tanto de las técnicas de registro podrán entender que un gráfico con exceso de esperas o transportes requiere introducir cambios en los métodos de trabajo. Es importante destacar que todos los detalles que figuran en el cursograma analítico deben recabarse mediante observación directa [7].

| CURSOGRAMA ANALÍTICO | | | | OPERARIO/MATERIAL/EQUIPO | | | | | | | |
|----------------------|------------------------------------|-----------|--------|--------------------------|---|---|--------|-----------|---------------|-------|----------|
| Diagrama N° 1 | | Hoja N° | | ACTIVIDAD | | | Actual | Propuesto | | | |
| Producto | | | | Operación ○ | | | | | | | |
| | | | | Transporte → | | | | | | | |
| Actividad | | | | Espera D | | | | | | | |
| | | | | Inspección □ | | | | | | | |
| Lugar | | | | Almacenamiento ▽ | | | | | | | |
| | | | | Distancia (metros) | | | | | | | |
| Método | | | | Tiempo (minutos) | | | | | | | |
| Descripción | | Distancia | Tiempo | Símbolo | | | | | Observaciones | Act. | |
| | | | | ○ | → | D | □ | ▽ | | Prod. | No Prod. |
| N. | Compras | | | | | | | | | | |
| 1 | Consulta el fichero de proveedores | | 2 | 10 min | ● | | | | | x | |
| 2 | Emite pedido cotización duplicado | | 2 | 12 min | ● | | | | | x | |

Figura 4. Ejemplo de cursograma analítico [6]

Examen con espíritu crítico de las actividades

Es el medio que permite efectuar el examen crítico de cada una de las actividades. Su proceso como tal no es registrado ya que se trata de un interrogatorio donde el analista somete a cada actividad a una serie sistemática y progresiva de preguntas variables con la finalidad de clasificar cada una de las actividades.

Las cinco clases de actividades registradas en el diagrama se clasifican en dos grandes categorías.

- Aquellas en la que le sucede algo a la materia o pieza objeto del estudio, es decir, se la trabaja, traslada o examina.
- Aquellas en que a la materia o pieza objeto del estudio no se la toca y esta almacenada o detenida en una espera.

La primera categoría se divide en tres grupos.

- **Actividades de preparación:** son aquellas en las que la pieza o material queda lista y en posición para ser trabajada.
- **Operaciones activas:** son las que cambian la forma, composición química o condición física del producto, material o pieza objeto del estudio.
- **Actividades de salida:** son en las que se saca el trabajo de la maquina o del taller; lo que para una operación es salida para la siguiente puede considerarse como preparación.

Las actividades de preparación y salida generalmente corresponden a los símbolos de transporte e inspección, pero las operaciones activas solamente pueden representarse con el símbolo de operación [7].

Entonces lo importante y evidente es conseguir la mayor proporción posible de operaciones activas, ya que son estas las que se encargan de hacer evolucionar el producto de su estado de materia prima al de artículo acabado, entonces, son estas únicamente las actividades productivas; todas las demás por necesarias que sean pueden considerarse no productivas [7].

Otra forma de análisis valdadera es examinar la necesidad de las operaciones, encontrando así operaciones claves, entonces, las operaciones activas, pero no claves y las no productivas de preferencia deberán ser eliminadas; es importante tener presente que cuando no se les halle justificación a determinadas actividades estas son innecesarias y deben ser suprimidas sin contemplaciones. [7].

Diagrama de recorrido

Es aquel que está destinado a presentar de una forma clara y sencilla movimientos y/o interrelaciones de movimientos con más claridad que los gráficos o cursogramas. Por lo general no llevan tantas indicaciones como estos. Constan de una línea de trazo que representa el trayecto que sigue el material o pieza, desde su inicio hasta finalizar con la obtención del producto [7].

Tipos de diagramas de recorrido [7].

- **Tipo hombre:** analiza los movimientos y actividades del operario.
- **Tipo material:** analiza los movimientos y transformaciones que sufre la pieza o material.

Ratio de operaciones

El ratio de operación, RO o tiempo fabril se entiende como el cociente del tiempo de las operaciones del proceso o actividades donde se agrega valor y el tiempo total del proceso o tiempo de ciclo de un producto [8].

Generalmente es mayor el tiempo que el material, objeto de transformaciones, pasa en espera, transporte e inspecciones, que el tiempo en que es realmente transformado (tiempo de operación) [9].

$$RO = \frac{\text{Tiempo en operación}}{\text{Tiempo total}} \times 100 \quad (1)$$

Donde:

Tiempo de operaciones: tiempo en el cual el material es objeto de transformaciones que le añaden valor.

Tiempo total: sumatoria de tiempo en operaciones, esperas, inspecciones, transporte y almacenaje.

Es importante conocer también que otra forma de calcular el ratio de operaciones es simplemente tomando como referencia el número de actividades y no los tiempos de estas como tal [9].

Descripción de elementos

Entiéndase por elemento a la parte delimitada de una tarea específica que se selecciona para facilitar la observación, medición y análisis [7].

Entonces se entiende que el ciclo de trabajo inicia al comienzo del primer elemento de la operación o actividad y continua hasta el mismo punto en una repetición de la operación o actividad; y es ahí donde da inicio el segundo ciclo, y así sucesivamente [7].

Para comprender lo antes expuesto hay que tener claro que ciclo de trabajo es la sucesión de elementos necesarios para efectuar una tarea u obtener una unidad de producción [7].

Para este caso en particular se descompuso en elementos tomando como ciclo de trabajo cada componente que comprende la caldera; entonces, por el proceso de construcción y ensamble de cada componente que comprende la caldera se realizó una descripción de elementos.

La importancia de detallar los elementos se debe a que esto permite hacer una especificación detallada del trabajo, además de, separar el trabajo (o tiempo) productivo de la actividad (o tiempo) improductiva [7].

Es primordial reiterar la importancia de dividir, definir y describir adecuadamente los elementos ya que la cantidad de detalles de la descripción se basa en un aspecto importante el cual menciona que, los trabajos que se hacen por lotes pequeños y a intervalos bastante largos necesitan descripciones menos detalladas de los elementos que la producción en gran serie por períodos prolongados [7].

La presente investigación es sin duda un trabajo que se realiza por lotes pequeños y a intervalos bastante largos ya que el proceso de construcción de una caldera generadora de vapor, cualquiera que esta sea, tarda varios días en consolidarse para poder decir que se obtuvo el producto final, además de que no se trata de un proceso de producción en serie; entonces, todo lo antes analizado desemboca en que este caso en particular requiere una descripción poco detallada.

Tabla 2. Ejemplo de ficha de descripción de elementos [6]

| DESCRIPCIÓN DE ELEMENTOS DE ACTIVIDAD | |
|--|---|
| Área: maquinálo ESTUDIO N° 1 Actividad: fabricación de estructura base de cojín Producto parcial: estructura base de cojín Material: Tubo cuadrado $\frac{3}{4} \times 2 \text{ mm}$ Maquina: Cortadora Semiautomática / dobladora de tubos Herramientas: flexómetro, ángulos | |
| A Almacenamiento de materia prima B Transportar a corte para un lote C medir y cortar | D Doblar tubos E Acodalar tubos doblados |

La descripción de elementos facilita notablemente la elaboración del estudio de tiempos ya que el hecho de identificar cada elemento con letras hace que no sea necesario describir el elemento como tal en la ficha del estudio de tiempos sino solo basta con poner la letra que representa ese elemento; generando además un documento de fácil entendimiento.

Tabla 3. Ejemplo de aplicación de elementos en ficha de estudio de tiempos

| ESTUDIO DE TIEMPOS | | | | | | | | | | |
|---|----------|---|---|---|-------------|-----------|---|----|---|----|
| ESTUDIO N°: | | | | | | | | | | |
| Actividad: | | | | | Hoja: | | | | | |
| Producto parcial: | | | | | Fecha: | | | | | |
| Tiempo: | | | | | Observador: | | | | | |
| N° | Elemento | 1 | 2 | 3 | Total | \bar{x} | V | TB | S | TE |
| | Espejos | | | | | | | | | |
| 28 | A | | | | | | | | | |
| 29 | B | | | | | | | | | |
| 30 | C | | | | | | | | | |
| 31 | D | | | | | | | | | |
| 32 | E | | | | | | | | | |
| 33 | F | | | | | | | | | |
| 34 | G | | | | | | | | | |
| 35 | H | | | | | | | | | |
| 36 | I | | | | | | | | | |
| 37 | J | | | | | | | | | |
| 38 | K | | | | | | | | | |
| 39 | L | | | | | | | | | |
| 40 | M | | | | | | | | | |
| TOTAL (min) | | | | | | | | | | |
| NOTA: \bar{x} = Promedio V = valoración TB = tiempo básico S = suplementos TE = tiempo estándar | | | | | | | | | | |

Estudio de tiempos

El estudio de tiempos se define como una técnica de medición del trabajo utilizada para registrar los tiempos y ritmos de trabajo correspondientes a los elementos de una tarea definida, realizada en condiciones determinadas, y para analizar los datos a fin de averiguar el tiempo requerido para efectuar la tarea según una norma de ejecución preestablecida [7].

El estudio de tiempos exige determinado material fundamental, a saber [7]:

- Un cronometro
- Un tablero de observaciones
- Formularios de estudio de tiempos

Para esta investigación en específico se recurrió al cronometraje electrónico, el cual permite medir la duración de los diferentes elementos; una de sus principales y más

importantes ventajas consiste en que permite efectuar un cronometraje con vuelta a cero sumamente preciso [7].

El cronometraje con vuelta a cero es aquel en que los tiempos se toman directamente, es decir al concluir cada elemento se hace volver el segundero a cero y se lo pone de nuevo en marcha inmediatamente para cronometrar el elemento siguiente [7]. Es importante mencionar que existen dos métodos de cronometraje, estos son, acumulativo y con vuelta a cero si para la presente investigación se recurrió al cronometraje con vuelta a cero es debido a que el cronometraje continuo o acumulativo resulta más exacto para trabajos de elementos cortos y ciclos breves, mientras que el método de vuelta a cero puede emplearse con menos riesgos para tareas de elementos y ciclos largos, porque los errores son demasiado pequeños como para viciar el resultado [7].

Al hacer referencia a un tablero de observaciones solo se trata de un tablero liso generalmente de madera o de plástico sobre el cual se fijan los formularios para anotar las observaciones [7]; este tipo de materiales se mencionan con el fin de que el especialista tenga presente que debe contar con todos los medios y comodidad para conseguir su cometido.

Los formularios de estudio de tiempos son necesarios ya que un estudio de esta índole exige el registro de numerosos datos, códigos o descripción de elementos, duración de elementos, notas explicativas; de ahí que resulta muy cómodo el emplear formularios impresos que siguen un mismo formato. Ha de haber tantos modelos de formularios como empresas que hagan estudios de tiempos [7]; el modelo de formulario elaborado para la presente investigación se muestra en el anexo 5.

Determinación del tamaño de la muestra

Varios autores y ciertas empresas como la General Electric han adoptado una guía convencional para lograr determinar el número de ciclos a cronometrar, la guía adoptada se basa en el número total de minutos por ciclo [7].

Tabla 4. Número de ciclos recomendados para el estudio de tiempos [7]

| Minutos por ciclo | Hasta 0.10 | Hasta 0.25 | Hasta 0.50 | Hasta 0.75 | Hasta 1.0 | Hasta 2.0 | Hasta 5.0 | Hasta 10.0 | Hasta 20.0 | Hasta 40.0 | Más de 40 |
|-------------------------------------|------------|------------|------------|------------|-----------|-----------|-----------|------------|------------|------------|-----------|
| Número de ciclos recomendado | 200 | 100 | 60 | 40 | 30 | 20 | 15 | 10 | 8 | 5 | 3 |

Se aplicó entonces para este trabajo investigativo la guía convencional adoptada por varios autores y empresas.

Valoración del ritmo

El estudio de tiempos no es una ciencia exacta, aunque se han hecho y se continúan haciendo muchas investigaciones para tratar de darle base científica. Sin embargo, la valoración del ritmo de trabajo del operario y los suplementos de tiempo que se deben prever para recuperarse de la fatiga y para otros fines siguen siendo en gran parte cuestión de criterio[7].

Valorar el ritmo de trabajo es justipreciarlo por correlación con el concepto que se conoce de lo que es el ritmo tipo; también se entiende como la comparación del ritmo real del trabajador con cierta idea del ritmo tipo que uno se ha formado mentalmente al ver cómo trabajan naturalmente los trabajadores calificados cuando utilizan el método que corresponde y se les ha dado motivo para querer aplicarse. Ese será, pues, el ritmo tipo, al que se atribuirá el valor 100 en la escala de valoración recomendada. Se supone entonces que un trabajador que mantenga el ritmo tipo y descanse de modo apropiado tendrá un desempeño tipo durante la jornada o el turno [7].

Desempeño tipo es el rendimiento que obtienen naturalmente y sin forzarse los trabajadores calificados, como promedio de la jornada o turno, siempre que conozcan y respeten el método especificado y que se los haya motivado para aplicarse. A ese desempeño corresponde el valor 100 en las escalas de valoración del ritmo y del desempeño [7].

Para hacer posible el comparar acertadamente el ritmo de trabajo observado con el ritmo tipo hace falta una escala numérica que sirva de metro para calcularlos;

actualmente se utilizan varias escalas de valoración, pero las más corrientes son la 100-133, la 60-80, la 75-100 y la norma británica 0-100 [7], que es la empleada en la presente investigación.

La escala más reciente 0-100 tiene ciertas ventajas importantes que la han hecho ser adoptada como norma británica.; en dicha escala, 0 representa la actividad nula y 100 el ritmo normal de trabajo del obrero calificado motivado, en otras palabras, el ritmo tipo [7].

Tabla 5. Ritmos de trabajo expresados según las principales escalas de valoración [10]

| Escalas | | | | Descripción del desempeño |
|---------|----------|-----------|-------------------------------------|--|
| 60 – 80 | 75 – 100 | 100 – 133 | 0 – 100 (norma británica) | |
| 0 | 0 | 0 | 0 | Actividad nula. |
| 40 | 50 | 67 | 50 | Muy lento; movimientos torpes, inseguros; el operario parece medio dormido y sin interés en el trabajo. |
| 60 | 75 | 100 | 75 | Constante, resuelto, sin prisa, como de obrero no pagado a destajo, pero bien dirigido y vigilado; parece lento, pero no pierde tiempo adrede mientras lo observan. |
| 80 | 100 | 133 | 100 (Ritmo tipo) | Activo capaz, como de obrero calificado medio pagado o destajo; logra con tranquilidad el nivel de calidad y precisión fijado. |
| 100 | 125 | 167 | 125 | Muy rápido; el operario actúa con gran seguridad, destreza y coordinación de movimientos, muy por encima de las de obrero calificado medio. |
| 120 | 150 | 200 | 150 | Excepcionalmente rápido, concentración y esfuerzo intenso sin probabilidad de durar por largos periodos; actuación de “virtuoso”, solo alcanzada por unos pocos trabajadores sobresalientes. |

Para efectuar la valoración hay que entender que la cifra 100 representa el desempeño tipo. Si el analista opina que la operación se está realizando a una velocidad inferior a

la que en su concepto es la norma, aplicará un factor inferior a 100, digamos 90 o 75 o lo que le parezca representar la realidad. En cambio, si opina que el ritmo efectivo de trabajo es superior a la norma, aplicará un factor superior a 100, como 110, 115 o 120, por ejemplo [7].

Tiempo Básico

Se entiende por tiempo básico a aquel que es irreducible y que se obtiene a partir de tiempos elementales de una determinada tarea; considerando que una tarea es un conjunto de elementos necesarios para obtener un producto y teniendo presente que toda tarea está compuesta de movimientos u operaciones [6].

A partir de la ecuación 2 se obtiene el tiempo básico, a continuación, se detalla los componentes necesarios para la realización de dicho cálculo [6].

$$TB = \bar{x} * V \quad (2)$$

Donde:

TB: tiempo básico o normal

\bar{x} : tiempo promedio observado

V: valoración del ritmo o índice de desempeño

Suplementos

Hay que tener en consideración que aun cuando se haya ideado el método más práctico, económico y eficaz para realizar una determinada tarea, ésta continuara exigiendo un esfuerzo humano, de ahí que es importante tener en consideración ciertos suplementos para compensar la fatiga y descansar además también debe considerarse un suplemento de tiempo para que el trabajador pueda ocuparse de sus necesidades personales; la determinación de los suplementos es quizás la parte del estudio del trabajo más sujeta a controversia ya que es sumamente difícil calcular con precisión los suplementos requeridos por determinada tarea, por ello se debe evaluar de manera objetiva los suplementos que pueden aplicarse a los diversos elementos de trabajo o las distintas operaciones [7].

La dificultad de presentar un conjunto universalmente aceptado de suplementos exactos, que sean aplicables en cualquier situación de trabajo y en cualquier parte del mundo, tiene que ver con diversos factores. Entre los cuales, y como más representativos están aquellos factores relacionados con el individuo, con la naturaleza del trabajo en sí y con el medio ambiente [7].

Cabe mencionar que este aspecto específico del estudio del trabajo ha sido objeto de amplias investigaciones por parte de diversas organizaciones, mismas que han presentado sus propias recomendaciones para el cálculo de suplementos. Vale destacar que la OIT no ha adoptado, y no es tampoco probable que adopte normas relativas a la determinación de suplementos. La OIT no reconoce como válida la aplicación universal de ninguna norma en particular [7].

Pero a pesar de lo antes mencionado la OIT expone en su obra “Introducción al estudio del trabajo” un ejemplo de un sistema de suplementos por descanso mismo que es adoptado para ser aplicado en la presente investigación

Tabla 6. Suplementos por descanso expuestos por la OIT [10]

| Suplementos constantes | H | M | Suplementos variables | H | M |
|---|-----|-----|---------------------------------|-----|-----|
| A. Por necesidades personales | 5 | 7 | D) Mala iluminación | | |
| B. Por fatiga | 4 | 4 | • Ligeramente por debajo | 0.0 | 0.0 |
| Suplementos variables | | | • Bastante por debajo | 2.0 | 2.0 |
| A) Por trabajar de pie | 2 | 4 | • Absolutamente insuficiente | 5.0 | 5.0 |
| B) Por postura normal | | | F) Concentración intensa | | |
| • Ligeramente incomodo | 0 | 1 | • Trabajo de cierta presión | 0.0 | 0.0 |
| • Inclinado | 2 | 3 | • Fatigoso | 2.0 | 2.0 |
| • Echado estirado | 7 | 7 | • Muy fatigoso | 5.0 | 5.0 |
| C) Uso de energía o fuerza muscular kg. | | | G) ruidos | | |
| 2.50 | 0 | 1 | • Continuo | 0.0 | 0.0 |
| 5.00 | 1 | 2 | • Intermitente y fuerte | 2.0 | 2.0 |
| 7.50 | 2 | 3 | • Intermitente y muy fuerte | 5.0 | 5.0 |
| 10.00 | 3 | 5 | • Estridente y fuerte | 7.0 | 7.0 |
| 12.50 | 4 | 5 | H) Tensión mental | | |
| 15.00 | 5 | 8 | • Proceso bastante complejo | 1.0 | 1.0 |
| 17.00 | 7 | 10 | • Proceso complejo | 4.0 | 4.0 |
| 20.00 | 9 | 13 | • Muy complejo | 8.0 | 8.0 |
| 22.50 | 11 | 16 | I) Monotonía | | |
| 25.00 | 13 | 20 | • Algo monótono | 0.0 | 0.0 |
| 30.00 | 17 | | • Bastante monótono | 1.0 | 1.0 |
| 35.50 | 22 | | • Muy monótono | 4.0 | 4.0 |
| E) Condiciones atmosféricas | | | J) Tedio | | |
| 16.00 | 0 | 0 | • Algo aburrido | 0.0 | 0.0 |
| 14.00 | 0 | 0 | • Aburrido | 2.0 | 1.0 |
| 12.00 | 0 | 0 | • Muy aburrido | 4.0 | 2.0 |
| 10.00 | 0.3 | 0.3 | | | |
| 8.00 | 1 | 1 | | | |
| 6.00 | 2.1 | 2.1 | | | |
| 5.00 | 3.1 | 3.1 | | | |
| 4.00 | 4.5 | 4.5 | | | |
| 3.00 | 6.4 | 6.4 | | | |
| 2.00 | 10 | 10 | | | |

Entiéndase que el suplemento por descanso es el que se añade al tiempo básico para dar al trabajador la posibilidad de reponerse de los efectos fisiológicos y psicológicos provocados por la ejecución de determinado trabajo en determinadas condiciones y para que pueda atender a sus necesidades personales [7].

Tiempo estándar

Se entiende por tiempo estándar de una actividad a todo el tiempo necesario para que un operario de tipo medio, calificado y adiestrado realice las actividades a un ritmo normal de trabajo. Para que sea factible determina el tiempo estándar es necesario tomar en consideración lo siguiente; es recomendable iniciar el estudio contando con

personas calificadas y totalmente capacitadas y que realicen su trabajo con un ritmo normal que sería cómodo para todo operario [6].

A partir de la ecuación 3 se obtiene el tiempo estándar.

$$TS = TB * (1 + suplementos) \quad (3)$$

Donde:

TS: tiempo estándar

TB: tiempo básico o normal

Manufactura Esbelta

Definición

Es una filosofía de trabajo que tiene como eje principal las personas, además, define la manera de mejorar y optimizar un sistema de producción centrándose en primero identificar y después eliminar toda clase de desperdicios, entendiéndose estos por los procesos o actividades que utilizan más recursos de los realmente necesarios. La manufactura esbelta identifica varios tipos de desperdicios que se presentan en la producción: sobreproducción, tiempo de espera, transporte, exceso de procesado, inventario y defectos [11].

La manufactura esbelta tiene como objetivo generar una nueva cultura de la mejora, para conseguir esto es necesario adaptar los métodos a cada caso en particular ya que la manufactura esbelta no da nada por sentado y está siempre en busca de nuevas maneras de hacer las cosas de manera más flexible, ágil y económica [11].

La manufactura esbelta no es un concepto estático que pueda ser definido de forma directa, tampoco es una filosofía radical tendiente a desbaratar todo lo ya conocido, más bien, es la combinación de diferentes aplicaciones, elementos y técnicas aparecidas como resultado del estudio en campo y apoyadas totalmente por la dirección; la cultura de la manufactura esbelta no es algo que empiece y acabe, sino que debe ser manejada como una transformación cultural si lo que se busca es que esta

sea duradera y sostenible, sin duda, es una técnica que tiene como prioridad el valor añadido y las personas [11].

Orígenes y antecedentes

Las diferentes técnicas de organización de la producción tienen sus inicios en el siglo XX a través de los trabajos elaborados por F. Taylor y H. Ford los cuales formalizan la conceptualización de la fabricación en serie; Taylor introdujo la aplicación del método científico en la producción, actuado sobre, tiempos, personas, movimientos y equipos mientras que Ford incursionó en las cadenas de fabricación de autos, en los dos casos se trata técnicas que sin duda buscan una nueva manera de organización y que se dan a conocer en una época en donde predominaba la producción rígida en masa y en cantidades de producto enormes [11].

La ruptura de los paradigmas de producción comunes toma fuerza en Japón en 1902 ya que Sakichi Toyoda inventó un dispositivo que detenía el telar si en caso se rompía el hilo y además indicaba mediante una señal visual el hecho de que la máquina requería atención lo cual sin duda permitió desvincular al hombre de una sola máquina y vincularlo con varias. En 1929 Sakichi y su hijo Kiichiro dejaron de lado la industria textil y decidieron invertir en la industria automotriz naciendo así Toyota, empresa que al igual que el resto de la industria japonesa luchó por perdurar en un escenario post guerra debido a la segunda guerra mundial, justamente esta necesidad de supervivencia es lo que llevó a Toyota a una búsqueda exhausta de nuevas alternativas [11].

El reto para los japoneses era conseguir beneficios en cuanto a productividad sin recurrir a economías de escala, de ahí que comenzaron a estudiar las técnicas de producción de Estados Unidos y observaron que el sistema de producción americano no era aplicable a la realidad de Japón ya que en América se producían autos en grandes cantidades pero con muy poca variación de modelos y lo que ellos buscaban era construir autos pequeños en variados modelos y a bajo costo [11].

Tomando como base las exposiciones anteriores Ohno sentó las bases para la aparición del nuevo sistema de gestión Just in Time (Justo a tiempo) o también conocido como

TPS (Toyota Manufacturing System), sistema que tenía como prebenda un principio simple “producir solo lo que se demanda y hacerlo cuando lo solicita el cliente”; Shigeo Shingo después de estudiar la administración científica de Taylor y las teorías de tiempos y movimientos de Gilbreth sumo a lo expuesto por Ohno centrando su estudios en la reducción radical en los tiempos de cambio de herramientas, surgiendo así los fundamentos SMED. Bajo la premisa del JIT se desarrollaron diferentes técnicas como Jidoka, Kanban, Poka-Yoke [11].

El nacimiento de la manufactura esbelta data del momento en el cual las empresas japonesas acogieron una cultura, misma que perdura hasta la actualidad y que busca de forma obsesiva la manera de aplicar mejoras en la planta de fabricación específicamente por línea de fabricación y puesto de trabajo, todo esto en contacto directo con los problemas y teniendo la plena colaboración, comunicación entre operarios, mandos y directivos [11].

Estructura del sistema de manufactura esbelta

La manufactura esbelta es un sistema con muchas dimensiones que actúan sobre la eliminación de desperdicios; debido a esto es complicado presentar un esquema sencillo que contenga los varios pilares, fundamentos, técnicas, principios y métodos que abarca la manufactura esbelta y que generalmente no son homogéneos de una fuente de consulta a otra [11].

Se ha recurrido al esquema de la “Casa del Sistema de Producción Toyota” para lograr visualizar de manera compacta la filosofía contenida dentro de lo denominado como manufactura esbelta y se explica mediante una casa ya que es un sistema estructural que es resistente siempre que sus cimientos y columnas lo sean y si uno de estos últimos fallara todo el sistema lo haría [11].

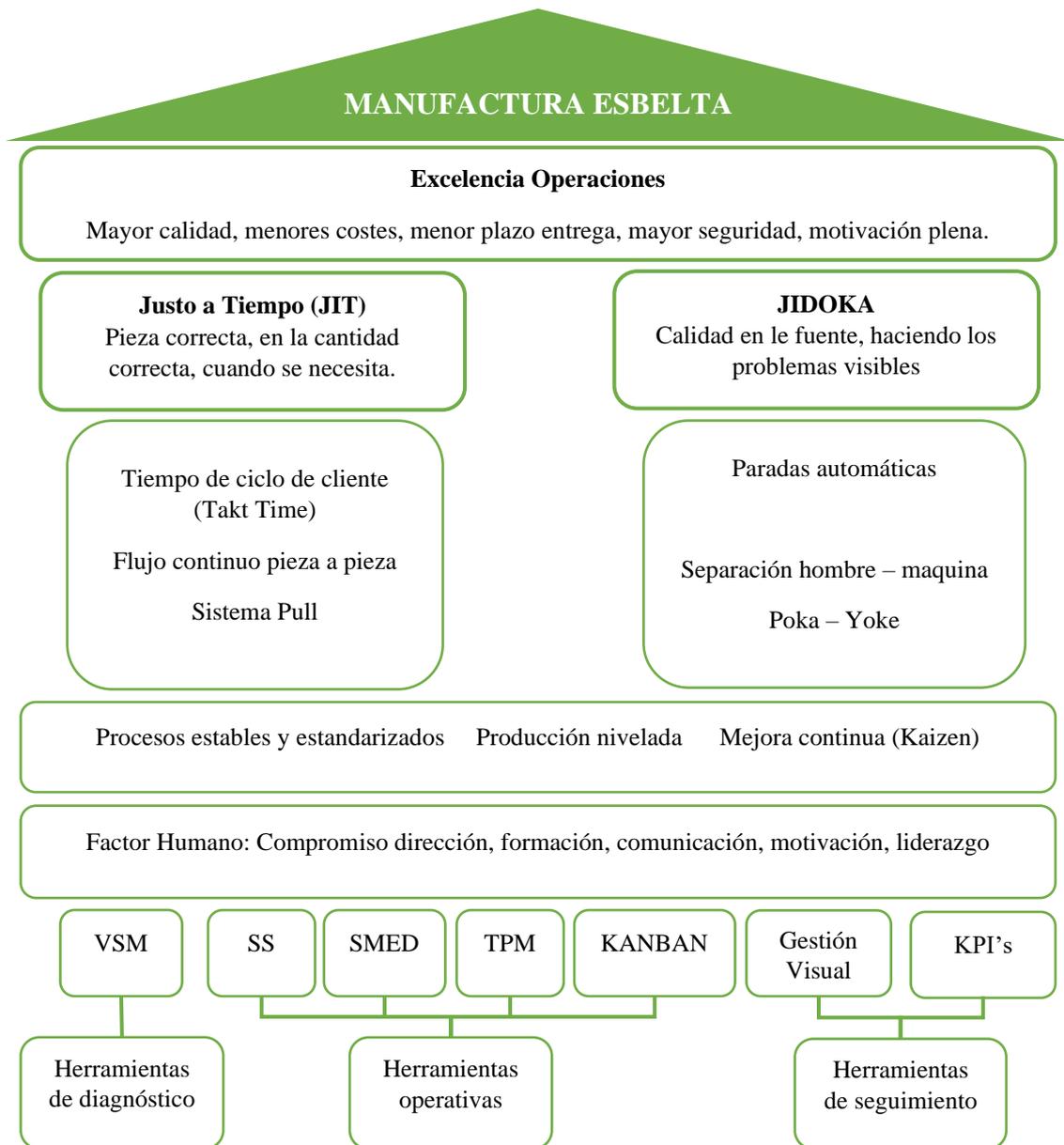


Figura 5. Casa del Sistema de Producción Toyota [11].

Es importante entender que este esquema es flexible y más aún cuando se tiene una primera aproximación a la cultura de la manufactura esbelta [11].

El techo de la casa está formado por las metas que se pretende alcanzar, que son, mejor calidad, más bajo costo, menor tiempo de entrega o lead time, fijando el techo están dos columnas el JIT y Jidoka, la primera busca producir el artículo indicado en el momento requerido y en la cantidad exacta, mientras que el Jidoka busca determinar condiciones anormales con la finalidad de detener el proceso en caso de haberlas. La

base de la casa está formada por la estabilidad de los procesos y estandarización de los mismos, además del factor humano como cimiento clave ya que de este depende el compromiso personal y muchos otros aspectos [11].

Concepto de despilfarro vs valor añadido

La manufactura esbelta persigue un cambio cultural radical que consiste en estudiar y medir la eficiencia y productividad de los procesos centrándose en el valor añadido y despilfarros; se debe tomar en cuenta que el valor añadido está presente únicamente cuando todas las actividades tienen en único cometido de transformar la materia prima del estado en que se ha recibido a un producto final por el cual el cliente esté dispuesto a pagar [11].

El valor añadido es la parte medular de un negocio y su mejora y perfeccionamiento debe ser la ocupación central de las personas inmiscuidas en el proceso productivo. De acuerdo a la manufactura esbelta se entiende por despilfarro a toda actividad que no añade valor al producto o que simplemente no es esencial durante el proceso de fabricación; es importante no confundir lo que se denomina desperdicio con aquello que es necesario ya que sin duda hay actividades que no brindan valor añadido, pero son necesarios para el proceso y por lo tanto estos despilfarros deberán ser acogidos [11].

La eliminación de los desperdicios se consigue siguiendo tres pasos mismos que buscan eliminar de forma sistemática los despilfarros o toda actividad que sea improductiva o que no aporte valor añadido; los pasos son: segregar los desperdicios y el valor añadido dentro del proceso en estudio, actuar con la finalidad de eliminar el desperdicio a través de la técnica de manufactura esbelta más adecuada y estandarizar aquellas actividades con mayor presencia de valor añadido para después volver a iniciar el ciclo de mejora [11].

Con la aplicación de los tres pasos anteriores se pretende conseguir por parte de todo el personal involucrado soluciones rápidas y de sencilla aplicación tanto en el mejoramiento del puesto de trabajo como en los flujos de producción e instalaciones;

la intervención de todo el personal en la búsqueda de soluciones es parte clave del éxito o no del sistema [11].

La manera más eficiente de comprender los conceptos descritos y evaluar su alcance es tener claro algunos de los tipos de despilfarros sobre los que se centra la manufactura esbelta, y son [11]:

- Almacenamiento.
- Sobreproducción.
- Tiempo de espera.
- Transportes o movimientos innecesarios.
- Defectos.
- Rechazos
- Reprocesos.

Concepto de mejora continua y KAIZEN

El concepto de mejora continua es básico dentro de los procesos de manufactura esbelta ya que esta se basa en la lucha persistente contra el desperdicio y es fundamental para vencer esta lucha el trabajo en equipo bajo lo que se ha denominado espíritu Kaizen que es el verdadero motor del éxito del sistema de manufactura esbelta [11].

Kaizen se deriva de las palabras KAI-cambio y ZEN-bueno, entendiéndose entonces como un cambio para mejorar, específicamente está dirigido al cambio en la actitud de las personas, es esta actitud positiva y el aprovechamiento de la capacidad de todo el personal parte importante del éxito del sistema, obviamente lo anterior va de la mano con la forma en que se dirige la empresa que debe siempre buscar el cambio constante teniendo como fin mejores prácticas, que es la premisa de la mejora continua y el Kaizen, aunque estos dos conceptos son maduros en la realidad no tienen una aplicación globalizada debido a que su conceptualización aparentemente es sencilla e incluso lógica y de mucho sentido común, pero ya en la realidad se aplicabilidad es complicada y más aún si no hay un cambio de pensamiento actitud que perdure en el tiempo [11].

Tomando como base lo expuesto se puede mencionar que la mejora continua es un pilar importantísimo y del cual depende el éxito del modelo creado en Japón y sin duda es un factor fundamental para lograr que los beneficios de la implantación de cualquier herramienta de manufactura esbelta perduren en el tiempo [11].

Técnicas de manufactura esbelta

Uso de las técnicas

La manufactura esbelta es palpable en la práctica a través de técnicas muy diferentes entre sí, estas técnicas pueden ser implantadas de forma independiente o conjunta, apegándose a las características específicas de cada caso, para su aplicación se debe elaborar un diagnóstico previo y seguir una hoja de ruta para su implantación [11].

El número de técnicas es muy elevado y los estudiosos del tema no se logran poner de acuerdo al momento de identificarlas, aunque, lo que de verdad importa más allá de identificarlas es el tener clara la conceptualización y la total voluntad de cambiar las cosas para mejor; la forma más llevadera de conseguir un panorama simplificado coherente y ordenado de las técnicas es agruparlas en tres grupos bien definidos [11].

El primer grupo está formado por aquellas herramientas cuyas características las hacen sumamente aplicables a cualquier empresa, producto o sector ; a partir de una mirada general a estas técnicas no se entiende que haya tenido que pasar tanto tiempo para que estas técnicas tan lógicas y que surgieron de la observación en campo no hayan sido tomadas en consideración por muchos académicos; técnicos y administrativos [11].

Las 5S. Herramienta utilizada con la finalidad de mejorar las condiciones del trabajo en la empresa mediante la limpieza, orden y organización en el puesto de trabajo.

SMED. Herramienta tendiente a la disminución de tiempos de preparación.

Estandarización. Sistema que propende a la realización de instrucciones gráficas o escritas

TPM. Grupo de acciones de mantenimiento productivo total que buscan suprimir los tiempos innecesarios por parada de las maquinas.

Control visual. Conjunto de herramientas de comunicación y control visual que buscan poner en conocimiento ante todos los empleados el avance de las acciones de mejora y el estado del sistema.

El segundo grupo está formado por aquellas herramientas que, a pesar de ser aplicables a cualquier organización, exigen un mayor compromiso y cambio cultural de todos los inmiscuidos en la empresa [11].

Jidoka. Herramienta que busca incorporar dispositivos y sistemas que proporcionan a las máquinas la capacidad de detectar errores que se generan durante el proceso.

Técnicas de calidad. Conjunto de técnicas pertenecientes a los sistemas de garantía de la calidad que persiguen la eliminación y decremento de defectos.

Participación del personal (SPP). Sistemas formados por grupos de trabajo del personal y que están destinados a la eficiente supervisión y mejora del sistema de manufactura esbelta.

En el último grupo se enmarcan técnicas que cambian la forma de controlar, programar y planificar la cadena logística y medios de producción; este grupo en comparación con los dos anteriores abarca técnicas más avanzadas por lo que exige recursos especializados para su implantación [11].

Heijunka. Grupo de técnicas que buscan nivelar y planificar la demanda de clientes tanto en volumen como en variedad durante un periodo de tiempo y que además facilitan la evolución a la producción en flujo continuo.

Kanban. Es un sistema de programación y control de la producción que esta basado en tarjetas.

Independientemente del alcance de cada técnica, las acciones primordiales para su adecuada implementación deben basarse en el compromiso de la organización por promover la cultura de la mejora continua e invertir en su personal; de ahí que el iniciar

con una hoja de ruta de implementación basada en pocas técnicas o solo una, es la manera correcta de dar inicio a los sistemas de manufactura esbelta [11].

A continuación, se amplía cada una de las herramientas de manufactura esbelta que fueron aplicadas en esta investigación.

5S

Se relaciona con la aplicación de los principios de limpieza y orden en el sitio de trabajo y su acrónimo proviene de las iniciales en japonés de las cinco palabras en que se basa la herramienta: Seiri, Seiton, Seiso, Seiketsu y Shitsuke que significan respectivamente: eliminar lo innecesario, ordenar, limpiar e inspeccionar, estandarizar y crear hábito [11].

El concepto de las 5S no debería ser algo nuevo para las empresas, pero la realidad es otra y resulta ser un concepto totalmente nuevo; esta herramienta se aplica en todo el mundo y tiene excelentes resultados debido a su efectividad, sencillez y a que no requiere conocimientos particulares ni grandes inversiones financieras y además brinda resultados tangibles en un corto plazo de tiempo [11].

Su implantación persigue el evitar que se presenten los siguientes síntomas disfuncionales en las empresas, síntomas que afectan la eficiencia de las mismas [11]:

- Aspecto sucio del sitio de trabajo y de la planta en general.
- Desorden del área de trabajo y emplazamientos de la organización.
- Falta de instrucciones sencillas de operación.
- Movimiento y recorridos innecesarios de personas.

La 5S puede ser utilizada como el principio de ruptura de los viejos procedimientos existentes con la finalidad de acoger una nueva cultura basada en el orden, higiene, limpieza y seguridad como factores primordiales dentro del proceso de producción; el implantar las 5S sigue normalmente un proceso de cinco pasos.

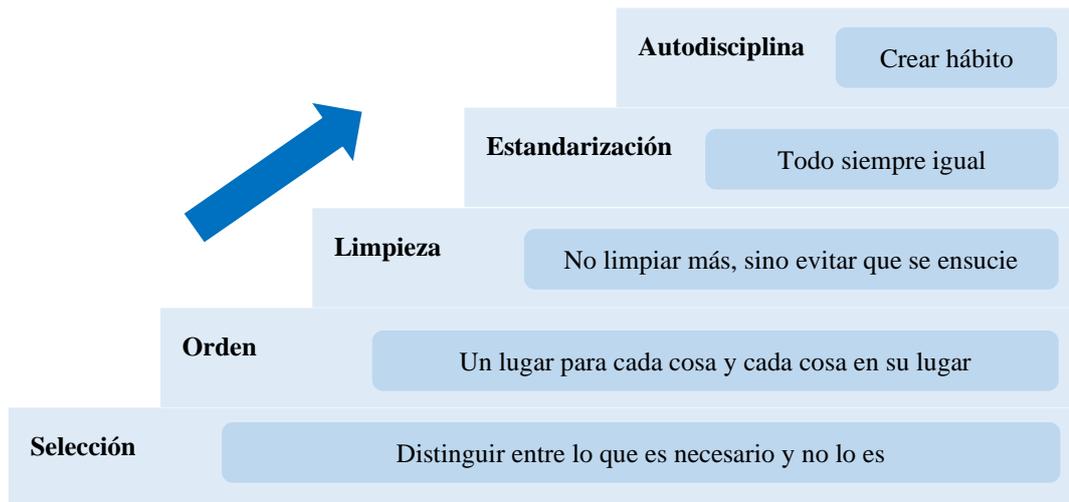


Figura 6. Principios básicos y fases de implantación de las 5S [11].

Cambio rápido de herramientas SMED

SMED es acrónimo de la frase en inglés Single Minute Exchange of Dies que traducido al castellano se entendería como el Intercambio de matrices en un minuto, esta herramienta persigue la eliminación de ajustes y busca la estandarización de operaciones acudiendo para esto a nuevos mecanismos o procedimientos tanto de ajuste, retirada y alimentación de las máquinas.

Igual que la herramienta anterior esta es conceptualmente clara, fácil de aplicar y arroja resultados de forma breve y sin mayor inversión; el reducir los tiempos de preparación es un tema sumamente importante dentro de la organización por varios motivos y uno de esos es que con cambios rápidos se puede aumentar la capacidad productiva [11].

Las técnicas aplicadas para la implantación de la herramienta SMED buscan detectar posibilidades de simplificación, cambio o eliminación de tareas de preparación partiendo de la identificación de la causa que está ocasionando tiempos de preparación innecesarios de ahí que es importante tener presente las posibles causas que originan elevados de preparación y cambio [11]:

- No se ha estandarizado el procedimiento de preparación.
- No haber aplicado la mejora a las actividades de preparación.

- Los materiales, herramientas y plantillas no están dispuestos antes del comienzo de las operaciones de preparación.

Para llevar a cabo una acción SMED, las empresas deben acometer estudios de tiempos donde se tome en cuenta las actividades de preparación [11], que es exactamente lo que se ha realizado en la presente investigación. El estudio SMED se encuadra en cuatro fases bien diferenciadas [11]:

- Diferenciación de la preparación externa y la interna.

Interna. Actividades que para ser realizadas requieren que la maquina se detenga.

Externa. Actividades que se pueden realizar mientras la maquina opera.

Es importante conseguir la mayor cantidad de actividades de preparación externa [11].

- Reducir el tiempo de preparación interna mediante la mejora de las operaciones.

Existen actividades internas que por las características propias del proceso no pueden convertirse en externas de ahí que estas deben ser objeto de mejora y control continuo [11].

- Reducir el tiempo de preparación interna mediante la mejora del equipo.

En caso de que el aplicar mejoras sobre las operaciones no fuera suficiente para conseguir el objetivo se debe optar por modificar el equipo o su estructura de tal manera que se consigan preparaciones de forma asistida o también diseñar técnicas que permitan una reducción de la puesta en marcha y preparación [11].

- Preparación cero.

El tiempo ideal de preparación es cero de ahí que se propende a la utilización de tecnologías, diseño de procedimientos o dispositivos con la finalidad de conseguir el objetivo [11].

Estandarización

Es uno de los cimientos de la manufactura esbelta y se los puede entender como descripciones escritas y gráficas que facilitan la comprensión de las técnicas y en muchos casos dan a conocer los procedimientos más fiables y eficaces de una empresa [11].

Una de las claves de la filosofía esbelta menciona que un estándar se crea para mejorarlo de ahí que este concepto se opone a los sistemas de muchas empresas que con el pasar del tiempo se han convertido en sistemas rígidos en donde los estándares no son más que documentos muertos que duermen en estantes y son poco o nada utilizados [11].

Entre los estándares de producción y contenido específicamente en los “estándares para la gestión de operaciones” se enmarcan los “procedimientos de definición de operaciones y procesos” los cuales son hojas, gráficos, diagramas, moldes...) y también la “preparación de utillaje y herramientas”, los estándares de producción antes mencionados son útiles y aplicables para este caso en particular [11].

Control visual

Las técnicas de control visual persiguen establecer de manera sencilla y clara la situación del sistema productivo centrándose en los despilfarros y anomalías y en la información de valor añadido que evidencia las pérdidas y desperdicios en el sistema y por ende las posibilidades de mejora [11].

El control visual es la forma con la que la manufactura esbelta estandariza la gestión ya que las técnicas de esta herramienta ayudan a darles el poder y responsabilidad al personal para alcanzar sus metas, la comunicación visual tiene muchas ventajas y entre las más importantes esta la fácil difusión de información; esta herramienta incluye muchos métodos de aplicación, cada uno apegado a la realidad de la organización y lo recomendable no es aplicar todos estos métodos sino al contrario aplicar aquellos que mejor se adapten al sistema, a las personas y al objetivo de la empresa en busca de la mejora [11].

Las diferentes técnicas de control visual se dividen en dos grupos:

- control visual de espacio y equipos
- documentación visual en el puesto de trabajo

Dentro del primer grupo se puede tomar como herramientas útiles a este en particular la “Información e instrucción y la limpieza” y del segundo grupo las “Hojas de instrucciones, estudio de tiempos, cambios y ajustes” [11].

Más allá del punto inicial el control visual llega a ser un verdadero aliado del proyecto cultural por su poder para superar las barreras jerárquicas y generar un medio de diálogo a través de distintos métodos que ponen en conocimiento a los empleados de aquello que se ha determinado como mejor para la organización.

Jidoka

Autonomación o automatización con un toque humano; el objetivo del Jidoka radica en que el proceso tenga su propio auto control de calidad, de forma que, si existe una anomalía durante el proceso, este se detendrá, ya sea automática o manualmente por el operario, consiguiendo así que los operarios o las máquinas se conviertan en inspectores de calidad [11].

Sin duda las fases de inspección son necesarias pero la ventaja del Jidoka es que las inspecciones se realizan dentro de la misma línea y así cada operario puede garantizar la calidad de su trabajo, es decir, se propende al cambio de la inspección común dedicada a hallar defectos a la inspección para prevenir defectos, en otras palabras es mayor el interés en controlar el proceso y mucho menos el producto [11].

La herramienta Jidoka es aplicable de varias formas, en si la forma de aplicación depende de la creatividad aplicada en busca de prevenir defectos; es común que la técnica Jidoka se implante con sistemas de autonomación de las máquinas, pero también es posible aprovechar la capacidad y autoridad del operario para detener la producción en caso de detectar un defecto.

Dentro de las diferentes etapas que abarca el Jidoka se encuentran la autoinspección o “Acciones y mecanismos antierror” también conocido como Poka-Yoke, estas buscan prevenir la transferencia de piezas defectuosas al proceso siguiente mediante la instalación de dispositivos o mediante acciones concretas para detectar errores y detener la producción, se trata de pequeños dispositivos o acciones sencillas y económicas aplicadas con la finalidad de evitar defectos [11].

Sistema de indicadores de seguimiento del proyecto

Este es uno de los puntos claves en la implantación de un sistema de manufactura esbelta ya que se debe conocer perfectamente los criterios que se van a utilizar para medir el grado de mejora según avance el proyecto, no es posible dar por terminado un proceso de mejora sin haber creado antes un indicador que mida su rendimiento, ya que lo que no se mide no se mejora; es clave que los indicadores sean de fácil entendimiento y concretos [11].

Antes de definir un sistema de indicadores debe considerarse algunos criterios como:

- Se tiene el apoyo de la dirección superior.
- Se asegura que las medidas usadas sean relevantes.
- Se usa técnicas de medición no financieras, a través de valores numéricos cuantitativos, cualitativos, ratios, porcentajes y elevado uso de técnicas visuales [11].

Los estudios consultados resaltan que entre algunos de los indicadores más usados por las empresas, para evaluar los resultados derivados de la manufactura esbelta son: el estudio de tiempos detallado, el ratio de operaciones; es imposible diseñar un listado definitivo de indicadores a utilizar en un proyecto, de ahí que cada líder o responsable empleara los más adecuados a la situación particular en la que se encuentre su organización [11].

Indicadores utilizados

Lead Time

Entiéndase por lead time al tiempo que se requiere para que una pieza o producto cualquiera que este sea recorra un proceso o una cadena de valor de principio a fin [11].

$$\mathbf{Lead\ time} = VA + NVA \quad (4)$$

Donde:

VA: tiempo valor agregado o añadido

NVA: tiempo no valor agregado o añadido

Ratio de valor añadido

Da una proporción sobre el tiempo que realmente se le está dando valor al producto. El ratio de valor añadido es el resultado de la relación entre el tiempo de valor no añadido, es decir, donde no se aporta valor al producto (transportando, almacenando o inspeccionando, etc.) y el tiempo de valor añadido, entendiéndose que este es el tiempo donde se hace una operación por la que el cliente está dispuesto a pagar (cortar, soldar, ensamblar, etc.) [12].

$$\mathbf{RVA} = \frac{\text{Tiempo de valor añadido}}{\text{Tiempo de valor no añadido}} \quad (5)$$

Donde:

Tiempo de valor añadido: tiempo que realmente se le está dando valor al producto.

Tiempo de valor no añadido: tiempo donde no se aporta valor al producto

Tiempo de ciclo

Tiempo total del proceso, es decir, tiempo en que se transforma la materia prima en un producto acabado [8].

Tiempo valor añadido y no valor añadido

Este indicador se relaciona de manera directa con lo que se expuso antes y se denominó “Examen con espíritu crítico de las actividades”; ya que de esa categorización es posible determinar aquellas actividades que agregan o no valor añadido al producto para de ahí obtener sus tiempos respectivamente.

Tiempo valor añadido, es el tiempo total de aquellas actividades que realmente están dando valor al producto o lo están haciendo evolucionar de su estado de materia prima al de artículo acabado [12].

Todo el resto de actividades generan tiempos de no valor añadido; muchas de estas actividades a pesar de no brindar valor agregado al producto son necesarias para la operación final [12].

Análisis de valor añadido

Este indicador al igual que el anterior también se relaciona con el tema denominado “Examen con espíritu crítico de las actividades” y por ende con el indicador antes expuesto; pero a diferencia del anterior este se basa en el número de actividades que agregan y no agregan valor al producto, representando estas dos segregaciones en porcentajes respectivamente.

Ratio de operación (actividades y tiempos)

1.3. Objetivos

Objetivo general

Mejorar la capacidad de producción aplicando herramientas de manufactura esbelta en la construcción de calderas generadoras de vapor en la empresa GILBERTO NARVÁEZ MECÁNICA Y ELECTRICIDAD INDUSTRIAL.

Objetivos específicos

- Identificar la caldera generadora de vapor de mayor impacto mediante un análisis ABC.
- Realizar un análisis de la situación actual del proceso de construcción de la caldera generadora de vapor.
- Identificar las principales actividades que no agregan valor y que afectan la productividad durante el proceso de construcción de la caldera generadora de vapor.
- Plantear una propuesta basada en herramientas de manufactura esbelta que mejore la capacidad productiva del proceso de construcción de la caldera generadora de vapor.

CAPÍTULO II

METODOLOGÍA

2.1. Materiales

A continuación, se expone los principales materiales utilizados en el desarrollo y cumplimiento del presente trabajo de investigación; varios de estos son de carácter documental e imprescindibles como por ejemplo las tablas que proporcionan datos necesarios para la investigación, el resto de materiales son de carácter tecnológico tanto en hardware como software y son los que permiten el tratamiento de los materiales antes mencionados:

- **Computadora portátil:** Es utilizada durante el proceso investigativo para almacenamiento y tratamiento de fotografías, imágenes, bibliografía, tablas, tomas de tiempos y datos en general, además y no menos importante, para la redacción del presente informe.
- **Cámara:** Se utiliza como herramienta para el trabajo de campo, específicamente para el proceso de observación y recolección de datos, permitiendo así presentar el registro fotográfico del proceso en estudio.
- **Cronómetro digital:** Fundamental para determinar el tiempo que necesita un operador promedio en la ejecución de una determinada tarea; en este caso en particular el proceso de construcción de una caldera generadora de vapor.
- **Word 2016:** Procesador de texto que junto con el resto de herramientas permite la elaboración de la presente investigación.
- **Visio 2016:** Al tratarse de un programa que facilita la creación de gráficos y diagramas, en esta investigación fue útil para la elaboración de cursogramas y también de los mapas de flujo de valor.
- **Modelo de entrevista:** Se utilizó la técnica denominada encuesta, mediante el instrumento conocido como modelo de entrevista; herramienta elaborada por el investigador y validada por el tutor de la presente investigación, aplicada al encargado del proceso constructivo por ser él quien más conocimiento tiene

del tema en estudio; necesaria para conocer y tener un acercamiento real al proceso actual que maneja la empresa; anexo 1.

Observación: Técnica indispensable para el desarrollo del presente proyecto, es la base para la obtención de datos, procesos y descripciones. Se aplica para este caso en particular mediante los siguientes instrumentos:

- **Cursograma sinóptico:** Utilizado para representar de forma general como suceden en el proceso las principales operaciones e inspecciones del mismo; figura 2.
- **Cursograma analítico:** Es utilizado para mostrar la trayectoria del proceso en estudio indicando todos los hechos sujetos a examen mediante el símbolo que corresponda figura 4.
- **Ficha de descripción de elementos:** Necesaria para delimitar todas las tareas específicas del proceso y de esta manera facilitar la observación, medición y análisis; tabla 2.

Medición: Técnica utilizada para conocer la situación actual del proceso en estudio; hace posible que éste sea mejorado, ya que no se puede mejorar aquello que no se puede medir. Debido al tema de investigación se aplica mediante los siguientes instrumentos:

- **Ficha de estudio de tiempos:** Ficha que facilita la medición del trabajo, se utiliza para registrar los tiempos y ritmos de trabajo correspondientes a los elementos del proceso en estudio; tabla 3.
- **Tabla de GE para determinación de número de ciclos a cronometrar:** Guía convencional utilizada para lograr determinar el número de ciclos a cronometrar previo al estudio de tiempos; tabla 4.
- **Tabla británica para la valoración del ritmo de trabajo:** Tabla utilizada para determinar la valoración del ritmo de trabajo del operario y los suplementos de tiempo que se deben tomar en cuenta para recuperarse de la fatiga y para otros fines; tabla 5.

- **Tabla de suplementos por descanso de la OIT:** Permite tener en consideración ciertos suplementos para compensar la fatiga de los trabajadores; tabla 6.
- **Diagrama ABC:** Permite seleccionar el trabajo a ser estudiado, delimitando así la investigación, para invertir tiempo sobre la caldera generadora de vapor serie GN.1001 – LTJ que es el proceso que representa mayores beneficios económicos para la organización; figura 9.

2.2. Métodos

Modalidad de la investigación

Esta investigación es de tipo Proyecto de Investigación Aplicada (I) porque toma como fundamento los conocimientos adquiridos en las aulas y los materializa en la práctica, proyectándolos al mejoramiento de la capacidad productiva a través de la aplicación de herramientas de manufactura esbelta en el proceso de construcción de calderas generadoras de vapor en la empresa GILBERTO NARVÁEZ MECÁNICA Y ELECTRICIDAD INDUSTRIAL; avalando dicha materialización a través de registro fotográfico y mediciones de la situación actual y mejorada.

La modalidad que se utilizó es de campo, investigación que se caracteriza por la cercanía que se tiene con el problema, es decir se acudió a la empresa GILBERTO NARVÁEZ MECÁNICA Y ELECTRICIDAD INDUSTRIAL, con el fin de obtener información real y relevante adecuada al proyecto, esto mediante la aplicación de técnicas y procedimientos adecuados como fotografías, cursogramas, fichas de descripción mismos que son instrumentos de la técnica de observación.

Es evidente que también se aplicó la investigación bibliográfica ya que el proyecto se sustenta a partir de información relevante obtenida en publicaciones, revistas, libros, internet, temática abordada en la carrera estudiantil; con el propósito de dilucidar diferentes enfoques y teorías desde distintas perspectivas, para en base a eso complementar conocimientos referentes al tema de investigación.

Población y muestra

La investigación en la empresa GILBERTO NARVÁEZ MECÁNICA Y ELECTRICIDAD INDUSTRIAL, establece como población a todo el personal que labora en el área de construcción de calderas generadoras de vapor, así como al personal administrativo de la organización; siendo un total de 5 individuos

Tabla 7. Personal área administrativa y construcción calderas

| Población | Elementos | % |
|--------------------|------------------|----------|
| Gerente | 1 | 20 |
| Jefe de producción | 1 | 20 |
| Operarios | 3 | 60 |
| TOTAL | 5 | 100% |

En la gran mayoría de casos, no es posible investigar a toda la población, sea por razones económicas, por falta de personal calificado o porque no se dispone del tiempo necesario, razones por las que se recurre a un método estadístico de muestreo, que consiste en seleccionar una parte de las unidades de un conjunto o subconjunto de la población denominada muestra, de manera que sea lo más representativo del colectivo [13].

No se debe perder de vista que por más perfecta que sea la muestra, siempre habrá una diferencia entre el resultado que se obtiene de ésta y el resultado del universo, por esta razón, mientras más grande es la muestra es menor el error de muestreo, y por lo tanto existe mayor confiabilidad en sus resultados [13].

Para este caso en particular y en virtud de que la población a participar en la investigación es reducida, 5 individuos; no existe la necesidad de obtener una muestra representativa, de ahí que se trabaja con todo el universo, situación que sin duda y en base a lo antes expuesto será beneficioso para la investigación porque generará resultados totalmente confiables.

Recolección de información

La recolección de información será realizada por el investigador tomando como punto de partida la técnica de encuesta a través del instrumento denominado modelo de entrevista, documento validado por el docente tutor de la presente investigación y que se aplicara al gerente de la empresa, por ser él quien más años de experiencia tiene del tema en estudio; además, con el apoyo del personal administrativo se obtendrá documentación de datos históricos de ventas correspondientes a los años 2018 y 2019, en base a los cuales y mediante el análisis de Pareto o ABC se seleccionara la caldera que mayor impacto económico positivo genera para la empresa.

La técnica de observación directa se aplicara en la empresa específicamente en el área de construcción de calderas generadoras de vapor con la finalidad de recoger información en una tabla matriz de todas las calderas que la empresa construye; parte importante de la recolección de información es también el presentar un registro fotográfico detallado del proceso constructivo de la caldera antes ya seleccionada; como parte aun de la técnica de observación se realizara el registro de los hechos recurriendo para esto, en éste caso específico a cursogramas sinópticos, analíticos y matrices de descripción de elementos, todos los instrumentos antes mencionados con la finalidad de recolectar información detallada del proceso constructivo de la caldera en estudio.

Una de las técnicas claves dentro de la recolección de información es la medición que para el presente trabajo investigativo acogerá como instrumentos iniciales, a la valoración del ritmo de trabajo y suplementos por descanso, siendo estas dos anteriores las que harán posible presentar de forma cuantitativa juicios cualitativos, con la finalidad de realizar el estudio de tiempos, este último instrumento permitirá conocer de forma clara la situación actual del proceso constructivo, para profundizar aún más; y con el objetivo de obtener valores cuantitativos comparables con el proceso de construcción post aplicación del sistema de manufactura esbelta, se establecerá también un sistema de indicadores.

Procesamiento y análisis de datos

El procesamiento y análisis dará inicio a partir del registro de la información mediante el modelo de entrevista, información que proporcionará un acercamiento general al proceso constructivo en estudio y que se asentará mediante el software Word del paquete Microsoft Office; a continuación, se procesará mediante el software Excel también del paquete Microsoft Office todos los productos de la línea de calderería que la empresa construye, para presentar una matriz compacta de esta información.

La documentación de datos históricos de ventas será la base para determinar la caldera generadora de vapor de mayor demanda y que mayor beneficio económico genera para la empresa, de ahí que con los datos se realizará el análisis ABC siguiendo el procedimiento expuesto por la Organización Internacional del Trabajo, mismo que parte del cálculo del porcentaje de participación, seguido del porcentaje de consumo, porcentaje de participación acumulado y porcentaje de consumo acumulado, para a partir de todo lo antes descrito poder presentar de forma compacta el resultado del análisis mediante un gráfico ABC o Diagrama de Pareto, lo antes mencionado se realizara con la ayuda del Software Excel.

El detalle del proceso constructivo de la caldera generadora de vapor, es decir, los datos que se obtendrán a partir de la técnica de observación, se trataran con el Software Excel, para poder presentarlos de forma ordenada, clara y resumida, ya que, son estos los que permitirán conocer de manera desmenuzada los hechos que conforman dicho proceso, abarcando, descripciones, distancias, tiempos y clasificación de actividades, recurriendo para todo esto a fotografías, cursogramas y matrices.

En base a los datos obtenidos a partir de la técnica anterior y aun haciendo uso del Software Excel se recurrirá a una guía recomendada por la General Electric con la finalidad de establecer el número de ciclos a cronometrar para realizar el análisis detallado de la situación actual del proceso constructivo, ya determinado esto, se valorara el ritmo de trabajo y se establecerá suplementos, recurriendo respectivamente, a la norma británica y al sistema de suplementos por descanso expuesto por la OIT,

todo lo antes descrito permitirá realizar el estudio de tiempos del proceso analizado y obtener los tiempos, promedio, básico y estándar para cada actividad.

Ya establecidos los tiempos estándar de cada actividad se determinará aquellas actividades que controlan el proceso constructivo por su excesivo tiempo de ciclo, y serán éstas los puntos susceptibles de mejora sobre los que el proyecto investigativo actuará, se realizará en el Software Excel un gráfico de barras correspondiente a lo antes descrito; seguidamente los datos de tiempos obtenidos son segregados en tiempos que generan y que no generan valor añadido al producto.

A través del Software Visio también del paquete Microsoft Office, se realizarán los mapas de cadena de valor y es en éstos donde se plasmarán los datos de tiempo antes segregados; en los mapas de cadena de valor se mostrarán desperdicios y herramientas de manufactura esbelta a aplicar con la finalidad de eliminar dichos desperdicios; ya con todos los datos se establecerá un sistema de indicadores que vendría a ser la parte fundamental de la investigación y con la ayuda del Software Excel se calcularán específicamente indicadores del proceso actual y del proceso mejorado, con la finalidad de presentar una comparación que permita evidenciar la importancia del presente proyecto.

CAPÍTULO III

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Análisis y discusión de los resultados

Desarrollo de la propuesta

Descripción de la empresa

GILBERTO NARVÁEZ MECÁNICA Y ELECTRICIDAD INDUSTRIAL o también denominada en el ámbito publicitario como GN INDUSTRIAL es una empresa ecuatoriana con más de 50 años de trayectoria y actuación íntegra en la industria nacional [14].

Cuenta con los recursos necesarios y capacidad técnica para la ejecución de cada uno de los proyectos, en busca siempre de soluciones efectivas y eficaces para sus clientes; además esta afianzada en personal y mano de obra calificada con amplia experiencia y capacidad de prestación de servicios. En caso de ser requerido dependiendo de la obra industrial la empresa realiza el diseño, construcción, instalación y mantenimiento de su línea de productos o multimarcas [14].

La empresa a lo largo de más de 50 años de trayectoria ha proporcionado servicios y productos de calidad siempre enfocados en las necesidades del sector industrial [14].



Figura 7. Instalaciones GN industrial

Productos y servicios de la empresa

GN INDUSTRIAL cuenta con partes y repuestos para máquinas industriales en general, calderas, quemadores; material eléctrico.: automatización. Además, tratamiento completo para calderas (desincrustante) y brinda un servicio integral en el ámbito industrial abarcando así [14]:

- Electricidad & automatización industrial.
- Servicio de mantenimiento industrial (mecánico y eléctrico).

- Rebobinaje de motores.
- Mantenimiento y montajes industriales, líneas de agua, vapor, aire y eléctricas.
- Construcción, instalación y mantenimiento de calderas de vapor.
- Construcción, instalación y mantenimiento de intercambiadores de calor.
- Construcción, instalación y mantenimiento de sistemas hidroneumáticos.
- Construcción, instalación y mantenimiento de generadores de aire caliente para el sector agroindustrial [14].



Figura 8. Logotipo empresarial [14].

Ubicación

Se detalla a continuación la ubicación de la empresa junto con su vista satelital, específicamente del área de construcción de calderas generadoras de vapor, misma que se ubica al norte de la ciudad de Ambato, provincia de Tungurahua.

Tabla 8. Ubicación empresarial

| GN INDUSTRIAL | |
|--|------------------------------|
| Vista Satelital de la Empresa | |
|  | |
| Provincia | Tungurahua |
| Cantón | Ambato |
| Parroquia | La Península |
| Ciudadela | Los Tres Juanes |
| Dirección | Calles Valparaíso y San Juan |

Tabla 9. Datos relevantes de la empresa

| | |
|----------------------------|---|
| Entidad | GN INDUSTRIAL |
| Representante legal | Alfonso Gilberto Narváez Cabrera |
| Teléfonos | 032 85 41 55 / 032 85 43 80 0999 266 755 / 0986 385 819 |
| E-mail | gilberto.narvaez.ae@outlook.com |
| Sitio Web | https://www.gilbertonarvaez.com |
| Facebook | @GN.industrial |

Filosofía empresarial

Misión

Brindar a nuestros clientes soluciones integrales en el ámbito industrial enfocados en el servicio íntegro de mantenimiento, electricidad y automatización, rebobinado de motores, montajes industriales, líneas de agua, vapor, aire y eléctricas, además, la construcción, instalación y mantenimiento de sistemas hidroneumáticos, calderas de vapor, intercambiadores de calor, generadores de aire caliente y suministro de repuestos industriales; respondiendo así a las necesidades de la industria nacional [14].

Visión

Ser reconocidos a nivel regional como una empresa líder y referente en el ámbito industrial ecuatoriano por la eficacia, eficiencia, seguridad y calidad de nuestros productos y servicios de tal manera que nuestra marca, GILBERTO NARVÁEZ, perdure a lo largo del tiempo como lo ha hecho durante más de 50 años [14].

Jornadas de trabajo

La empresa labora de lunes a viernes de 8:00 a 13:00 y de 14:00 a 17:00, teniendo un tiempo de descanso de 1 hora y ajustando así las 8 horas de trabajo diarias establecidas por la ley; además cuenta con un turno los días sábados del cual se hace uso en caso la demanda de trabajo lo requiera.

Selección del producto para estudio

Análisis ABC

Para la adecuada implementación de esta metodología se debe tener clara toda la información acerca de las diferentes calderas que la empresa construye y ofrece al mercado industrial; así como también contar con el historial de ventas de la empresa para un determinado período de tiempo establecido para el análisis [15].

Productos

La empresa dentro de su línea constructiva en el área de calderería produce equipos pirotubulares es decir los gases y humos provenientes de la combustión pasan a través de los tubos que se encuentran sumergidos en agua [16], la capacidad constructiva va desde calderas de 2 BHP siendo estas las de menor potencia, hasta equipos de 30 BHP como límite máximo constructivo de la empresa; vale la pena destacar que siguiendo al equipo de 2 BHP está el de 5 BHP y desde este la empresa aumenta la capacidad constructiva de 5 en 5 BHP de potencia hasta llegar al límite de 30 BHP.

Desde la caldera de 2 a 15 BHP son equipos verticales y de 20 BHP en adelante horizontales, esta clasificación ésta dada de acuerdo a la posición de los tubos de las calderas [16], a continuación se detalla de forma general las características de los equipos:

Caldera pirotubular 2 BHP

Descripción general

- Equipo completamente automático y de sencilla instalación.
- Construido con materiales que garantizan larga vida del equipo y seguridad.
- Sistema de combustión a gas.
- Equipo más pequeño de la serie GN.
- Sistema de protección en caso de fallo.
- Tablero eléctrico con repuestos de fácil adquisición en el mercado nacional.
- Cable de alimentación principal.
- Operación completamente segura.
- Tensión de operación 110 V.
- Válvula de seguridad.

Beneficios

- Sistema de combustión a gas.
- Alta eficiencia térmica.
- Baja emisión.
- Sencilla instalación.
- Aplicabilidad variada.
- Mantenimiento del equipo sencillo [14].

Calderas pirotubulares desde 5 BHP

Descripción general

- Equipos completamente automáticos.
- Protección contra fallo del equipo, precautelando la vida útil del mismo.
- Sistema de alarma en caso de fallo.
- Construidos con materiales que garantizan larga vida de los equipos y seguridad.
- Las calderas serie GN cuentan con quemadores automáticos a diésel marca Beckett.
- Control electrónico de llama.
- Tablero eléctrico con repuestos de fácil adquisición en el mercado nacional.
- Filtro para sistema de alimentación del combustible (diésel).

- Instrumentación de los equipos en marca Honeywell (a elección).
- Válvula de seguridad.

Beneficios

- Sistema de combustión a diésel (económico).
- Alta eficiencia térmica.
- Emisión controlada.
- Aplicabilidad variada.
- Alta superficie de calefacción [14].

Especificación del número serial de cada caldera

El número serial que la empresa maneja para cada caldera, es una metodología establecida para facilitar la identificación de cada equipo y también hace llevadero el manejo de un historial de ventas; el número de serie de todas las calderas se conforma de tres partes importantes las iniciales de la marca principal de la empresa Gilberto Narváez “GN” seguido de un punto como separador y un código numérico que va desde el “1001” al “1030” representando estas la caldera de 2 BHP y la de 30 BHP respectivamente ,tomadas estas para la explicación, siendo estos los equipos de menor y mayor potencia que la empresa construye; después del código numérico se usa un guion medio como separador seguido de las iniciales “LTJ” que corresponden a las iniciales de la frase Los Tres Juanes, haciendo referencia a una industria ambateña; la tabla expuesta a continuación es en base a datos y fotografías obtenidas del departamento administrativo de GN Industrial

Tabla 10. Número serial de identificación para cada caldera

| N° | N° SERIE | DESCRIPCIÓN |
|----|---------------|--|
| 1 | GN.1001 - LTJ | <p>Caldera vertical generadora de vapor 2BHP de potencia Combustible: GLP</p>  |
| 2 | GN.1005 - LTJ | <p>Caldera vertical generadora de vapor 5BHP de potencia. Combustible: Diesel</p>  |

Número serial de identificación para cada caldera (Continuación 1)

| Continuación | | |
|--------------|---------------|---|
| Nº | Nº SERIE | DESCRIPCIÓN |
| 3 | GN.1010 - LTJ | <p>Caldera vertical generadora de vapor 10BHP de potencia. Combustible: Diesel</p>  |
| 4 | GN.1015 - LTJ | <p>Caldera vertical generadora de vapor 15BHP de potencia. Combustible: Diesel</p>  |

Número serial de identificación para cada caldera (Continuación 2)

| Continuación | | |
|--------------|---------------|---|
| N° | N° SERIE | DESCRIPCIÓN |
| 5 | GN.1020 - LTJ | <p>Caldera horizontal generadora de vapor 20BHP de potencia. Combustible: Diesel</p>  |
| 6 | GN.1025 - LTJ | <p>Caldera horizontal generadora de vapor 25BHP de potencia. Combustible: Diesel</p>  |

Número serial de identificación para cada caldera (Continuación 3)

| Continuación | | |
|--------------|---------------|--|
| N° | N° SERIE | DESCRIPCIÓN |
| 7 | GN.1030 - LTJ | <p>Caldera horizontal generadora de vapor 30BHP de potencia. Combustible: Diesel</p>  |

Ya conocido el número serial y más detalles de las calderas que la empresa construye y oferta al mercado, el siguiente paso a seguir para la aplicación del análisis ABC es conocer el histórico de ventas de los equipos; tal como se muestra a continuación.

Histórico de ventas

La tabla 5 muestra de manera compacta el historial de ventas correspondiente al año 2018 y 2019, definiendo las ventas totales de cada equipo en los dos años y también el precio establecido para los mismos. El anexo 6 muestra los historiales de ventas facilitados por la empresa.

Tabla 11. Histórico de ventas calderas de vapor año 2018 – 2019.

| N° | N° SERIE | UNIDADES VENDIDAS | COSTO POR UNIDAD |
|----|---------------|-------------------|------------------|
| 1 | GN.1001 - LTJ | 19 | 1800 |
| 2 | GN.1005 - LTJ | 5 | 4200 |
| 3 | GN.1010 - LTJ | 3 | 8200 |
| 4 | GN.1015 - LTJ | 1 | 12000 |
| 5 | GN.1020 - LTJ | 1 | 16200 |
| 6 | GN.1025 - LTJ | 0 | 21300 |
| 7 | GN.1030 - LTJ | 0 | 24700 |

Es notable que cada producto contribuye con un rango distinto de ingresos para la empresa, de ahí que es necesaria la realización de un análisis más detallado donde se considera otros factores importantes con el fin de determinar la caldera generadora de vapor de mayor demanda y de mayor beneficio económico para la empresa.

Análisis ABC para la caldera generadora de vapor de mayor demanda

El análisis ABC para este caso en particular se aplica con la finalidad de determinar el producto de mayor impacto, es decir, aquella caldera que tiene un valor bastante representativo para la empresa; vale destacar que la caldera generadora de vapor de mayor impacto no necesariamente es la de mayor costo o la que presenta más unidades vendidas; el producto de mayor impacto es aquel que genera más ganancias para la empresa. Aunque en muchas ocasiones el producto de mayor impacto si es aquel que presenta mayor demanda [17].

Este análisis da inicio a partir del historial de ventas del año 2018 y 2019.

Ya basado en dicho historial, se parte de la obtención del porcentaje de participación monetaria de todos los productos fabricados por la empresa, para este caso calderas; esto en base a la ecuación 6 [17].

$$\% \text{ participación} = \frac{100}{\# \text{ de artículos}} \quad (6)$$

$$\% \text{ participación} = \frac{100}{7}$$

$$\% \text{ participación} = 14,29$$

Posterior al porcentaje de participación es el cálculo de la valorización de cada producto a través de la ecuación 7, ya conocida la valorización se procede a calcular el porcentaje de consumo que ha presentado cada caldera en los años 2018 y 2019 apoyándose en la ecuación 8 [18].

$$\text{Valorización} = \text{precio por unidad} * \text{ventas "en el período analizado"} \quad (7)$$

$$\% \text{ de consumo} = \frac{\text{Valorización} * 100}{\Sigma \text{Valorización}} \quad (8)$$

Tabla 12. Valorización, porcentaje de participación y de consumo por cada caldera generadora de vapor

| N° | N° SERIE | Valorización | % de participación | % de consumo |
|----|---------------|--------------|--------------------|--------------|
| 1 | GN.1001 - LTJ | 34200 | 14,29 | 31,67 |
| 2 | GN.1005 - LTJ | 21000 | 14,29 | 19,44 |
| 3 | GN.1010 - LTJ | 24600 | 14,29 | 22,78 |
| 4 | GN.1015 - LTJ | 12000 | 14,29 | 11,11 |
| 5 | GN.1020 - LTJ | 16200 | 14,29 | 15,00 |
| 6 | GN.1025 - LTJ | 0 | 14,29 | 0,00 |
| 7 | GN.1030 - LTJ | 0 | 14,29 | 0,00 |
| | Total | 108000 | | |

Una vez obtenidos los valores de porcentaje de consumo se ordenan estos de manera descendente (mayor a menor) y posterior se aplica las ecuaciones 9 y 10 para obtener el porcentaje de participación acumulada y porcentaje de consumo acumulado respectivamente [18].

$$\% \text{ participación acumulado} = \% \text{ participación acumulado}_{i-1} + \% \text{ de participación acumulado}_i \quad (9)$$

$$\% \text{ consumo acumulado} = \% \text{ consumo acumulado}_{i-1} + \% \text{ consumo acumulado}_i \quad (10)$$

Ya obtenidos todos los valores mediante la utilización del software Excel se presenta la siguiente tabla:

Tabla 13. Clasificación ABC

| N° | N° SERIE | Valorización | % de participación | % de participación acumulado | % de consumo | % de consumo acumulado | Clase | % |
|----|---------------|---------------|--------------------|------------------------------|--------------|------------------------|-------|-------|
| 1 | GN.1001 - LTJ | 34200 | 14,29 | 14,29 | 31,67 | 31,67 | A | 73,89 |
| 3 | GN.1010 - LTJ | 24600 | 14,29 | 28,58 | 22,78 | 54,45 | A | |
| 2 | GN.1005 - LTJ | 21000 | 14,29 | 42,87 | 19,44 | 73,89 | A | |
| 5 | GN.1020 - LTJ | 16200 | 14,29 | 57,16 | 15 | 88,89 | B | 15 |
| 4 | GN.1015 - LTJ | 12000 | 14,29 | 71,45 | 11,11 | 100 | C | 11,11 |
| 6 | GN.1025 - LTJ | 0 | 14,29 | 85,74 | 0 | 100 | C | |
| 7 | GN.1030 - LTJ | 0 | 14,29 | 100,03 | 0 | 100 | C | |
| | Total | 108000 | | | | | | 100 |

Resumen del análisis ABC

Realizada la clasificación de las calderas generadoras de vapor bajo el criterio A, B y C; se muestra a continuación una tabla resumen del estudio.

Tabla 14. Resumen estudio ABC

| Clase | Cantidad de productos | % de consumo | Ventas por clase (\$) |
|--------------|-----------------------|----------------|-----------------------|
| A | 3 | 73,89% | 79800 |
| B | 1 | 15% | 16200 |
| C | 3 | 11,11% | 12000 |
| Total | 7 | 100,00% | 108000 |

- Las calderas de clase A presentan un porcentaje de consumo para los años analizados igual a 73,89%
- Las calderas de clase B presentan un porcentaje de consumo para los años analizados igual a 15%
- Las calderas de clase C presentan un porcentaje de consumo para los años analizados igual a 11%

En base a este análisis se puede mencionar que a menudo un pequeño número de partidas de un conjunto de productos representan el máximo valor. La misma observación se puede ampliar diciendo que entre todas las actividades o productos que se realizan en una fábrica determinada, un pequeño número representa la mayor parte del costo o del beneficio, o el mayor porcentaje de desechos [7].

Este análisis en particular obtiene tres productos que la empresa construye y son estos los cuales representan el mayor beneficio para la organización.

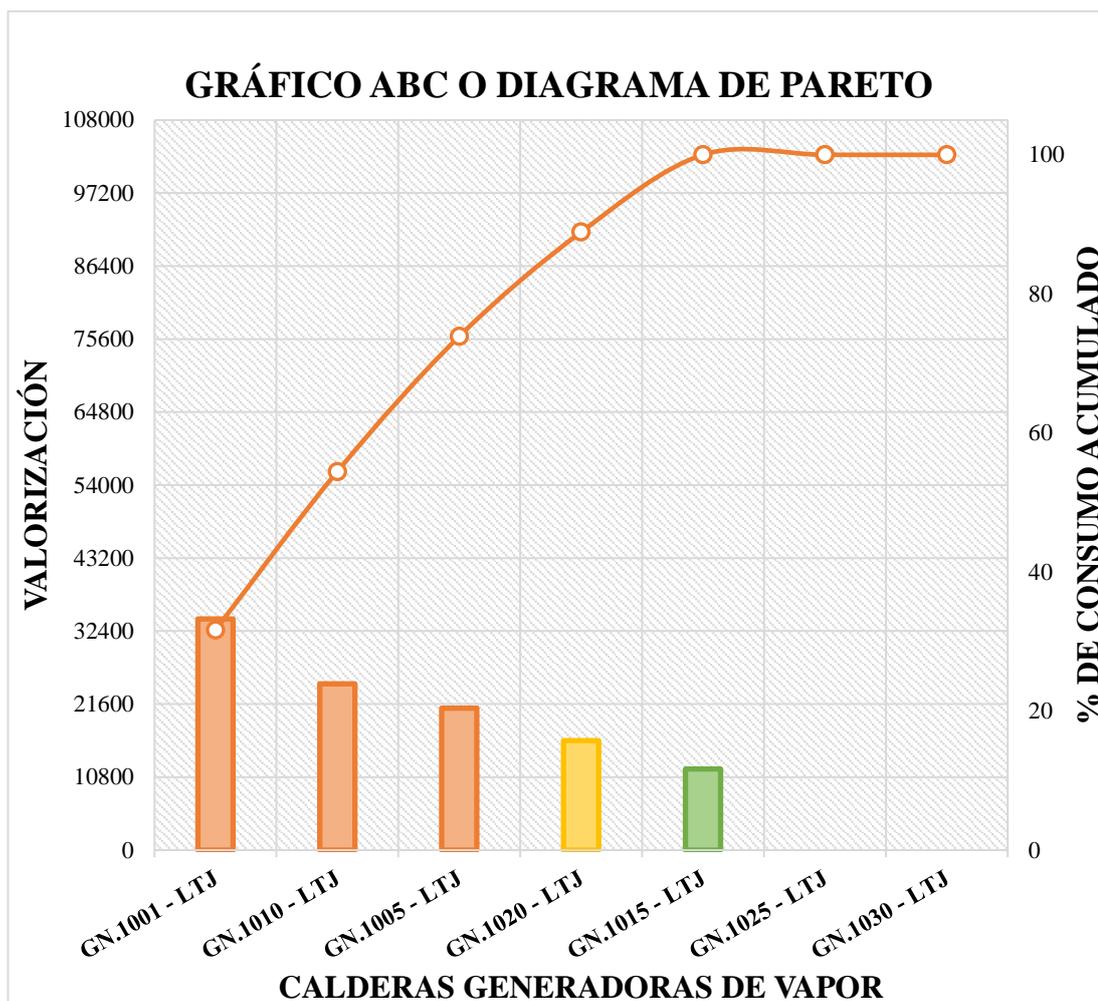


Figura 9. Gráfico ABC o Diagrama de Pareto

De la tabla 13 y la figura 9 cabe deducir que solo tres productos, enumerados como A representan exactamente el 73,89% de los beneficios. Estos son los más rentables y cualquier mejora en los métodos de producción de estos productos particulares se reflejaría marcadamente en los beneficios. Deberían constituir una prioridad para el estudio [7].

Para este caso específicamente de los tres productos enumerados como A se selecciona a continuación aquel de mayor prioridad, para sobre este aplicar mejoras en sus métodos de producción, ya que esto reflejara beneficios bastante marcados para la empresa.

Selección de la caldera generadora de vapor de mayor demanda

Ya clasificadas las calderas generadoras de vapor según las clases A, B y C se toman aquellas cuya clase es A, como se muestra en la tabla 15.

De las 7 diferentes calderas que oferta la empresa 3 son de clase A y significan el 73,89% del consumo correspondiente a los años 2018 y 2019, años para los que se realizó el estudio.

Tabla 15. Calderas generadoras de vapor clase A construidas por Gilberto Narváz
Mecánica y Electricidad Industrial

| N° | N° SERIE | Valorización | % de participación | % de participación acumulado | % de consumo | % de consumo acumulado | Clase | % |
|----|---------------|--------------|--------------------|------------------------------|--------------|------------------------|-------|-------|
| 1 | GN.1001 - LTJ | 34200 | 14,29 | 14,29 | 31,67 | 31,67 | A | 73,89 |
| 3 | GN.1010 - LTJ | 24600 | 14,29 | 28,58 | 22,78 | 54,45 | A | |
| 2 | GN.1005 - LTJ | 21000 | 14,29 | 42,87 | 19,44 | 73,89 | A | |

Para seleccionar la caldera que genera más ganancias para la empresa es necesario analizar los resultados de valorización de cada una de las tres calderas en busca de aquella que brinda mayor rédito económico a la empresa; para este caso en particular la caldera que genera mayor beneficio para la empresa o es el producto de mayor impacto corresponde al número serial GN.1001-LTJ con una valorización de 34200 dólares para el periodo de tiempo estudiado (años 2018-2019); esta presenta un porcentaje de consumo de 31,67% en el periodo de tiempo analizado.

Para este caso en particular la caldera o producto con mayor porcentaje de consumo coincide con ser el producto que mayor rédito económico deja a la empresa.

Tomando como base el análisis antes descrito; la caldera con número serial GN.1001-LTJ es el objeto de estudio del presente proyecto de investigación.

En la tabla 10 se muestra la caldera generadora de vapor correspondiente al número serial GN.1001-LTJ, de la cual como características principales se puede mencionar

que es un equipo de 2BHP de potencia que ocupa como combustible GLP y su tensión de funcionamiento es de 110V.

Registro del proceso de construcción de la caldera generadora de vapor serie

GN.1001 – LTJ

El registro del proceso de construcción inicia mediante la descripción del mismo en la figura 10 y 11, por área y de forma general respectivamente, a través de los diagramas de macro proceso; identificando así los procesos principales de construcción por área hasta concluir con la obtención de las diferentes partes que conforman la caldera generadora de vapor para su posterior ensamble también descrito en los diagramas.

Macro Proceso de construcción de la caldera generadora de vapor serie GN.1001 – LTJ (por área)

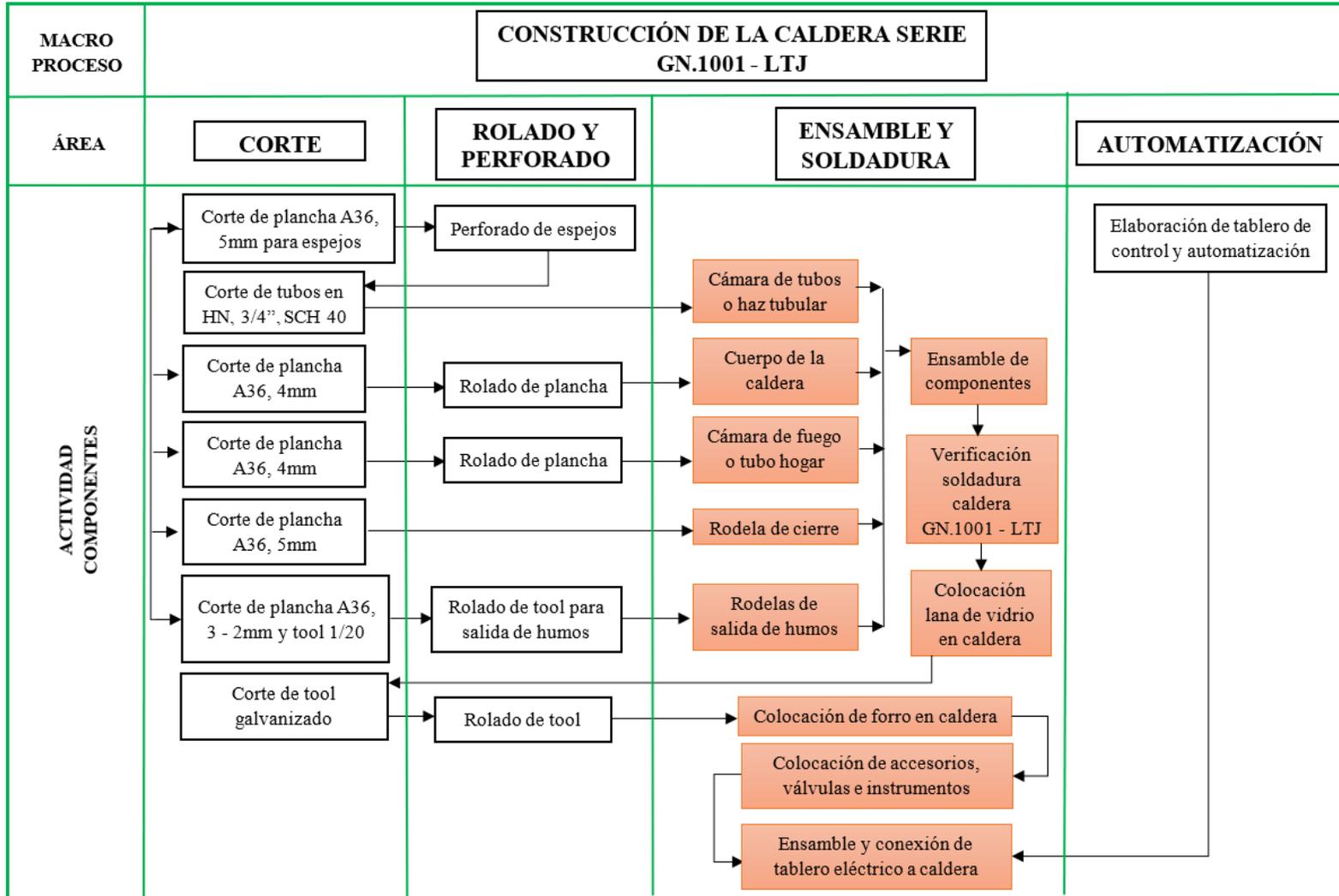


Figura 10. Macro Proceso de construcción caldera GN.1001 – LTJ (por área)

Macro Proceso de construcción de la caldera generadora de vapor serie GN.1001 – LTJ (general)

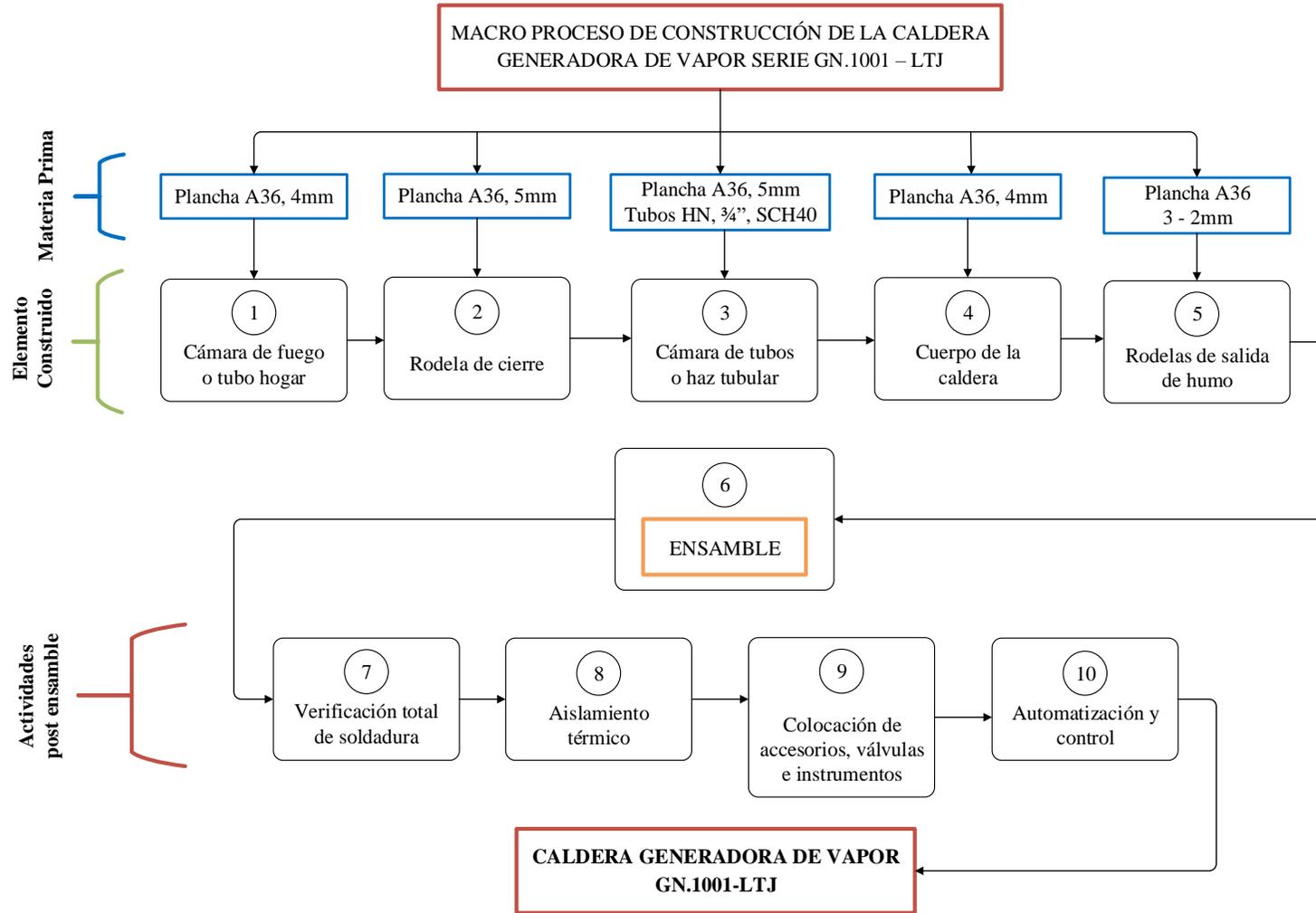


Figura 11. Macro Proceso de construcción caldera GN.1001 – LTJ (general)

Descripción general del proceso de construcción

La descripción del proceso de construcción se presenta por componente de la caldera, describiendo así de manera general el proceso que sigue cada uno de estos componentes para su posterior ensamble con la finalidad de obtener la caldera serie GN.1001 – LTJ.

Cámara de fuego o tubo hogar

En el área de corte se prepara la plancha de acero A36 de 4mm de espesor, luego esta es transportada al área de rolado y perforado donde mediante el uso de la roladora grande se genera el cilindro respectivo para después asegurar el cilindro a través de hilos cortos de suelda.



Figura 12. Rolado de plancha de acero A36 de 4mm de espesor



Figura 13. Cilindro de cámara de fuego asegurada con hilos cortos de suelda



Figura 14. Cámara de fuego de caldera GN.1001 - LTJ

Rodela de cierre entre tubo hogar cuerpo de la caldera

El proceso tiene inicio en el área de corte donde se pone a punto la plancha de acero A36 de 5mm de espesor de la cual se corta y obtiene la rodela, misma que después de ser cortada es limpiada minuciosamente de la escoria que el corte provoca en esta.



Figura 15. Rodela de cierre entre tubo hogar y cuerpo de la caldera

Cámara de tubos o haz tubular

El proceso de construcción da inicio en el área de corte a través del corte de los espejos en plancha de acero A36 de 5mm de espesor, para posterior ser trasladados al área de rolado y perforado donde estos son perforados en un solo cuerpo con broca de 28mm; después se prepara en el área de corte 31 tubos en hierro negro de $\frac{3}{4}$ ", sin costura y SCH 40, los tubos y espejos se ensamblan en el área de ensamble y soldadura formando un solo cuerpo denominado cámara de tubos.



Figura 16. Perforación de espejos



Figura 17. Espejos perforados en acero A36 de 5mm de espesor



Figura 18. Ensamble espejos y tubos



Figura 19. Cámara de tubos o haz tubular de caldera GN.1001 – LTJ

Cuerpo de la caldera

En el área de corte se prepara la plancha de acero A36 de 4mm de espesor, esta es transportada al área de rolado y perforado específicamente a la roladora grande para ahí ser rolada la plancha, después se extrae el cilindro de la roladora ya asegurado con hilos cortos de suelda y se lo transporta a ensamble y soldadura donde es sometido al proceso de soldadura final.



Figura 20. Rolado de plancha de acero A36, 4mm de espesor



Figura 21. Cilindro asegurado con hilos cortos de suelda



Figura 22. Proceso final de soldadura de cuerpo de la caldera

Rodelas de salida de humos (fija y extraíble)

Estos componentes específicamente están hechos en planchas de acero A36 de 3mm y 2mm de espesor respectivamente, de ahí que su proceso tiene inicio en el área de corte donde se obtiene ambas rodelas en sus respectivas planchas, para después hacer de estas un solo cuerpo con puntos de suelda sencillos y proceder a perforar ambas (8 agujeros) con la broca de 1/4"; a continuación se prepara un retazo de tool de 1/20 o

1,10mm de espesor para de este obtener la salida de humos, se transporta el retazo de tool al área de rolado y perforado donde con la ayuda de la roladora pequeña se genera el cilindro mismo que después se fija en la rodela extraíble.



Figura 23. Rodela fija de salida de humos



Figura 24 Rodela extraíble de salida de humos

Ensamble de componentes construcción caldera GN.1001 – LTJ

El ensamble es uno de los más importantes procesos dentro de la construcción de la caldera; a continuación se expone de forma bastante general lo que este conlleva; da inicio a partir de la colocación y apuntado de la rodela de cierre en la parte baja de la cámara de fuego, específicamente a ras de piso, posterior a esto se eleva la cámara de tubos o haz tubular con ayuda del tecele para centrarla sobre la cámara de fuego, es decir el espejo inferior del haz tubular se coloca sobre la cámara de fuego y se fija a través de la soldadura; ya cuando consta en un solo cuerpo la cámara de fuego y tubos se eleva todo esto para colocarlo de forma horizontal y poder tener acceso al hilo vertical de cierre de la cámara de fuego para así soldarlo de forma definitiva; se procede después a la soldadura final de la rodela de cierre contra la cámara de fuego, ya realizado esto ahora se eleva con el tecele el cuerpo de la caldera para ya ensamblarlo con la cámara de fuego, haz tubular y rodela de cierre ya una vez ensamblado el cuerpo de la caldera con el resto de componentes se procede a soldarlo contra la rodela de cierre y contra el espejo superior de la cámara de tubos; el proceso siguiente es la soldadura de la rodela fija de salida de humos contra el cuerpo de la caldera en la parte superior. Ya realizado todo lo antes descrito es importante ahora elevar todos los componentes hasta ahora ensamblados para colocar todo de forma horizontal y ya allí se procede al ensamble de la bancada o patas de la caldera; con el quipo colocado de forma horizontal se raya y corta sobre el cuerpo de la caldera los agujeros necesarios para la colocación de neplos y visor de llama del equipo; esto último implica la colocación de neplos escuadrándolos para después soldarlos de manera definitiva.



Figura 25. Soldadura de rodela de cierre contra cámara de fuego



Figura 26. Soldadura de espejo inferior de haz tubular contra cámara de fuego



Figura 27. Cuerpo de la caldera acoplado a haz tubular, cámara de fuego y rodela de cierre



Figura 28. Elaboración de agujeros para colocación de neplos y visor en cuerpo de la caldera



Figura 29. Colocación y escuadrado de nepllos en cuerpo de la caldera



Figura 30. Nepllos escuadrados y apuntados en agujeros de cuerpo de la caldera



Figura 31. Agujero realizado en cámara de fuego para colocación de visor de llama



Figura 32. Estructura de caldera generadora de vapor GN.1001 - LTJ

Verificación total de soldadura

El presente proceso tiene como finalidad el verificar la calidad y correcto desempeño de absolutamente toda la soldadura presente en la estructura de la caldera y para ello se taponan 7 de los 8 neoplos de la estructura, el octavo neoplo se utiliza para llenar la caldera de agua hasta aproximadamente la mitad de su capacidad y en este mismo neoplo se coloca el regulador de presión a través del cual se ingresa a la estructura aire comprimido hasta una presión de 120 psi esto se realiza con la ayuda de un compresor; posterior se prepara espuma de jabón y una brocha, con estos se verifica absolutamente

todos los hilos de suelda de la estructura, revisando así que no exista fugas que a siempre vista serian imperceptibles; una vez verificado el buen estado y correcto desempeño de los hilos de suelda se deja cargada la estructura con los 120 psi y agua por un lapso de dos horas con la finalidad que después de estas dos horas la presión en el interior de la estructura no haya disminuido indicando así la no existencia de fugas, ya transcurridas las dos horas se extrae el aire comprimido se retira los tapones y se saca el agua de la estructura de la caldera.

Aislamiento térmico

Colocación de lana de vidrio y forro con tool galvanizado

El proceso da inicio con la preparación y corte de la lana de vidrio, de acuerdo a la longitud necesaria para cubrir en totalidad la estructura de la caldera, posterior se coloca la lana de vidrio alrededor de la estructura, asegurándose de cubrirla completamente y se la asegura con cintas contra la estructura. Sobre la lana de vidrio se debe colocar el forro de tool galvanizado, mismo que es cortado de la longitud requerida con la finalidad de que cubra en totalidad la estructura; se realiza en el tool los cortes pertinentes para cada uno de los 8 neplos de la estructura y el visor de llama, se transporta el tool del área de corte a rolado y perforado para en la roladora generar el cilindro respectivo, una vez ya realizado se coloca éste sobre la estructura de la caldera y se lo fija temporalmente con cintas y después se lo remacha; sobre cada uno de los agujeros realizados en el tool para los neplos se coloca parches y también se los remacha; cabe destacar que el proceso constructivo de los parches no es registrado a pesar de ser elaborados por la empresa también, esto debido a que se cuenta con un gran stock de estos en bodega.



Figura 33. Colocación de lana de vidrio sobre estructura de caldera



Figura 34. Parches de tool antes de ser pintados



Figura 35. Estructura de la caldera con aislamiento térmico total

Colocación de accesorios válvulas e instrumentos

Sobre la estructura ya forrada, se coloca en los neplos respectivos los accesorios necesarios para fijar el visor de nivel, lo que implica también la verificación de ajuste del tubo visor, posterior se coloca los accesorios para fijar el McDonnell mismo que también es construido por GN INDUSTRIAL, pero su proceso de construcción no es registrado debido a que se tiene un gran stock de este equipo en bodega; ya fijado el McDonnell se procede a la colocación de las dos válvulas de purga en la parte baja de la caldera, después se coloca el manifold accesorio también construido por la empresa pero del cual no se registra su proceso constructivo ya que se cuenta con un gran stock de este equipo en bodega, ya fijado el manifold se coloca en este dos tubos sifones (colitas de chanco) en las cuales se ubica un presostato y manómetro respectivamente; posterior se coloca la válvula de alivio de la caldera, siempre necesaria por seguridad. Se eleva la caldera con el tecele y se adapta la hornilla a la cámara de fuego del equipo y después se prepara dos cañerías de cobre que se utilizaran para el transporte de gas y funcionamiento del sistema.



Figura 36. McDonnell y accesorios para fijar visor de nivel



Figura 37. McDonnell y visor de nivel



Figura 38. Válvulas de purga de la caldera



Figura 39. Tubo sifón o colita de chancho



Figura 40. Manifold con colitas de chancho



Figura 41. Manifold, tubos sifones, presostato y manómetro



Figura 42. Válvula de alivio para caldera



Figura 43. Hornilla de caldera GN.1001 - LTJ



Figura 44. Cañerías por moldear necesarias para transporte de GLP

Automatización y control

De bodega se selecciona el gabinete eléctrico adecuado para la caldera en el cual se realiza tres perforaciones mismas que sirven para más adelante fijarlo al tool galvanizado del forro de la caldera, posterior se adapta la válvula de gas al gabinete eléctrico para después fijar todo el gabinete al forro de la caldera. Se prepara y corta la canaleta ranurada en donde irán los cables de alta tensión y las cañerías de transporte de gas, ya cortada esta es colocada y fijada al forro de la caldera; dentro de la canaleta ranurada se colocan las cañerías para transporte de gas y también los cables de alta tensión, se acopla las cañerías a la válvula de gas respectivamente según corresponda cada una de estas y se acierta los cables de alta tensión en los electrodos de la hornilla; posterior se trabaja sobre la placa extraíble del gabinete en la cual se acopla y fija un termostato y sobre esta también se realiza la automatización del equipo para después todo esto acoplar al gabinete eléctrico y por ende a la caldera; ya realizada la automatización ahora se instala el tanque de abastecimiento de agua de la caldera mismo que también es construido por la empresa pero no se registra su proceso de construcción ya que se cuenta con un gran stock de estos en bodega. Posterior se realiza el conexionado de todos los instrumentos fijados con anterioridad en la caldera y que deben ser conectados al tablero eléctrico de control como por ejemplo McDonnell, presostato, Bomba de abastecimiento, cables de alta tensión. Una vez lista ya la caldera generadora de vapor GN.1001 – LTJ se realiza la prueba total de funcionamiento y después se coloca en el equipo el logotipo empresarial, placa técnica de la caldera, etiqueta, señalética para gabinete eléctrico y por último se embala la caldera.



Figura 45. Válvula de gas con bobinas acoplada a gabinete eléctrico



Figura 46. Canaleta ranurada, cables de alta tensión y cañerías de transporte de GLP

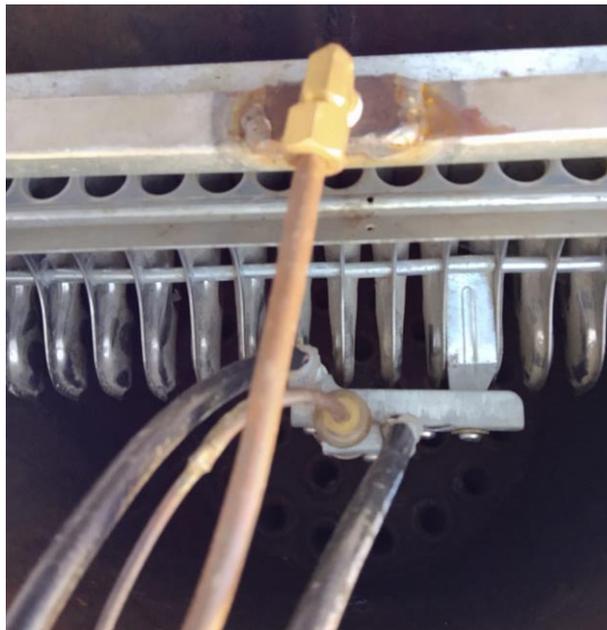


Figura 47. Hornilla con cables de alta tensión en electrodos y cañerías de transporte de GLP



Figura 48. Proceso de automatización de la caldera GN.1001 – LTJ



Figura 49. Instalación de tanque de abastecimiento y prueba del sistema



Figura 50. Caldera Generadora de vapor de 2BHP de potencia serie GN.1001 – LTJ

Registro de los hechos

Cursogramas sinópticos de los componentes

Esta etapa permite ver de una manera general el proceso o actividad antes de emprender su estudio detallado [7].

Cursogramas analíticos de los componentes

Es el que permite conocer la trayectoria de un producto o procedimiento señalando todos los hechos sujetos a examen mediante el símbolo que corresponda; específicamente en el cursograma de material se registra como se manipula o trata el material [7].

Examen con espíritu crítico de las actividades

Es importante determinar aquellas actividades que corresponden a productivas y no productivas, para el presente estudio esto se expone en los cursogramas analíticos correspondientes a cada componente, logrando así clasificar a cada una de las actividades como productiva o no productiva según corresponda.

- **Cámara de fuego o tubo hogar**

Tabla 16. Cursograma sinóptico de la construcción de la cámara de fuego

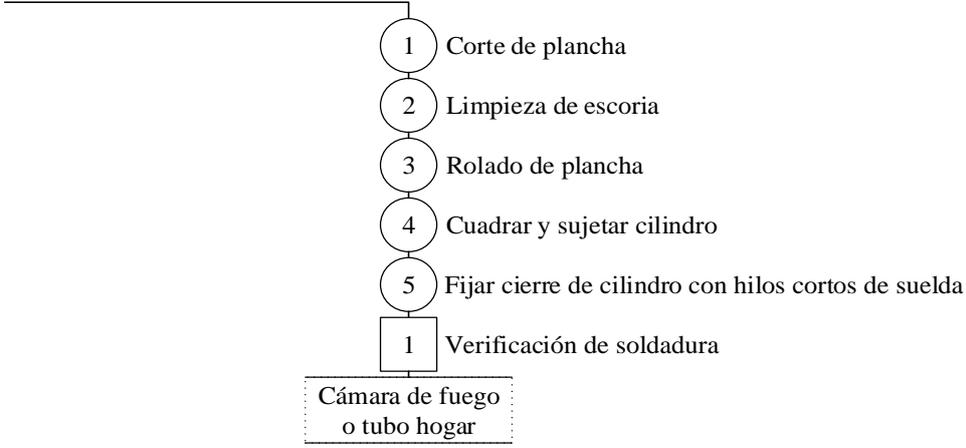
| | | | |
|---|---|--|--|
|  | | CURSOGRAMA SINÓPTICO | |
| CÁMARA DE FUEGO O TUBO HOGAR | | | |
| Diagrama N° 1 | Hoja: 1 de 1 | Método: Actual / Propuesto | |
| Realizado por: Fabricio Regalado | Revisado por: Sr. Gilberto Narváez | Aprobado por: Ing. Franklin Tigre | |
| <p>Plancha acero A36 de 4mm de espesor</p>  <pre> graph TD A[Plancha acero A36 de 4mm de espesor] --> B((1 Corte de plancha)) B --> C((2 Limpieza de escoria)) C --> D((3 Rolado de plancha)) D --> E((4 Cuadrar y sujetar cilindro)) E --> F((5 Fijar cierre de cilindro con hilos cortos de suelda)) F --> G[1 Verificación de soldadura] G --> H[Cámara de fuego o tubo hogar] </pre> | | | |

Tabla 17. Cursograma analítico de la construcción de la cámara de fuego

| CURSOGRAMA ANALÍTICO | | | | OPERARIO/MATERIAL/EQUIPO | | | | | | | |
|----------------------|--|---------------------------|-------------------------|--------------------------|-------|--------|-----------|---|----------------------|--|-------------------|
| Diagrama N° 1 | | Hoja N° 1 / 2 | | ACTIVIDAD | | Actual | Propuesto | | | | |
| Producto | Cámara de fuego o tubo hogar | Operación ○ | | | | 5 | | | | | |
| | | Transporte → | | | | 3 | | | | | |
| Actividad | Construcción cámara de fuego o tubo hogar | Espera D | | | | 6 | | | | | |
| | | Inspección □ | | | | 1 | | | | | |
| Lugar | Empresa GN Industrial | Almacenamiento ▽ | | | | 1 | | | | | |
| | | Distancia (metros) | | | | 18,50 | | | | | |
| Método | Actual | | Tiempo (minutos) | | 90,96 | | | | | | |
| Descripción | | Distancia (m) | Tiempo (min) | Símbolo | | | | | Observaciones | Act. | |
| | | | | ○ | → | D | □ | ▽ | | | Productiva |
| N. | Cámara de fuego | | | | | | | | | | |
| 1 | Almacenamiento de materia prima | | - | - | | | | | ● | Plancha de acero A36 de 4mm de espesor | x |
| 2 | Transporte a corte | | 6,10 | 3,01 | | | | | ● | Manual, 1 uds | x |
| 3 | Se corrobora medida espejo inferior para cálculo de perímetro del mismo. Ø espejo inferior = 0,35m | | | 4,08 | | | | | ● | Perímetro de espejo inferior = longitud a cortar en la plancha | x |
| 4 | Preparación de herramientas medición/trazado | | | 9,27 | | | | | ● | | x |
| 5 | Corte de plancha | | | 11,66 | | | | | ● | 1,10m x 0,40m | x |
| 6 | Limpieza de escoria | | | 2,66 | | | | | ● | Efecto del corte | x |
| 7 | Transporte de plancha a área de rolado y perforado | | 8,20 | 1,31 | | | | | ● | | x |
| 8 | Preparación y colocación de plancha en máquina roladora | | | 5,31 | | | | | ● | | x |
| 9 | Rolado de plancha | | | 27,09 | | | | | ● | | x |

Cursograma analítico de la construcción de la cámara de fuego (Continuación 1)

| Diagrama N° 1 | | Hoja N° 2 /2 | | | | | Continuación | | | | |
|---------------|---|---------------|--------------|---------|---|---|--------------|---|---------------------------------|------------|---------------|
| Descripción | | Distancia (m) | Tiempo (min) | Símbolo | | | | | Observaciones | Act. | |
| | | | | ○ | ➔ | ⊖ | □ | ▽ | | Productiva | No Productiva |
| 10 | Preparación de soldadora, electrodos y EPP | | 8,38 | | | ● | | | | | x |
| 11 | Se cuadra y sujeta el cilindro ya formado para generar un adecuado cierre del mismo | | 3,34 | ● | | | | | Se sujeta con pinzas de presión | x | |
| 12 | Se fija el cierre del cilindro con hilos cortos de soldadura no constantes | | 4,19 | ● | | | | | SMAW, electrodos E-6011 | x | |
| 13 | Verificación de soldadura | | 0,99 | | | | | ● | | | x |
| 14 | Preparación de máquina roladora para sacar cilindro de la misma | | 2,45 | | | ● | | | Tubo hogar | | x |
| 15 | Se extrae el cilindro de la máquina roladora | | 0,96 | | | ● | | | Sogas | | x |
| 16 | Transporte a área de ensamble/soldadura | 4,20 | 6,26 | | ● | | | | Tecla de pluma y sogas | | x |

- **Rodela de cierre**

Tabla 18. Cursograma sinóptico de la construcción de la rodela de cierre

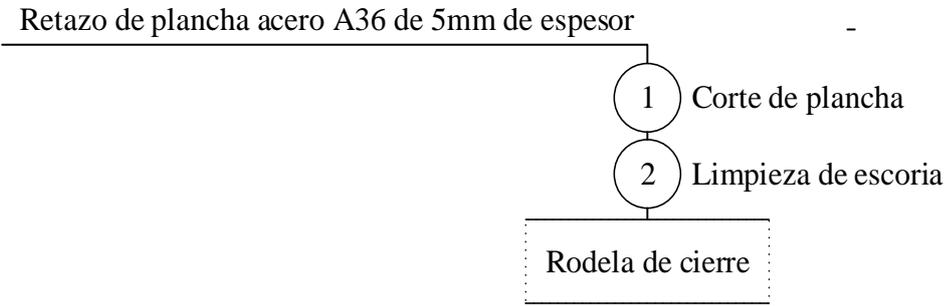
| | | | |
|--|---|--|--|
|  | | CURSOGRAMA SINÓPTICO | |
| RODELA DE CIERRE (tubo hogar y cuerpo de la caldera) | | | |
| Diagrama N° 2 | Hoja: 1 de 1 | Método: Actual / Propuesto | |
| Realizado por: Fabricio Regalado | Revisado por: Sr. Gilberto Narváez | Aprobado por: Ing. Franklin Tigre | |
| <p>Retazo de plancha acero A36 de 5mm de espesor</p>  | | | |

Tabla 19. Cursograma analítico de la construcción de la rodela de cierre

| CURSOGRAMA ANALÍTICO | | | | OPERARIO/MATERIAL/EQUIPO | | | | | | | | |
|----------------------|--|---------------|--------------|---------------------------|---|--------|-----------|---|---|------------|---------------|---|
| Diagrama N° 2 | | Hoja N° 1 / 1 | | ACTIVIDAD | | Actual | Propuesto | | | | | |
| Producto | Rodela de cierre: -Cierre entre tubo hogar y cuerpo de la caldera | | | Operación ○ | | 2 | | | | | | |
| | | | | Transporte → | | 2 | | | | | | |
| Actividad | Elaboración rodela de cierre entre tubo hogar y cuerpo de la caldera | | | Espera D | | 4 | | | | | | |
| | | | | Inspección □ | | 0 | | | | | | |
| Lugar | Empresa GN Industrial | | | Almacenamiento ▽ | | 1 | | | | | | |
| | | | | Distancia (metros) | | 11,80 | | | | | | |
| Método | Actual | | | Tiempo (minutos) | | 41,72 | | | | | | |
| Descripción | | Distancia (m) | Tiempo (min) | Símbolo | | | | | Observaciones | Act. | | |
| | | | | ○ | → | D | □ | ▽ | | Productiva | No Productiva | |
| N. | Rodela de cierre | | | | | | | | | | | |
| 1 | Almacenamiento de materia prima | - | - | | | | | | Retazo de plancha A36 5mm espesor | | | x |
| 2 | Se corrobora Ø de cuerpo de la caldera Ø cuerpo de la caldera = 0,40m | | 1,55 | | | | | | Rodela sobrepasa 3cm a cada lado a cuerpo de la caldera | | | x |
| 3 | Selección del retazo de plancha adecuado | | 2,95 | | | | | | | | | x |
| 4 | Transporte a corte | 6,10 | 2,67 | | | | | | Manual, 1 uds | | | x |
| 5 | Se corrobora Ø de cámara de fuego Ø de cámara de fuego = 0,35m | | 1,52 | | | | | | Ø de cámara de fuego = Ø interno de rodela | | | x |
| 6 | Preparación de herramientas medición/trazado | | 14,04 | | | | | | | | | x |
| 7 | Corte de plancha | | 15,74 | | | | | | Ø ext: 0,46m Ø int: 0,35m | x | | |
| 8 | Limpieza de escoria | | 2,43 | | | | | | Efecto del corte | x | | |
| 9 | Transporte al área de ensamble/soldadura | 5,70 | 0,82 | | | | | | | | | x |

- **Cámara de tubos o haz tubular**

Tabla 20. Cursograma sinóptico de la cámara de tubos o haz tubular

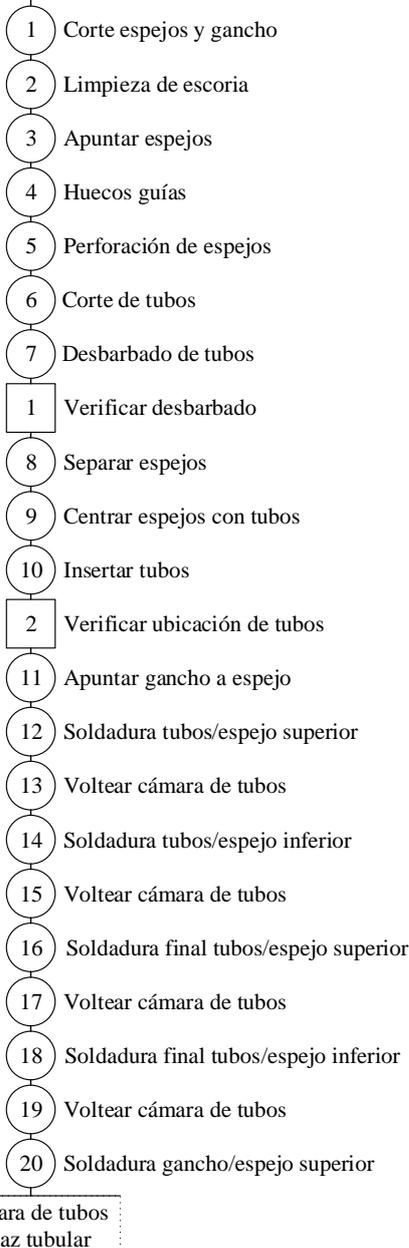
| | | |
|--|---|--|
|  | CURSOGRAMA SINÓPTICO | |
| CÁMARA DE TUBOS O HAZ TUBULAR | | |
| Diagrama N° 3 | Hoja: 1 de 1 | Método: Actual / Propuesto |
| Realizado por: Fabricio Regalado | Revisado por: Sr. Gilberto Narváez | Aprobado por: Ing. Franklin Tigre |
| <p>Plancha acero A36 de 5mm de espesor Plancha acero A36 de 10mm de espesor</p>  <ol style="list-style-type: none"> 1 Corte espejos y gancho 2 Limpieza de escoria 3 Apuntar espejos 4 Huecos guías 5 Perforación de espejos 6 Corte de tubos 7 Desbarbado de tubos 8 Verificar desbarbado 9 Separar espejos 10 Centrar espejos con tubos 11 Insertar tubos 12 Verificar ubicación de tubos 13 Apuntar gancho a espejo 14 Soldadura tubos/espejo superior 15 Voltear cámara de tubos 16 Soldadura tubos/espejo inferior 17 Voltear cámara de tubos 18 Soldadura final tubos/espejo superior 19 Voltear cámara de tubos 20 Soldadura final tubos/espejo inferior 21 Voltear cámara de tubos 22 Soldadura gancho/espejo superior <p>Cámara de tubos o haz tubular</p> | | |

Tabla 21. Cursograma analítico de la construcción de la cámara de tubos

| CURSOGRAMA ANALÍTICO | | | | OPERARIO/MATERIAL/EQUIPO | | | | | | | | | |
|----------------------|--|--------------------|--------------|--------------------------|---------|--------|-----------|---|---|------------|---------------|--|---|
| Diagrama N° 3 | | Hoja N° 1 / 3 | | ACTIVIDAD | | Actual | Propuesto | | | | | | |
| Producto | Cámara de tubos o haz tubular | Operación | | ○ | 20 | | | | | | | | |
| | | Transporte | | ⇒ | 4 | | | | | | | | |
| Actividad | Construcción cámara de tubos o haz tubular | Espera | | D | 6 | | | | | | | | |
| | | Inspección | | □ | 2 | | | | | | | | |
| Lugar | Empresa GN Industrial | Almacenamiento | | ▽ | 1 | | | | | | | | |
| | | Distancia (metros) | | | 26,40 | | | | | | | | |
| Método | Actual | Tiempo (minutos) | | | 1177,31 | | | | | | | | |
| N. | Descripción | Distancia (m) | Tiempo (min) | Símbolo | | | | | Observaciones | Act. | | | |
| | | | | ○ | ⇒ | D | □ | ▽ | | Productiva | No Productiva | | |
| 1 | Almacenamiento de materia prima | - | - | | | | | | | | | | |
| 2 | Transporte a corte | 6,10 | 6,36 | | | | | | Plancha de acero A36 de 5mm de espesor | | | | x |
| 3 | Preparación de herramientas medición/trazado | | 35,98 | | | | | | Manual, 1 uds espejos y gancho | | | | x |
| 4 | Corte de espejos y gancho | | 25,43 | | | | | | Gancho en plancha de acero A36 de 10mm de espesor | x | | | |
| 5 | Limpieza de escoria | | 4,35 | | | | | | Efecto del corte | x | | | |
| 6 | Apuntar espejos uno sobre otro | | 3,60 | | | | | | MIG | x | | | |
| 7 | Trazado de guías para ubicación de tubos | | 21,80 | | | | | | | x | | | |
| 8 | Realización de huecos guías sobre espejos | | 30,85 | | | | | | 31 huecos guía con broca de ¼" | x | | | |
| 9 | Transporte de espejos a área de rolado y perforado | 7,30 | 1,34 | | | | | | Manual, 1 par de espejos. | | | | x |
| 10 | Preparación de taladro de columna | | 8,80 | | | | | | | | | | x |

Cursograma analítico de la construcción de la cámara de tubos (Continuación 1)

| Diagrama N° 3 | | Hoja N° 2 / 3 | | | | | Continuación | | | | | |
|------------------------------|--|---------------|--------------|---------|---|---|--------------|---|---------------|---|---------------|---|
| Descripción | | Distancia (m) | Tiempo (min) | Símbolo | | | | | Observaciones | Act. | | |
| | | | | ○ | ➔ | D | □ | ▽ | | Productiva | No Productiva | |
| 11 | Perforado de espejos | | 378,57 | ● | | | | | | 31 perforaciones en acero A36 10mm de espesor | x | |
| 12 | Desmontaje de espejos y limpieza de taladro de columna | | 11,06 | | | ● | | | | | | x |
| 13 | Transporte de espejos área de corte | 7,30 | 1,33 | | | ● | | | | | | x |
| Tubos | | | | | | | | | | | | |
| 14 | Preparación de herramientas | | 10,41 | | | | | ● | | Medición tubos | | x |
| 15 | Corte de tubos de 40cm de longitud | | 42,57 | ● | | | | | | 31 uds, HN, 3/4", sin costura, SCH 40 | x | |
| 16 | Desbarbado de tubos | | 42,66 | ● | | | | | | 31 uds por ambos lados | x | |
| 17 | Verificar calidad de desbarbado en tubos | | 9,64 | | | | | ● | | | | x |
| Ensamble espejo/tubos | | | | | | | | | | | | |
| 18 | Separar espejos uno del otro | | 1,31 | ● | | | | | | Puliendo puntos de suelda | x | |
| 19 | Centrar espejos insertando tubos guías | | 15,22 | ● | | | | | | Apuntado 4 tubos | x | |
| 20 | Insertar el resto de tubos y apuntar | | 28,56 | ● | | | | | | MIG, 27 uds, apuntadas a ambos lados contra espejos | x | |
| 21 | Verificar adecuada ubicación de los tubos en relación a los espejos. | | 2,91 | | | | | ● | | | | x |

Cursograma analítico de la construcción de la cámara de tubos (Continuación 2)

| Diagrama N° 3 | | Hoja N° 3 / 3 | | | | | Continuación | | | | |
|---------------|---|---------------|--------------|---------|---|---|--------------|---|--------------------------------|------------|---------------|
| Descripción | | Distancia (m) | Tiempo (min) | Símbolo | | | | | Observaciones | Act. | |
| | | | | ○ | ➔ | D | □ | ▽ | | Productiva | No Productiva |
| 22 | Apuntar gancho sobre espejo superior | | 3,15 | ● | | | | | MIG, En el centro del espejo | x | |
| | Soldadura | | | | | | | | | | |
| 23 | Transporte área ensamble/soldadura | 5,70 | 8,84 | | ● | | | | Teclé de pluma y sogas | | x |
| 24 | Preparación de soldadora, electrodos y EPP | | 13,54 | | | | | ● | SMAW, electrodos E-6011/E-6013 | | x |
| 25 | Soldadura de tubos contra espejo superior | | 107,94 | ● | | | | | Electrodos E-6011 | x | |
| 26 | Voltear cámara de tubos | | 4,97 | ● | | | | | | | x |
| 27 | Soldadura de tubos contra espejo inferior | | 120,52 | ● | | | | | Electrodos E-6011 | x | |
| 28 | Voltear cámara de tubos | | 5,34 | ● | | | | | | | x |
| 29 | Soldadura final de tubos contra espejo superior | | 100,03 | ● | | | | | Electrodos E-6013 | x | |
| 30 | Voltear cámara de tubos | | 5,86 | ● | | | | | | | x |
| 31 | Soldadura final de tubos contra espejo inferior | | 102,25 | ● | | | | | Electrodos E-6013 | x | |
| 32 | Voltear cámara de tubos | | 7,20 | ● | | | | | | | x |
| 33 | Soldadura de gancho a espejo superior | | 14,92 | ● | | | | | Electrodos E-6011/E6013 | x | |

- **Cuerpo de la caldera**

Tabla 22. Cursograma sinóptico del cuerpo de la caldera

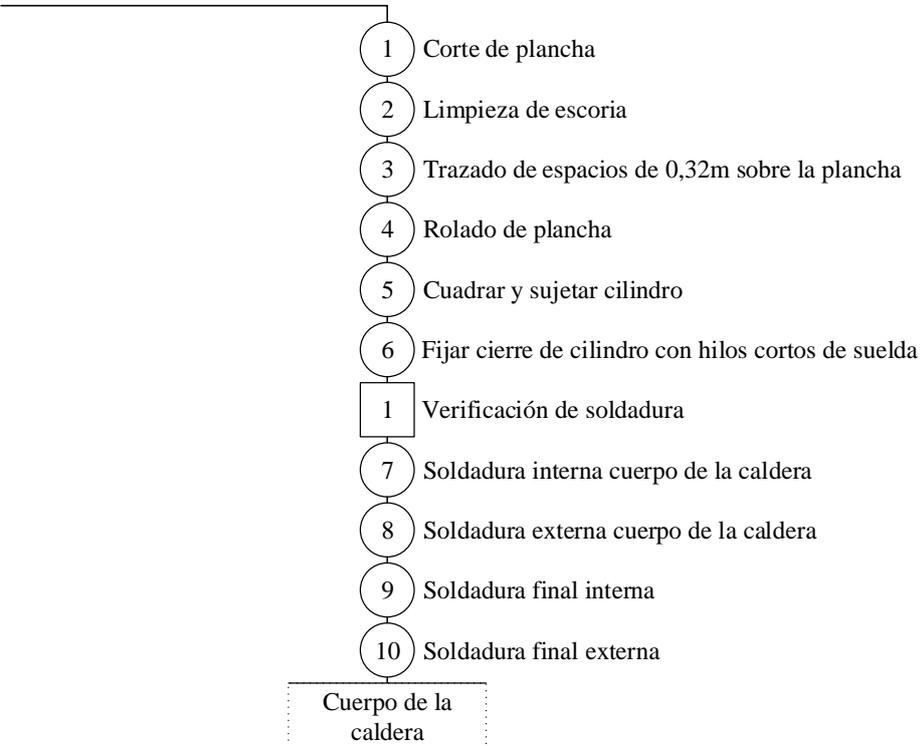
| | | |
|---|---|--|
|  | CURSOGRAMA SINÓPTICO | |
| CUERPO DE LA CALDERA | | |
| Diagrama N° 4 | Hoja: 1 de 1 | Método: Actual / Propuesto |
| Realizado por: Fabricio Regalado | Revisado por: Sr. Gilberto Narváez | Aprobado por: Ing. Franklin Tigre |
| <p>Plancha acero A36 de 4mm de espesor</p>  <ol style="list-style-type: none"> 1 Corte de plancha 2 Limpieza de escoria 3 Trazado de espacios de 0,32m sobre la plancha 4 Rolado de plancha 5 Cuadrar y sujetar cilindro 6 Fijar cierre de cilindro con hilos cortos de suelda 1 Verificación de soldadura 7 Soldadura interna cuerpo de la caldera 8 Soldadura externa cuerpo de la caldera 9 Soldadura final interna 10 Soldadura final externa <p style="text-align: center;">Cuerpo de la caldera</p> | | |

Tabla 23. Cursograma analítico de la construcción del cuerpo de la caldera

| CURSOGRAMA ANALÍTICO | | | | OPERARIO/MATERIAL/EQUIPO | | | | | | | | |
|----------------------|--|---------------|--------------|---------------------------|---|--------|-----------|---|---------------|--|---------------|---|
| Diagrama N° 4 | | Hoja N° 1 / 3 | | ACTIVIDAD | | Actual | Propuesto | | | | | |
| Producto | Cuerpo de la caldera | | | Operación | ○ | 10 | | | | | | |
| | | | | Transporte | ⇒ | 3 | | | | | | |
| Actividad | Construcción cuerpo de la caldera | | | Espera | ⊖ | 7 | | | | | | |
| | | | | Inspección | □ | 1 | | | | | | |
| Lugar | Empresa GN Industrial | | | Almacenamiento | ▽ | 1 | | | | | | |
| | | | | Distancia (metros) | | 18,50 | | | | | | |
| Método | Actual | | | Tiempo (minutos) | | 247,78 | | | | | | |
| Descripción | | Distancia (m) | Tiempo (min) | Símbolo | | | | | Observaciones | Act. | | |
| | | | | ○ | ⇒ | ⊖ | □ | ▽ | | Productiva | No Productiva | |
| N. | Cuerpo de la caldera | | | | | | | | | | | |
| 1 | Almacenamiento de materia prima | | - | - | | | | | | Plancha de acero A36 de 4mm de espesor | | x |
| 2 | Transporte a corte | | 6,10 | 6,14 | | | | | | Manual, 1 uds | | x |
| 3 | Se corrobora medida espejo superior para cálculo de Ø del mismo. Ø espejo superior = 0,40m | | | 3,98 | | | | | | Perímetro de espejo superior = longitud a cortar en la plancha | | x |
| 4 | Preparación de herramientas medición/trazado | | | 10,81 | | | | | | | | x |
| 5 | Corte de plancha | | | 11,97 | | | | | | 1,26m x 0,90m | x | |
| 6 | Limpieza de escoria | | | 3,29 | | | | | | Efecto del corte | x | |
| 7 | Preparación de herramientas cálculo/ medición/trazado Espacios de 0,32m | | | 16,45 | | | | | | Se divide la plancha en 4 espacios iguales y se raya. | x | |
| 8 | Transporte de plancha a área de rolado y perforado | | 8,20 | 1,44 | | | | | | | | x |

Cursograma analítico de la construcción del cuerpo de la caldera (Continuación 1)

| Diagrama N° 4 | | Hoja N° 2 / 3 | | | | | Continuación | | | | |
|---------------|---|---------------|--------------|---------|---|---|--------------|---|---------------------------------|------------|---------------|
| Descripción | | Distancia (m) | Tiempo (min) | Símbolo | | | | | Observaciones | Act. | |
| | | | | ○ | ➔ | ◐ | ◻ | ▽ | | Productiva | No Productiva |
| 9 | Preparación y colocación de plancha en máquina roladora | | 7,05 | | | ● | | | | | x |
| 10 | Rolado de plancha | | 27,20 | ● | | | | | | x | |
| 11 | Preparación de soldadora, electrodos y EPP | | 11,16 | | | ● | | | | | x |
| 12 | Se cuadra y sujeta el cilindro ya formado para generar un adecuado cierre del mismo | | 5,15 | ● | | | | | Se sujeta con pinzas de presión | x | |
| 13 | Se fija el cierre del cilindro con hilos cortos de soldadura no constantes | | 7,88 | ● | | | | | SMAW, electrodos E-6011 | x | |
| 14 | Verificación de soldadura | | 1,14 | | | | | ● | | | x |
| 15 | Preparación de máquina roladora para sacar cilindro de la misma | | 3,91 | | | ● | | | | | x |
| 16 | Se extrae el cilindro de la máquina roladora | | 2,04 | | | ● | | | Teclé de pluma y sogas | | x |
| 17 | Transporte a área de ensamble/soldadura | 4,20 | 6,36 | | ● | | | | Teclé de pluma y sogas | | x |
| 18 | Preparación de soldadora, electrodos y EPP | | 12,68 | | | ● | | | SMAW, electrodos E-6011/E-6013 | | x |
| 19 | Soldadura de cuerpo de la caldera (interna) | | 26,13 | ● | | | | | Electrodos E-6011 | x | |

Cursograma analítico de la construcción del cuerpo de la caldera (Continuación 2)

| Diagrama N° 4 | | Hoja N° 3 / 3 | | | | | Continuación | | | | |
|---------------|---|---------------|--------------|---------|---|---|--------------|---|-------------------|------------|---------------|
| Descripción | | Distancia (m) | Tiempo (min) | Símbolo | | | | | Observaciones | Act. | |
| | | | | ○ | ➔ | ◐ | ◻ | ▽ | | Productiva | No Productiva |
| 20 | Soldadura de cuerpo de la caldera (externa) | | 21,28 | ● | | | | | Electrodos E-6011 | x | |
| 21 | Soldadura de cuerpo de la caldera (interna) | | 32,69 | ● | | | | | Electrodos E-6013 | x | |
| 22 | Soldadura de cuerpo de la caldera (externa) | | 29,01 | ● | | | | | Electrodos E-6013 | x | |

- **Rodelas de salida de humo**

Tabla 24. Cursograma sinóptico de la construcción de las rodelas de salida de humo

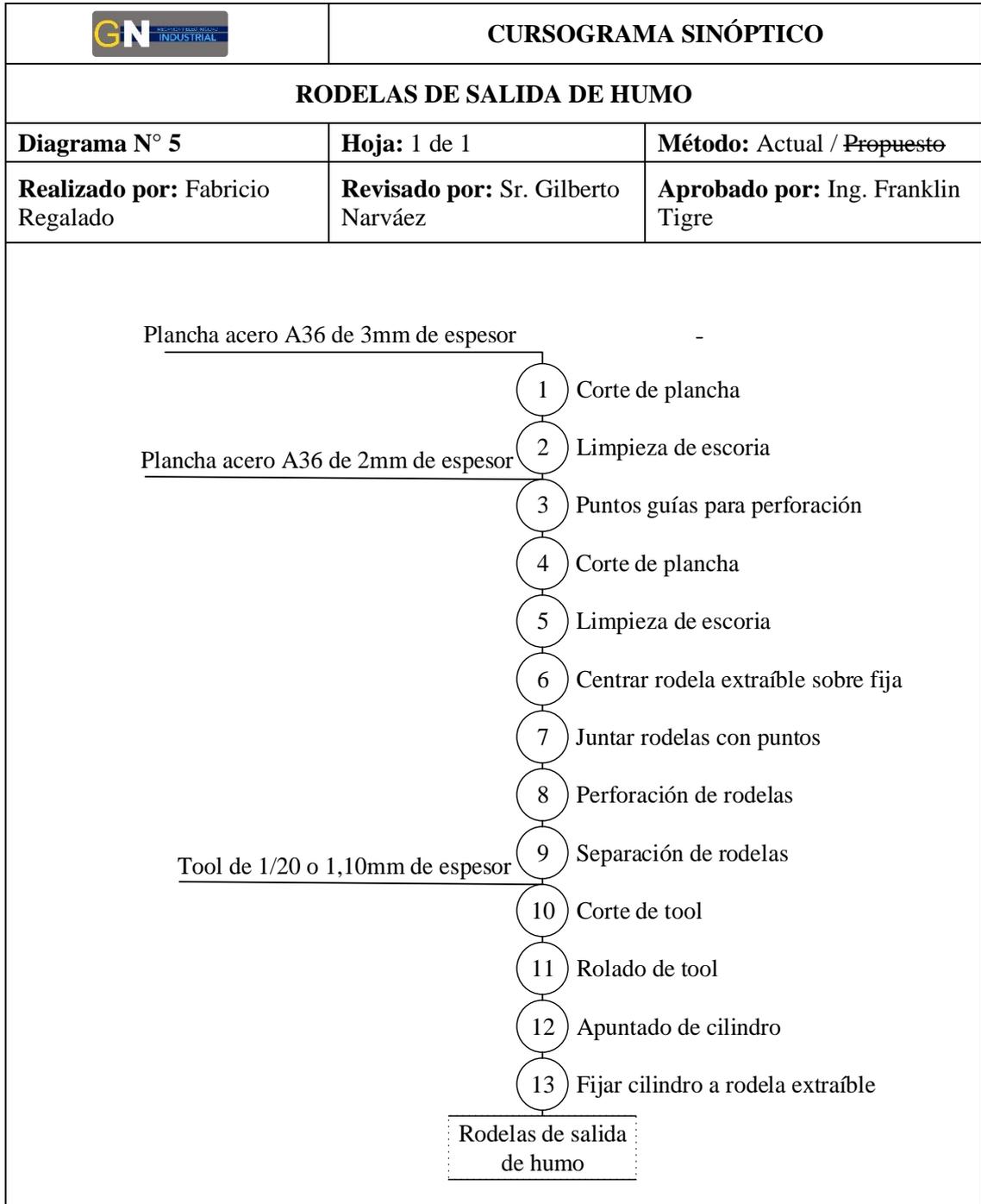


Tabla 25. Cursograma analítico de la construcción de las rodela de salida de humo

| CURSOGRAMA ANALÍTICO | | | | OPERARIO/MATERIAL/EQUIPO | | | | | | | | |
|----------------------|--|---------------|--------------|---------------------------|---|--------|-----------|---|--|------------|---------------|---|
| Diagrama N° 5 | | Hoja N° 1 / 3 | | ACTIVIDAD | | Actual | Propuesto | | | | | |
| Producto | Rodela de: -Salida de humo (fija y extraíble) | | | Operación ○ | | 13 | | | | | | |
| | | | | Transporte → | | 5 | | | | | | |
| Actividad | Elaboración rodela para salida de humos | | | Espera D | | 9 | | | | | | |
| | | | | Inspección □ | | 0 | | | | | | |
| Lugar | Empresa GN Industrial | | | Almacenamiento ▽ | | 3 | | | | | | |
| | | | | Distancia (metros) | | 31,50 | | | | | | |
| Método | Actual | | | Tiempo (minutos) | | 169,83 | | | | | | |
| Descripción | | Distancia (m) | Tiempo (min) | Símbolo | | | | | Observaciones | Act. | | |
| | | | | ○ | → | D | □ | ▽ | | Productiva | No Productiva | |
| N. | Rodela de salida de humos (fija) | | | | | | | | | | | |
| 1 | Almacenamiento de materia prima | | | | | | | | Plancha de acero A36 de 3mm de espesor | | | x |
| 2 | Selección del retazo de plancha adecuado | | | | | | | | | | | x |
| 3 | Transporte a corte | | | | | | | | | | | x |
| 4 | Preparación de herramientas medición/trazado | | | | | | | | | | | x |
| 5 | Corte de plancha | | | | | | | | Ø ext: 0,46m Ø int: 0,35m | x | | |
| 6 | Limpieza de escoria | | | | | | | | | x | | |
| | Rodela de salida de humos (extraíble) | | | | | | | | | | | |
| 7 | Almacenamiento de materia prima | | | | | | | | Plancha de acero A36 de 2mm de espesor | | | x |
| 8 | Se corrobora el Ø interno de la rodela de salida de humos (fija) | | | | | | | | Ø externo rodela (extraíble) = Ø interno rodela fija más 2cm | | | x |
| 9 | Selección del retazo de plancha adecuado | | | | | | | | | | | x |
| 10 | Transporte a corte | | | | | | | | | | | x |

Cursograma analítico de la construcción de las rodela de salida de humo (Continuación 2)

| Diagrama N° 5 | | Hoja N° 3 / 3 | | | | | Continuación | | | | |
|---------------|---|---------------|--------------|---------|---|---|--------------|---|------------------------|------------|---------------|
| Descripción | | Distancia (m) | Tiempo (min) | Símbolo | | | | | Observaciones | Act. | |
| | | | | ○ | ⇒ | ⊖ | □ | ▽ | | Productiva | No Productiva |
| 23 | Corte de tool | | 3,80 | ● | | | | | Máquina cizalla Tijera | x | |
| 24 | Transporte a rolado y perforado | 6,20 | 1,09 | | ● | | | | Roladora pequeña | | x |
| 25 | Preparación de roladora | | 8,26 | | | ● | | | | | x |
| 26 | Rolado de tool | | 9,61 | ● | | | | | | x | |
| 27 | Transporte de cilindro a corte | 6,20 | 3,44 | | ● | | | | | | x |
| 28 | Apuntado de cilindro | | 7,06 | ● | | | | | MIG | x | |
| 29 | Fijar cilindro sobre rodela extraíble | | 9,52 | ● | | | | | MIG, Puntos de suelda | x | |
| 30 | Transporte de rodela a ensamble/soldadura | 5,70 | 1,10 | | ● | | | | Fija y extraíble | | x |

- **Verificación total de soldadura**

Tabla 26. Cursograma sinóptico de la verificación total de soldadura de la estructura

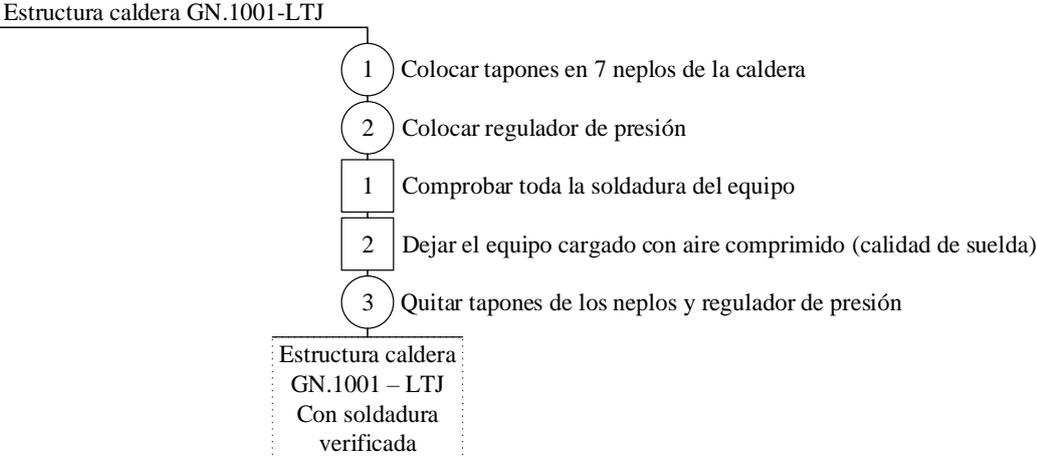
| | | | |
|--|--|---|--|
|  | | CURSOGRAMA SINÓPTICO | |
| VERIFICACIÓN TOTAL DE SOLDADURA | | | |
| Diagrama N° 6 | | Hoja: 1 de 1 | Método: Actual / Propuesto |
| Realizado por: Fabricio Regalado | | Revisado por: Sr. Gilberto Narváez | Aprobado por: Ing. Franklin Tigre |
| <p><u>Estructura caldera GN.1001-LTJ</u></p>  <pre> graph TD Title[Estructura caldera GN.1001-LTJ] --- Step1((1 Colocar tapones en 7 neplos de la caldera)) Step1 --- Step2((2 Colocar regulador de presión)) Step2 --- Step3[1 Comprobar toda la soldadura del equipo] Step3 --- Step4[2 Dejar el equipo cargado con aire comprimido (calidad de suelda)] Step4 --- Step5((3 Quitar tapones de los neplos y regulador de presión)) Step5 --- Final[Estructura caldera GN.1001 – LTJ Con soldadura verificada] </pre> | | | |

Tabla 27. Cursograma analítico del proceso de verificación total de soldadura

| CURSOGRAMA ANALÍTICO | | | | OPERARIO/MATERIAL/EQUIPO | | | | | | | |
|----------------------|--|---------------------------|--------------|--------------------------|--------|--------|-----------|---|-------------------------------------|------------|---------------|
| Diagrama N° 6 | | Hoja N° 1 / 1 | | ACTIVIDAD | | Actual | Propuesto | | | | |
| Producto | Caldera GN.1001 - LTJ | Operación | | ○ | 3 | | | | | | |
| | | Transporte | | ➔ | 0 | | | | | | |
| Actividad | Verificación total de soldadura | Espera | | ⊖ | 4 | | | | | | |
| | | Inspección | | □ | 2 | | | | | | |
| Lugar | Empresa GN Industrial | Almacenamiento | | ▽ | 0 | | | | | | |
| | | Distancia (metros) | | | - | | | | | | |
| Método | Actual | Tiempo (minutos) | | | 234,16 | | | | | | |
| N. | Descripción | Distancia (m) | Tiempo (min) | Símbolo | | | | | Observaciones | Act. | |
| | | | | ○ | ➔ | ⊖ | □ | ▽ | | Productiva | No Productiva |
| 1 | Se coloca tapones en 7 neplos de la caldera | | 14,49 | ● | | | | | 4 de ½” 3 de 1” | x | |
| 2 | Se llena de agua hasta la mitad aproximadamente la caldera | | 11,08 | | | ● | | | Por el neplo no taponado | | x |
| 3 | Se coloca el regulador de presión | | 5,10 | ● | | | | | En el neplo no taponado | x | |
| 4 | Cargar de aire comprimido a la caldera hasta 120psi | | 13,13 | | | ● | | | Con compresor | | x |
| 5 | Comprobar toda la soldadura del equipo | | 20,82 | | | | ● | | Con espuma de jabón y brocha | | x |
| 6 | Dejar el equipo cargado con aire comprimido a 120psi | | 142,38 | | | | ● | | Verificación de calidad de suelda | | x |
| 7 | Sacar el aire comprimido de la caldera | | 7,23 | | | ● | | | A través de válvula de media vuelta | | x |
| 8 | Quitar tapones y regulador de presión | | 11,20 | ● | | | | | | x | |
| 9 | Botar agua del equipo | | 8,72 | | | ● | | | | | x |

- **Aislamiento térmico**

Tabla 28. Cursograma sinóptico de la colocación del aislamiento térmico sobre la estructura de la caldera

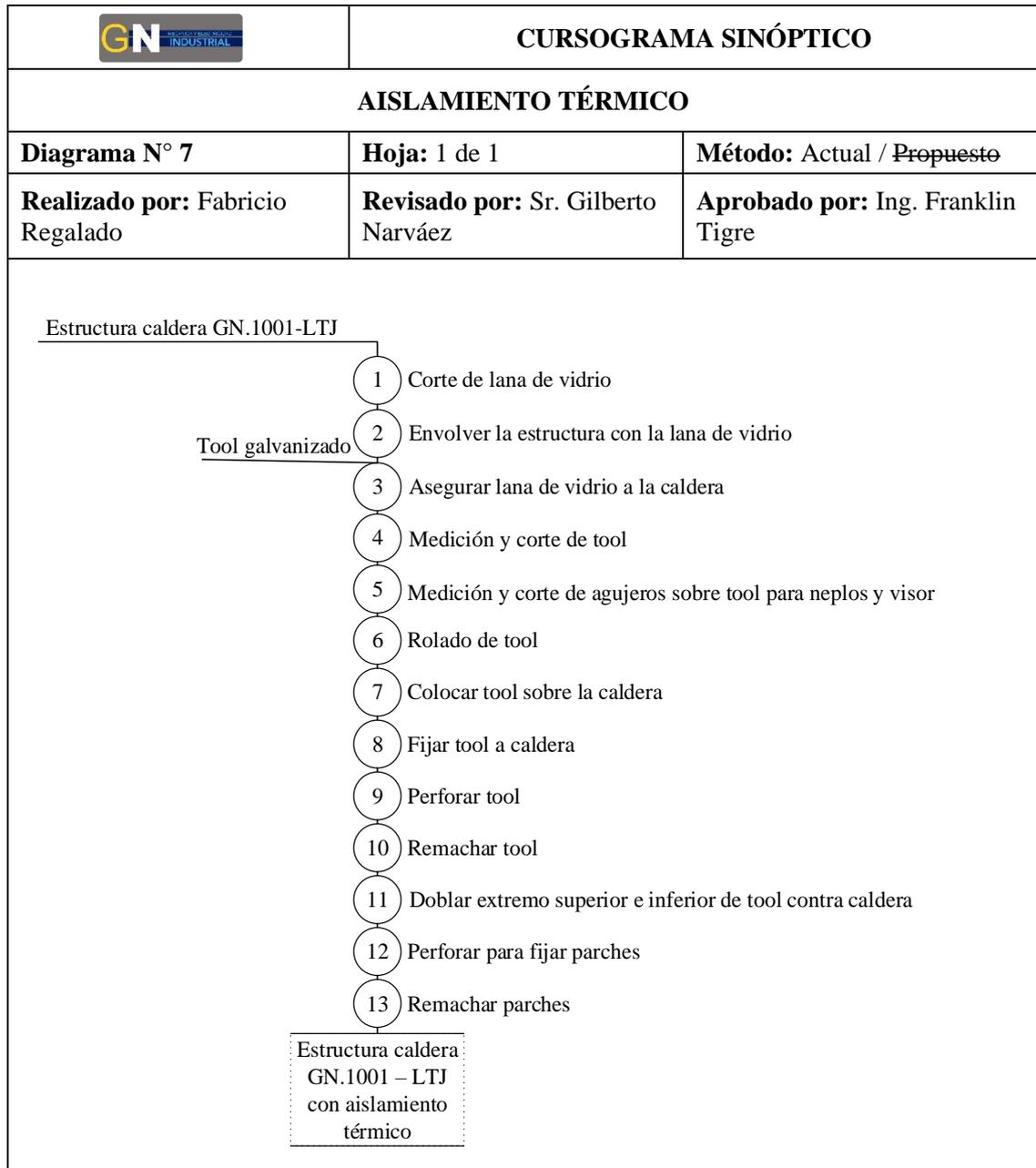


Tabla 29. Cursograma analítico del proceso de colocación del aislamiento térmico sobre la estructura de la caldera

| CURSOGRAMA ANALÍTICO | | | | OPERARIO/MATERIAL/EQUIPO | | | | | | | | |
|-------------------------------|---|---------------|--------------|---------------------------|-------|----|--------|-----------|---------------|--|---------------|---|
| Diagrama N° 7 | | Hoja N° 1 / 2 | | ACTIVIDAD | | | Actual | Propuesto | | | | |
| Producto | Caldera GN.1001 - LTJ | | | Operación | ○ | 13 | | | | | | |
| | | | | Transporte | ⇒ | 2 | | | | | | |
| Actividad | Aislamiento térmico -Colocación de lana de vidrio -Forrado con tool galvanizado | | | Espera | ◐ | 5 | | | | | | |
| | | | | Inspección | □ | 0 | | | | | | |
| Lugar | Empresa GN Industrial | | | Almacenamiento | ▽ | 2 | | | | | | |
| | | | | Distancia (metros) | | | 12,40 | | | | | |
| Método | Actual | | | Tiempo (minutos) | | | 266,07 | | | | | |
| Descripción | | Distancia (m) | Tiempo (min) | Símbolo | | | | | Observaciones | Act. | | |
| | | | | ○ | ⇒ | ◐ | □ | ▽ | | Productiva | No Productiva | |
| N. | Aislamiento térmico | | | | | | | | | | | |
| 1 | Almacenamiento de materia prima | | | - | - | | | | | | | x |
| 2 | Medición de longitud necesaria para cubrir la caldera | | | | 1,68 | | | | | | | x |
| 3 | Corte de longitud necesaria | | | | 8,59 | ● | | | | | x | |
| 4 | Envolver la caldera con la lana de vidrio | | | | 15,13 | ● | | | | | x | |
| 5 | Asegurar lana de vidrio a caldera | | | | 13,09 | ● | | | | Con cintas con resistencia térmica | x | |
| Forro tool galvanizado | | | | | | | | | | | | |
| 6 | Almacenamiento materia prima | | | - | - | | | | | Tool galvanizado | | x |
| 7 | Verificación de Ø final de la caldera y cálculo de perímetro | | | | 5,17 | | | | | Perímetro = longitud necesaria de tool | | x |
| 8 | Medición y corte de tool | | | | 19,38 | ● | | | | 1,45m x 0,92m | x | |

Cursograma analítico del proceso de colocación del aislamiento térmico sobre la estructura de la caldera (Continuación 1)

| Diagrama N° 7 | | Hoja N° 2 / 2 | | | | | Continuación | | | | |
|---------------|---|---------------|--------------|---------|---|---|--------------|---|---|------------|---------------|
| Descripción | | Distancia (m) | Tiempo (min) | Símbolo | | | | | Observaciones | Act. | |
| | | | | ○ | ⇒ | ◐ | ◻ | ▽ | | Productiva | No Productiva |
| 9 | Verificación de ubicación de neplos en caldera | | 40,20 | | | ● | | | | | x |
| 10 | Medición y corte sobre tool | | 31,15 | ● | | | | | Agujeros para neplos con plasma de corte manual | x | |
| 11 | Transporte de tool | 8,20 | 1,48 | | ● | | | | Área de rolado y perforado | | x |
| 12 | Rolado de tool | | 12,05 | ● | | | | | | x | |
| 13 | Transporte de tool | 4,20 | 1,40 | | ● | | | | Área de ensamble soldadura | | x |
| 14 | Colocar tool sobre caldera | | 21,52 | ● | | | | | | x | |
| 15 | Fijar con cintas tool a caldera | | 6,97 | ● | | | | | Acomodos forro | x | |
| 16 | Medir distancias para remachar | | 8,75 | | | ● | | | | | x |
| 17 | Perforar tool | | 9,25 | ● | | | | | | x | |
| 18 | Remachar | | 7,50 | ● | | | | | | x | |
| 19 | Doblar extremo superior e inferior de tool contra caldera | | 13,96 | ● | | | | | | x | |
| 20 | Colocar 8 parches sobre forro | | 2,34 | | | ● | | | Uno por cada neplo | | x |
| 21 | Perforar para fijar parches | | 31,77 | ● | | | | | | x | |
| 22 | Remachar parches | | 14,69 | ● | | | | | | x | |

- **Colocación de accesorios, válvulas e instrumentos**

Tabla 30. Cursograma sinóptico de la colocación de accesorios, válvulas e instrumentación

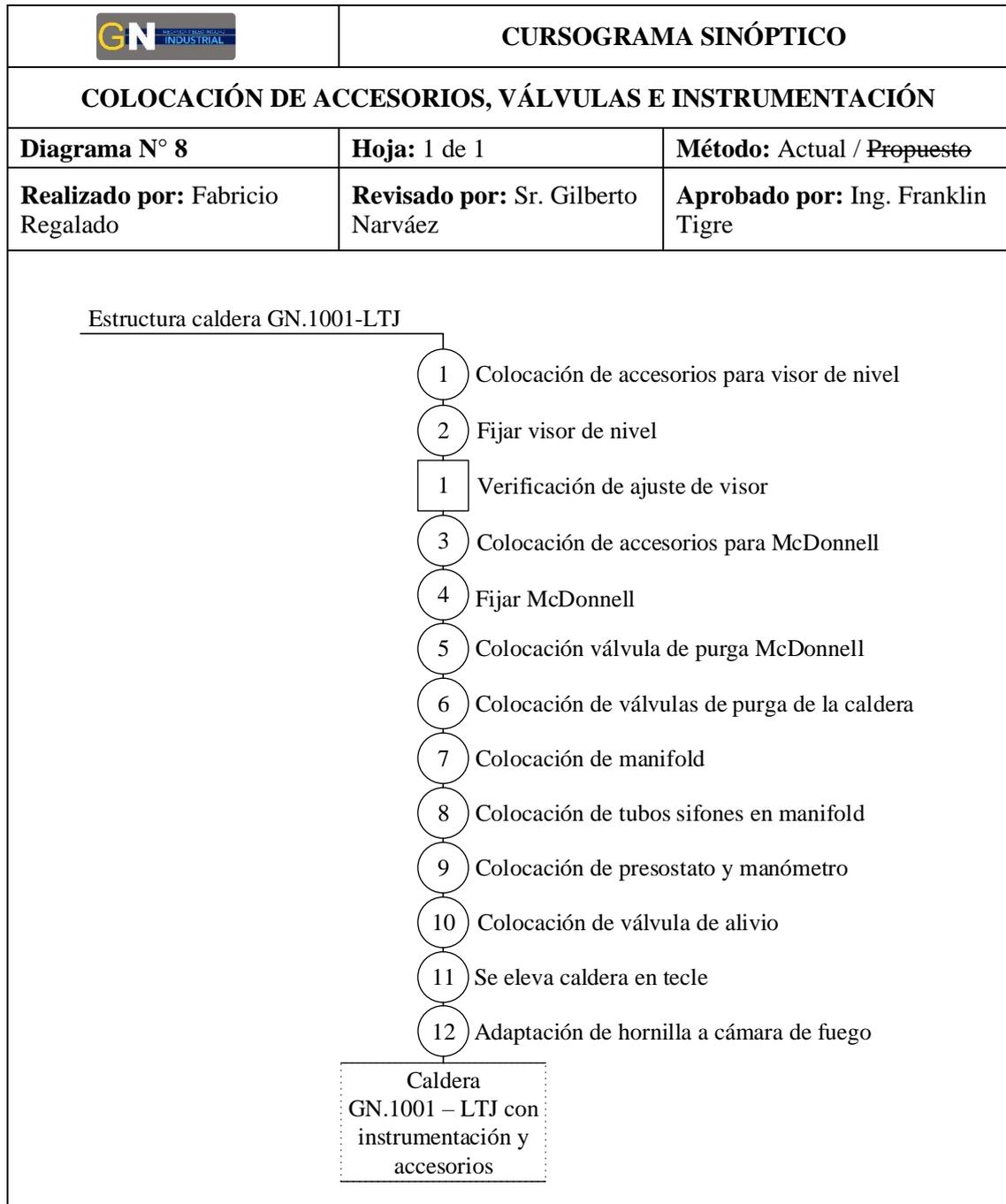


Tabla 31. Cursograma analítico colocación de accesorios, válvulas e instrumentación

| CURSOGRAMA ANALÍTICO | | | | OPERARIO/MATERIAL/EQUIPO | | | | | | |
|----------------------|--|---------------|---------|--------------------------|---|----|--------|---------------|------------|---------------|
| Diagrama N° 8 | | Hoja N° 1 / 2 | | ACTIVIDAD | | | Actual | Propuesto | | |
| Producto | Caldera GN.1001 - LTJ | | | Operación | ○ | 12 | | | | |
| | | | | Transporte | ➔ | 0 | | | | |
| Actividad | Colocación de accesorios, válvulas e instrumentación | | | Espera | ◐ | 4 | | | | |
| | | | | Inspección | ◻ | 1 | | | | |
| Lugar | Empresa GN Industrial | | | Almacenamiento | ▽ | 0 | | | | |
| | | | | Distancia (metros) | | | - | | | |
| Método | Actual | | | Tiempo (minutos) | | | 196,47 | | | |
| Descripción | Distancia (m) | Tiempo (min) | Símbolo | | | | | Observaciones | Act. | |
| | | | ○ | ➔ | ◐ | ◻ | ▽ | | Productiva | No Productiva |
| N. | | | | | | | | | | |
| 1 | Colocación de accesorios para fijar visor de nivel | | 12,78 | ● | | | | | x | |
| 2 | Se mide longitud requerida de tubo visor | | 1,14 | | | ● | | | | x |
| 3 | Corte de visor | | 9,43 | | | ● | | | | x |
| 4 | Se fija visor de nivel | | 10,96 | ● | | | | | x | |
| 5 | Verificación de ajuste de visor | | 0,93 | | | | ● | | | x |
| 6 | Colocación de accesorios para fijar McDonnell | | 18,99 | ● | | | | | x | |
| 7 | Se fija McDonnell | | 2,78 | ● | | | | | x | |
| 8 | Colocación de válvula de purga de McDonnell | | 3,44 | ● | | | | | x | |
| 9 | Selección de válvulas de purga para caldera | | 7,82 | | | ● | | | | x |
| 10 | Colocación de accesorios y válvulas de purga de la caldera | | 16,27 | ● | | | | | x | |
| 11 | Colocación de manifold | | 5,05 | ● | | | | | x | |

Cursograma analítico colocación de accesorios, válvulas e instrumentación (Continuación 1)

| Diagrama N° 8 | | Hoja N° 2 / 2 | | | | | Continuación | | | | |
|---------------|---|---------------|--------------|---------|---|---|--------------|---|----------------------|------------|---------------|
| Descripción | | Distancia (m) | Tiempo (min) | Símbolo | | | | | Observaciones | Act. | |
| | | | | ○ | ⇒ | D | □ | ▽ | | Productiva | No Productiva |
| 12 | Se coloca en manifold dos tubos sifones (colitas de chanco) | | 7,95 | ● | | | | | | x | |
| 13 | Colocación de presostato y manómetro | | 9,53 | ● | | | | | En Colitas de chanco | x | |
| 14 | Colocación de válvula de alivio | | 2,09 | ● | | | | | Seteada a 125psi | x | |
| 15 | Se eleva caldera en tecele | | 13,39 | ● | | | | | | | x |
| 16 | Se adapta hornilla a cámara de fuego de caldera | | 55,15 | ● | | | | | | x | |
| 17 | Se prepara 2 cañerías para transporte de gas y funcionamiento del sistema | | 18,78 | | | | | | | | x |

- Sistema de control y acabados

Tabla 32. Cursograma sinóptico de la elaboración del sistema de control y acabados de la caldera GN.1001 - LTJ

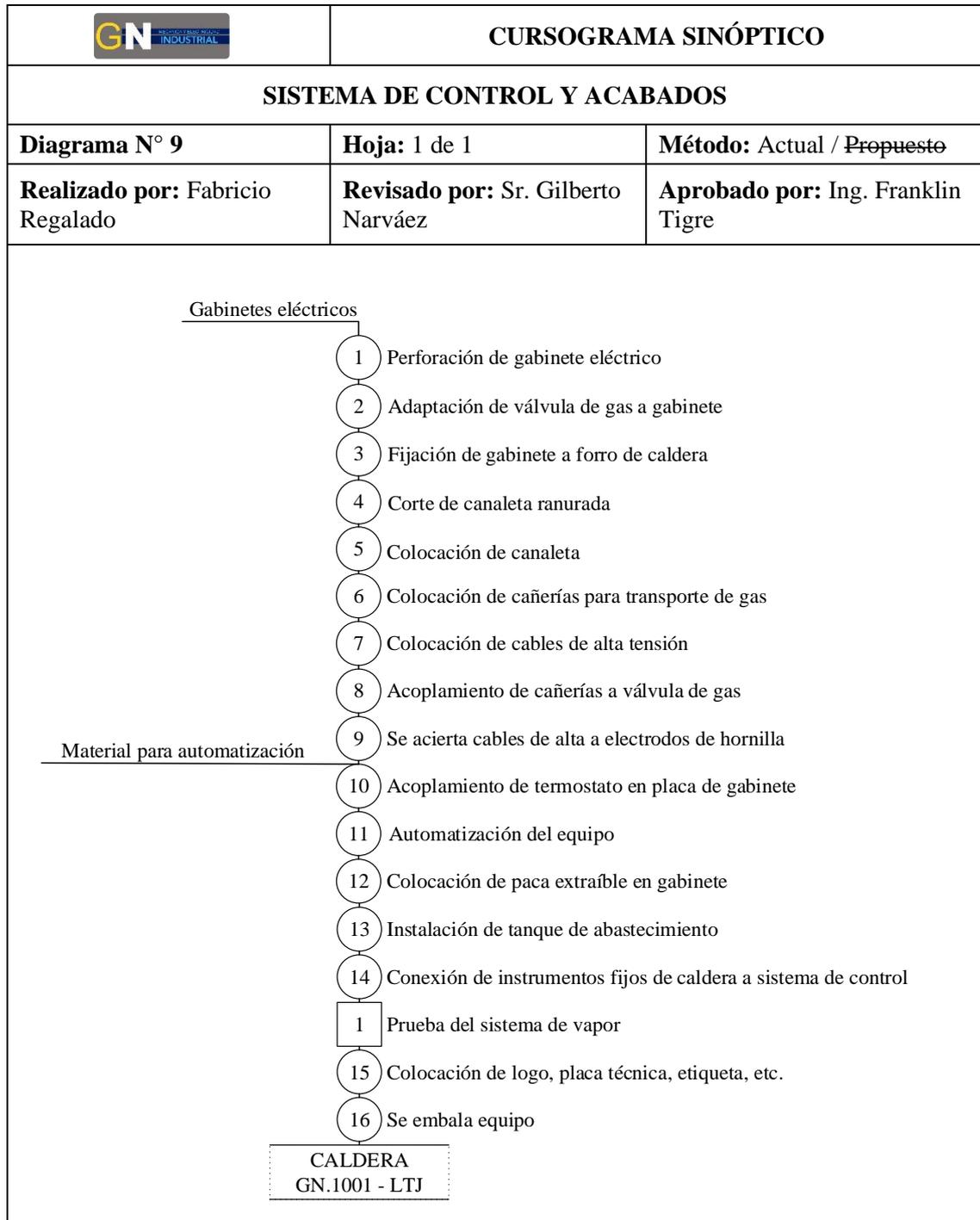


Tabla 33. Cursograma analítico de la elaboración del sistema de control y acabados de la caldera GN.1001 - LTJ

| CURSOGRAMA ANALÍTICO | | | | OPERARIO/MATERIAL/EQUIPO | | | | | | |
|----------------------|--|---------------|---------|--------------------------|---|----|---------|--|------------|---------------|
| Diagrama N° 9 | | Hoja N° 1 / 3 | | ACTIVIDAD | | | Actual | Propuesto | | |
| Producto | Caldera GN.1001 - LTJ | | | Operación | ○ | 16 | | | | |
| | | | | Transporte | ➔ | 2 | | | | |
| Actividad | Elaboración sistema de control y acabados | | | Espera | ⊖ | 3 | | | | |
| | | | | Inspección | □ | 1 | | | | |
| Lugar | Empresa GN Industrial | | | Almacenamiento | ▽ | 2 | | | | |
| | | | | Distancia (metros) | | | 13,60 | | | |
| Método | Actual | | | Tiempo (minutos) | | | 1006,65 | | | |
| Descripción | Distancia (m) | Tiempo (min) | Símbolo | | | | | Observaciones | Act. | |
| | | | ○ | ➔ | ⊖ | □ | ▽ | | Productiva | No Productiva |
| N. | | | | | | | | | | |
| 1 | Almacenamiento de gabinetes eléctricos | | - | | | | | | x | |
| 2 | Selección de gabinete eléctrico | | 3,15 | | | | | 30cm x 30cm | x | |
| 3 | Perforación de gabinete eléctrico | | 4,80 | ● | | | | 3 agujeros, taladro de mano | x | |
| 4 | Adaptación de válvula de gas | | 17,84 | ● | | | | En gabinete | x | |
| 5 | Fijar gabinete eléctrico a tool de forro de la caldera | | 12,81 | ● | | | | 3 tornillos auto-roscantes | x | |
| 6 | Se mide la longitud necesaria de canaleta ranura | | 1,03 | | | ● | | Para cañería y cables de alta tensión | x | |
| 7 | Corte de canaleta ranurada | | 2,44 | ● | | | | | x | |
| 8 | Se coloca canaleta | | 7,63 | ● | | | | Fijándola al tool de la caldera | x | |
| 9 | Colocación de cañerías para transporte de gas | | 30,38 | ● | | | | 2 cañerías, dentro de canaleta | x | |
| 10 | Colocación de cables de alta tensión | | 26,81 | ● | | | | 2 cables, dentro de canaleta, encargados de generar chispa | x | |

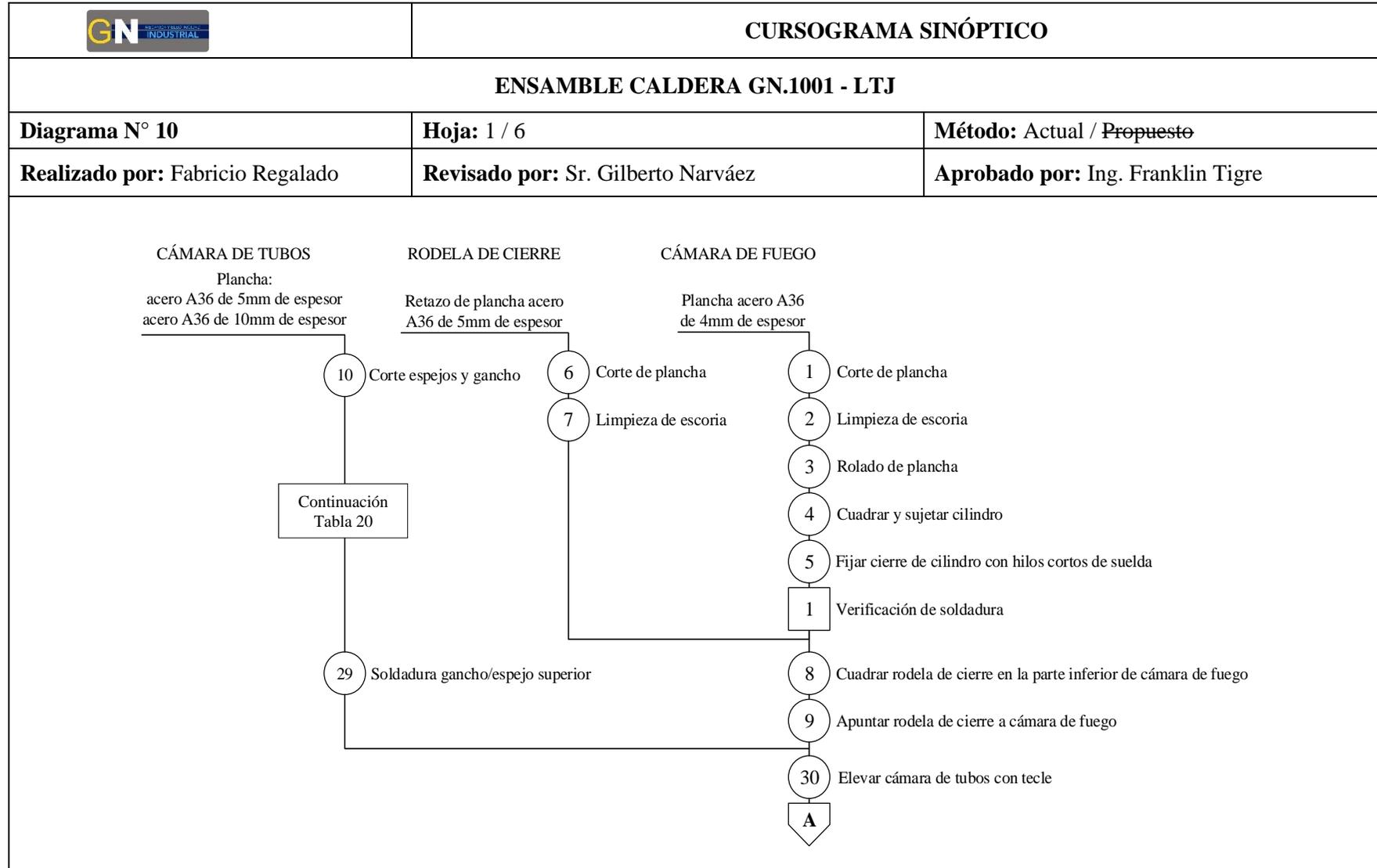
Cursograma analítico de la elaboración del sistema de control y acabados de la caldera
GN.1001 – LTJ (Continuación 1)

| Diagrama N° 9 | | Hoja N° 2 / 3 | | | | | Continuación | | | | | |
|---------------|---|---------------|--------------|---------|---|---|--------------|---|---------------|--|---------------|---|
| Descripción | | Distancia (m) | Tiempo (min) | Símbolo | | | | | Observaciones | Act. | | |
| | | | | ○ | ⇒ | ⊖ | □ | ▽ | | Productiva | No Productiva | |
| 11 | Colocar cañerías en válvula de gas | | 6,79 | ● | | | | | | Una cañería a la entrada de la hornilla para sistema principal. Otra cañería controla la llama piloto del sistema. | x | |
| 12 | Acertar cables de alta tensión en electrodos | | 1,77 | ● | | | | | | En electrodos ubicados en la hornilla. | x | |
| 13 | Almacenamiento de material para gabinete eléctrico | | - | | | | | ● | | | | x |
| 14 | Selección de material para automatización | | 20,73 | | | ● | | | | | | x |
| 15 | Acoplamiento de termostato | | 31,00 | ● | | | | | | En placa extraíble del gabinete | x | |
| 16 | Se realiza la automatización del equipo | | 531,14 | ● | | | | | | Colocación de equipos y cableado todo en placa extraíble del gabinete | x | |
| 17 | Colocación de placa extraíble en gabinete eléctrico | - | 7,27 | ● | | | | | | | x | |
| 18 | Se transporta tanque de abastecimiento de agua para caldera | 7,40 | 12,59 | | | | | ● | | Desde bodega | | x |
| 19 | Instalación de tanque de abastecimiento | | 27,47 | ● | | | | | | 3 codos ½” 2 válvulas check 1 Nudo HN Neplos varios 1 Reductor de 1” a ½” | x | |

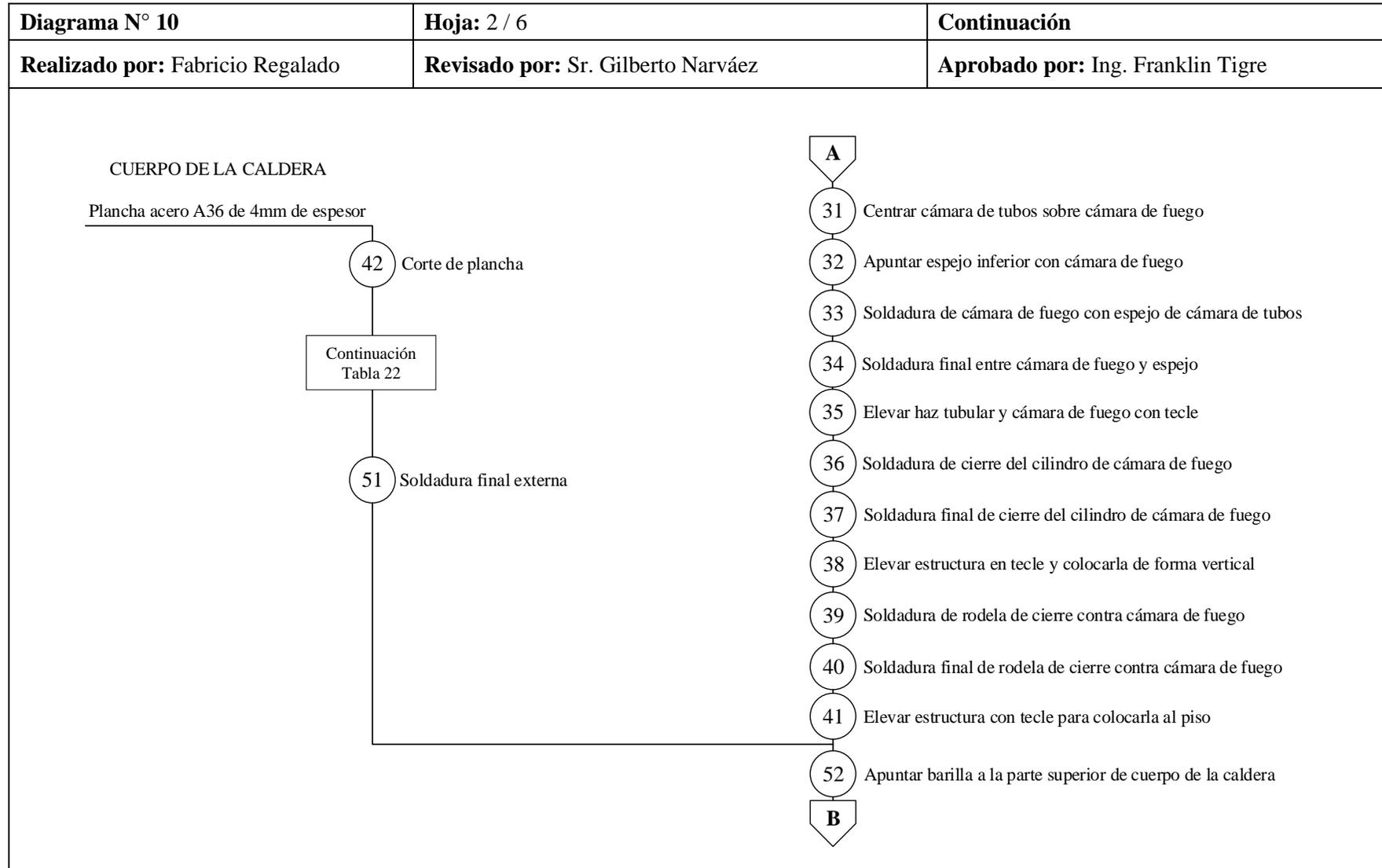
Cursograma analítico de la elaboración del sistema de control y acabados de la caldera
GN.1001 – LTJ (Continuación 2)

| Diagrama N° 9 | | Hoja N° 3 / 3 | | | | | Continuación | | | | |
|---------------|---|---------------|--------------|---------|---|---|--------------|---|--|------------|---------------|
| Descripción | | Distancia (m) | Tiempo (min) | Símbolo | | | | | Observaciones | Act. | |
| | | | | ○ | ⇒ | ⊖ | □ | ▽ | | Productiva | No Productiva |
| 20 | Conexión de instrumentos fijos de caldera a sistema de control | | 53,69 | ● | | | | | McDonnell Presostato Bomba de abastecimiento Cables de alta tensión a modulo | x | |
| 21 | Prueba del sistema de vapor | | 111,26 | | | | | ● | Se comprueba el total y correcto funcionamiento del equipo | | x |
| 22 | Transporte desde oficina de logotipo, placa técnica, etiqueta, señalética para gabinete eléctrico | 6,20 | 10,83 | | ● | | | | | | x |
| 23 | Se coloca logotipo, placa técnica, etiqueta, señalética para gabinete eléctrico | | 49,67 | ● | | | | | | x | |
| 24 | Se embala equipo | | 35,54 | ● | | | | | Con papel rolo film se cubre gabinete eléctrico, presostato y manómetro | x | |

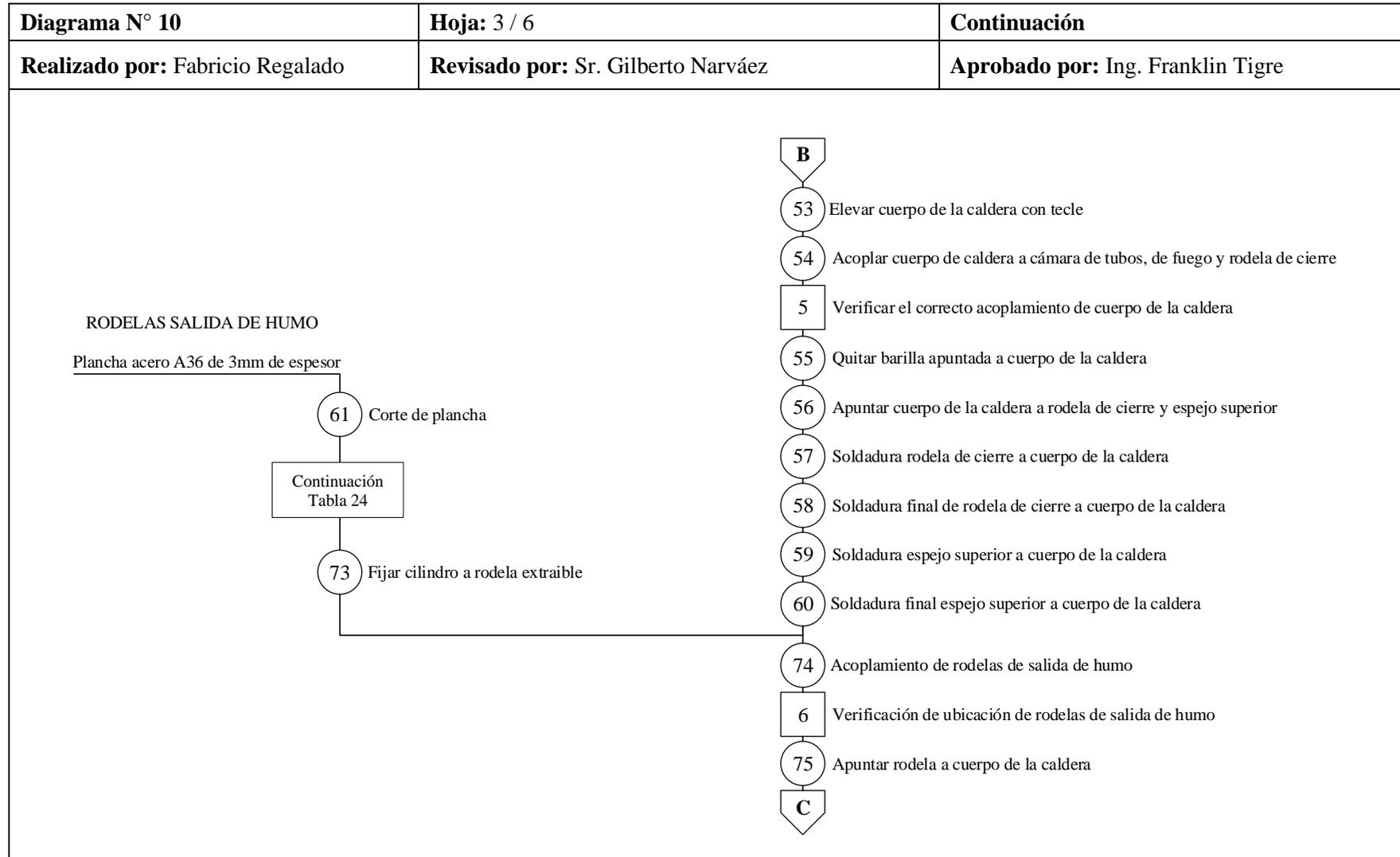
Tabla 34. Cursograma sinóptico del ensamble de la caldera GN.1001 - LTJ



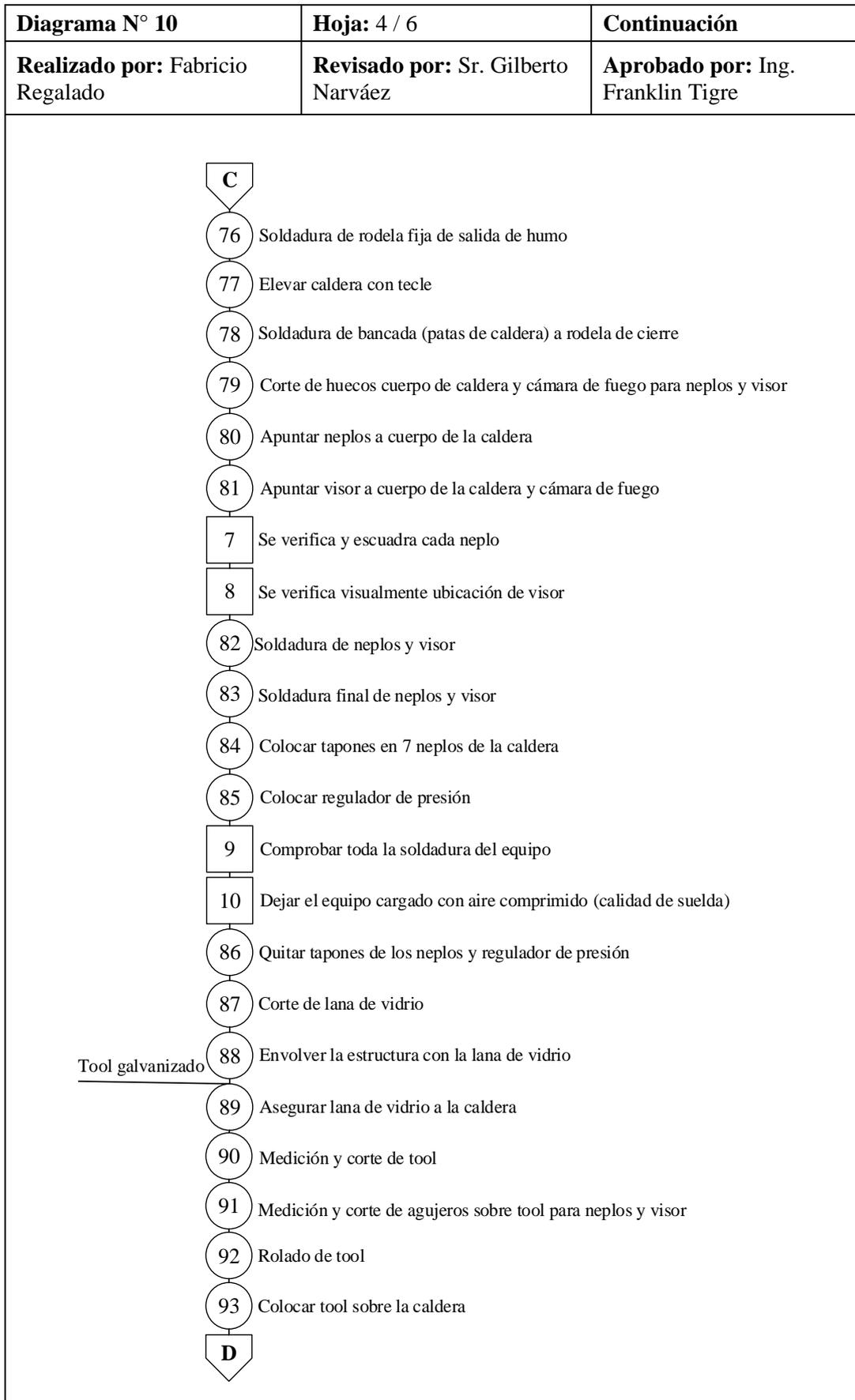
Cursograma sinóptico del ensamble de la caldera GN.1001 – LTJ (Continuación 1)



Cursograma sinóptico del ensamble de la caldera GN.1001 – LTJ (Continuación 2)



Cursograma sinóptico del ensamble de la caldera GN.1001 – LTJ (Continuación 3)



Cursograma sinóptico del ensamble de la caldera GN.1001 – LTJ (Continuación 4)

| Diagrama N° 10 | Hoja: 5 / 6 | Continuación |
|---|---|--|
| Realizado por: Fabricio Regalado | Revisado por: Sr. Gilberto Narváez | Aprobado por: Ing. Franklin Tigre |
| <div style="text-align: center;"> <p>D</p> <p>94 Fijar tool a caldera</p> <p>95 Perforar tool</p> <p>96 Remachar tool</p> <p>97 Doblar extremo superior e inferior de tool contra caldera</p> <p>98 Perforar para fijar parches</p> <p>99 Remachar parches</p> <p>100 Colocación de accesorios para visor de nivel</p> <p>101 Fijar visor de nivel</p> <p>11 Verificación de ajuste de visor</p> <p>102 Colocación de accesorios para McDonnell</p> <p>103 Fijar McDonnell</p> <p>104 Colocación válvula de purga McDonnell</p> <p>105 Colocación de válvulas de purga de la caldera</p> <p>106 Colocación de manifold</p> <p>107 Colocación de tubos sifones en manifold</p> <p>108 Colocación de presostato y manómetro</p> <p>109 Colocación de válvula de alivio</p> <p>110 Se eleva caldera en tecele</p> <p>111 Adaptación de hornilla a cámara de fuego</p> <p>Gabinetes eléctricos</p> <p>112 Perforación de gabinete eléctrico</p> <p>113 Adaptación de válvula de gas a gabinete</p> <p>114 Fijación de gabinete a forro de caldera</p> <p>E</p> </div> | | |

Cursograma sinóptico del ensamble de la caldera GN.1001 – LTJ (Continuación 5)

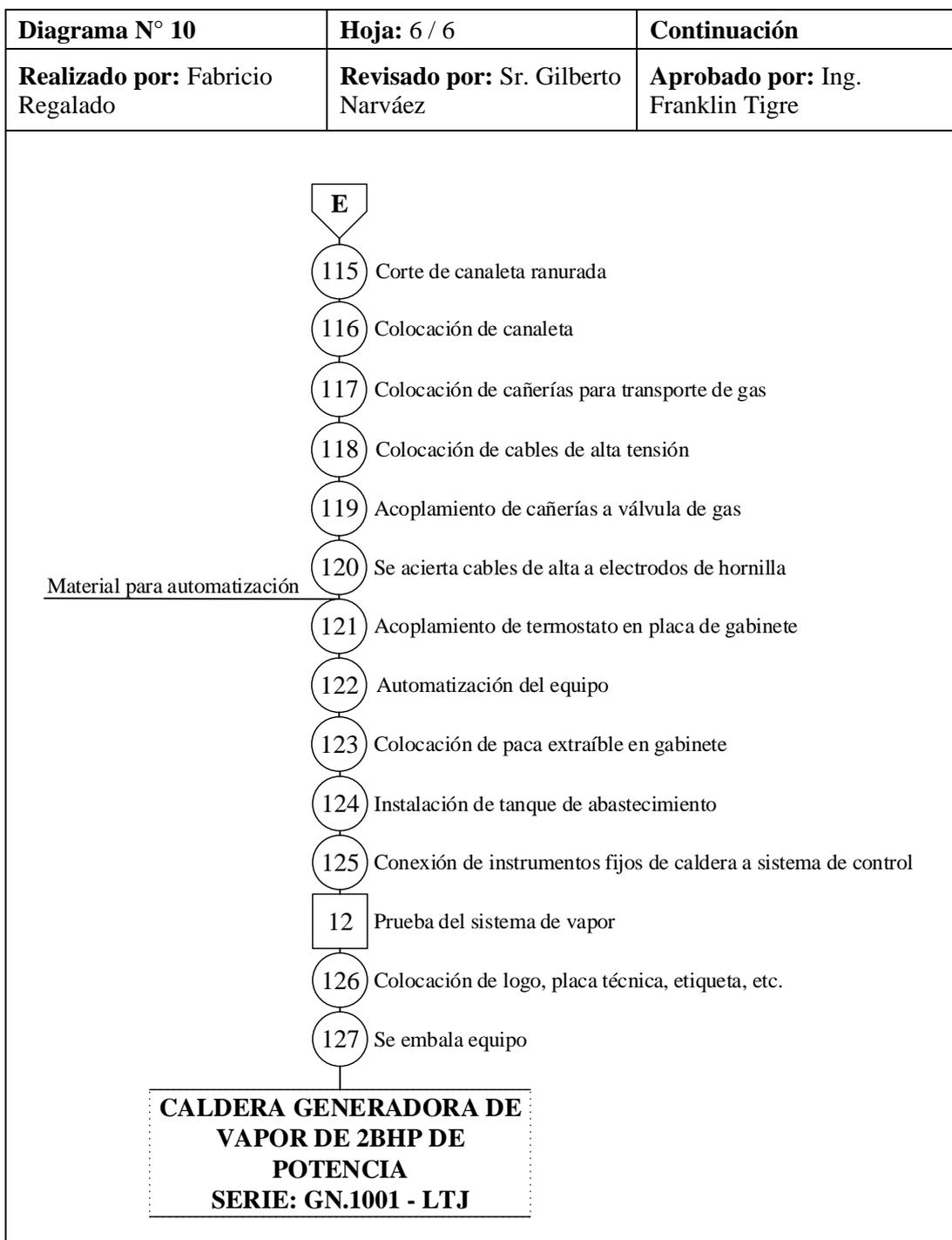


Tabla 35. Cursograma analítico proceso de ensamble final caldera GN.1001 - LTJ

| CURSOGRAMA ANALÍTICO | | | | OPERARIO/MATERIAL/EQUIPO | | | | | | | |
|----------------------|--|----------------------|---------------------|---------------------------|---|-----|---------|-----------|---|-------------|-------------------|
| Diagrama N° 10 | | Hoja N° 1 de 20 | | ACTIVIDAD | | | Actual | Propuesto | | | |
| Producto | Caldera GN.1001 - LTJ | | | Operación | ○ | 127 | | | | | |
| | | | | Transporte | ➔ | 22 | | | | | |
| Actividad | Ensamble construcción caldera GN.1001 - LTJ | | | Espera | ⊖ | 56 | | | | | |
| | | | | Inspección | □ | 12 | | | | | |
| Lugar | Empresa GN Industrial | | | Almacenamiento | ▽ | 11 | | | | | |
| | | | | Distancia (metros) | | | 140,1 | | | | |
| Método | Actual | | | Tiempo (minutos) | | | 3927,66 | | | | |
| Descripción | | Distancia (m) | Tiempo (min) | Símbolo | | | | | Observaciones | Act. | |
| | | | | ○ | ➔ | ⊖ | □ | ▽ | | | Productiva |
| N. | Cámara de fuego o tubo hogar | | | | | | | | | | |
| 1 | Almacenamiento de materia prima | - | - | | | | | | Plancha de acero A36 de 4mm de espesor | | x |
| 2 | Transporte a corte | 6,10 | 3,01 | | | | | | Manual, 1 uds | | x |
| 3 | Se corrobora medida espejo inferior para cálculo de perímetro del mismo. Ø espejo inferior = 0,35m | | 4,08 | | | | | | Perímetro de espejo inferior = longitud a cortar en la plancha | | x |
| 4 | Preparación de herramientas medición/trazado | | 9,27 | | | | | | | | x |
| 5 | Corte de plancha | | 11,66 | | | | | | 1,10m x 0,40m | x | |
| 6 | Limpieza de escoria | | 2,66 | | | | | | Efecto del corte | x | |
| 7 | Transporte de plancha a área de rolado y perforado | 8,20 | 1,31 | | | | | | | | x |
| 8 | Preparación y colocación de plancha en máquina roladora | | 5,31 | | | | | | | | x |
| 9 | Rolado de plancha | | 27,09 | | | | | | | x | |

Cursograma analítico ensamble final caldera GN.1001 – LTJ (Continuación 1)

| Diagrama N° 10 | | Hoja N° 2 / 20 | | | | | Continuación | | | | |
|----------------|---|----------------|---------|---|---|---|--------------|---|------------|---------------|---|
| Descripción | Distancia (m) | Tiempo (min) | Símbolo | | | | | Observaciones | Act. | | |
| | | | ○ | ➔ | D | □ | ▽ | | Productiva | No Productiva | |
| 10 | Preparación de soldadora, electrodos y EPP | | 8,38 | | | | | | | | x |
| 11 | Se cuadra y sujeta el cilindro ya formado para generar un adecuado cierre del mismo | | 3,34 | | | | | Se sujeta con pinzas de presión | | x | |
| 12 | Se fija el cierre del cilindro con hilos cortos de soldadura no constantes | | 4,19 | | | | | SMAW, electrodos E-6011 | | x | |
| 13 | Verificación de soldadura | | 0,99 | | | | | | | | x |
| 14 | Preparación de máquina roladora para sacar cilindro de la misma | | 2,45 | | | | | Tubo hogar | | | x |
| 15 | Se extrae el cilindro de la máquina roladora | | 0,96 | | | | | Sogas | | | x |
| 16 | Transporte a área de ensamble/soldadura | 4,20 | 6,26 | | | | | Tecla de pluma y sogas | | | x |
| | Rodela de cierre | | | | | | | | | | |
| 17 | Almacenamiento de materia prima | - | - | | | | | Retazo de plancha A36 5mm espesor | | | x |
| 18 | Se corrobora Ø de cuerpo de la caldera Ø cuerpo de la caldera = 0,40m | | 1,55 | | | | | Rodela sobrepasa 3cm a cada lado a cuerpo de la caldera | | | x |
| 19 | Selección del retazo de plancha adecuado | | 2,95 | | | | | | | | x |
| 20 | Transporte a corte | 6,10 | 2,67 | | | | | Manual, 1 uds | | | x |

Cursograma analítico ensamble final caldera GN.1001 – LTJ (Continuación 2)

| Diagrama N° 10 | | Hoja N° 3 / 20 | | | | | Continuación | | | | | |
|--------------------------------------|--|----------------|--------------|---------|---|---|--------------|---|---|------------|---------------|---|
| Descripción | | Distancia (m) | Tiempo (min) | Símbolo | | | | | Observaciones | Act. | | |
| | | | | ○ | ➔ | D | □ | ▽ | | Productiva | No Productiva | |
| 21 | Se corrobora Ø de cámara de fuego Ø de cámara de fuego = 0,35m | | 1,52 | | | | | | | | | x |
| 22 | Preparación de herramientas medición/trazado | | 14,04 | | | | | | | | | x |
| 23 | Corte de plancha | | 15,74 | ● | | | | | Ø ext: 0,46m Ø int: 0,35m | x | | |
| 24 | Limpieza de escoria | | 2,43 | ● | | | | | Efecto del corte | x | | |
| 25 | Transporte al área de ensamble/soldadura | 5,70 | 0,82 | | | | | | | | | x |
| 26 | Cuadrar rodela de cierre en la parte inferior de la cámara de fuego o tubo hogar | | 5,01 | ● | | | | | Al ras del piso | | | x |
| 27 | Apuntar rodela de cierre a cámara de fuego | | 4,12 | ● | | | | | MIG | x | | |
| Cámara de tubos o haz tubular | | | | | | | | | | | | |
| Espejos | | | | | | | | | | | | |
| 28 | Almacenamiento de materia prima | - | - | | | | | ● | Plancha de acero A36 de 5mm de espesor | | | x |
| 29 | Transporte a corte | 6,10 | 6,36 | | | | | ● | Manual, 1 uds | | | x |
| 30 | Preparación de herramientas medición/trazado | | 35,98 | | | | | ● | espejos y gancho | | | x |
| 31 | Corte de espejos y gancho | | 25,43 | ● | | | | | Gancho en plancha de acero A36 de 10mm de espesor | x | | |
| 32 | Limpieza de escoria | | 4,35 | ● | | | | | Efecto del corte | x | | |
| 33 | Apuntar espejos uno sobre otro | | 3,60 | ● | | | | | MIG | x | | |

Cursograma analítico ensamble final caldera GN.1001 – LTJ (Continuación 3)

| Diagrama N° 10 | | Hoja N° 4 / 20 | | | | | Continuación | | | | |
|----------------|--|----------------|--------------|---------|---|---|--------------|---|---|------------|---------------|
| Descripción | | Distancia (m) | Tiempo (min) | Símbolo | | | | | Observaciones | Act. | |
| | | | | ○ | ➔ | D | □ | ▽ | | Productiva | No Productiva |
| 34 | Trazado de guías para ubicación de tubos | | 21,80 | | | | | | | x | |
| 35 | Realización de huecos guías sobre espejos | | 30,85 | | | | | | 31 huecos guía con broca de 1/4" | x | |
| 36 | Transporte de espejos a área de rolado y perforado | 7,30 | 1,34 | | | | | | Manual, 1 par de espejos. | | x |
| 37 | Preparación de taladro de columna | | 8,80 | | | | | | | | x |
| 38 | Perforado de espejos | | 378,57 | | | | | | 31 perforaciones en acero A36 10mm de espesor | x | |
| 39 | Desmontaje de espejos y limpieza de taladro de columna | | 11,06 | | | | | | | | x |
| 40 | Transporte de espejos área de corte | 7,30 | 1,33 | | | | | | | | x |
| | Tubos | | | | | | | | | | |
| 41 | Preparación de herramientas | | 10,41 | | | | | | Medición tubos | | x |
| 42 | Corte de tubos de 40cm de longitud | | 42,57 | | | | | | 31 uds, HN, 3/4", sin costura, SCH 40 | x | |
| 43 | Desbarbado de tubos | | 42,66 | | | | | | 31 uds por ambos lados | x | |
| 44 | Verificar calidad de desbarbado en tubos | | 9,64 | | | | | | | | x |
| | Ensamble espejo/tubos | | | | | | | | | | |
| 45 | Separar espejos uno del otro | | 1,31 | | | | | | Puliendo puntos de suelda | x | |

Cursograma analítico ensamble final caldera GN.1001 – LTJ (Continuación 4)

| Diagrama N° 10 | | Hoja N° 5 / 20 | | | | | Continuación | | | | |
|----------------|--|----------------|--------------|---------|---|---|--------------|---|---|------------|---------------|
| Descripción | | Distancia (m) | Tiempo (min) | Símbolo | | | | | Observaciones | Act. | |
| | | | | ○ | ➔ | ⊖ | □ | ▽ | | Productiva | No Productiva |
| 46 | Centrar espejos insertando tubos guías | | 15,22 | ● | | | | | Apuntando 4 tubos | x | |
| 47 | Insertar el resto de tubos y apuntar | | 28,56 | ● | | | | | MIG, 27 uds, apuntadas a ambos lados contra espejos | x | |
| 48 | Verificar adecuada ubicación de los tubos en relación a los espejos. | | 2,91 | | | | | ● | | | x |
| 49 | Apuntar gancho sobre espejo superior | | 3,15 | ● | | | | | MIG, En el centro del espejo | x | |
| | Soldadura | | | | | | | | | | |
| 50 | Transporte área ensamble/soldadura | 5,70 | 8,84 | | | | | ● | Tecla de pluma y sogas | | x |
| 51 | Preparación de soldadora, electrodos y EPP | | 13,54 | | | | | ● | SMAW, electrodos E-6011/E-6013 | | x |
| 52 | Soldadura de tubos contra espejo superior | | 107,94 | ● | | | | | Electrodos E-6011 | x | |
| 53 | Voltear cámara de tubos | | 4,97 | ● | | | | | | | x |
| 54 | Soldadura de tubos contra espejo inferior | | 120,52 | ● | | | | | Electrodos E-6011 | x | |
| 55 | Voltear cámara de tubos | | 5,34 | ● | | | | | | | x |
| 56 | Soldadura final de tubos contra espejo superior | | 100,03 | ● | | | | | Electrodos E-6013 | x | |
| 57 | Voltear cámara de tubos | | 5,86 | ● | | | | | | | x |
| 58 | Soldadura final de tubos contra espejo inferior | | 102,25 | ● | | | | | Electrodos E-6013 | x | |

Cursograma analítico ensamble final caldera GN.1001 – LTJ (Continuación 5)

| Diagrama N° 10 | | Hoja N° 6 / 20 | | | | | Continuación | | | | |
|----------------|--|----------------|--------------|---------|---|---|--------------|---|--------------------------------|------------|---------------|
| Descripción | | Distancia (m) | Tiempo (min) | Símbolo | | | | | Observaciones | Act. | |
| | | | | ○ | ➔ | D | □ | ▽ | | Productiva | No Productiva |
| 59 | Voltear cámara de tubos | | 7,20 | ● | | | | | | | x |
| 60 | Soldadura de gancho a espejo superior | | 14,92 | ● | | | | | Electrodos E-6011/E6013 | x | |
| 61 | Elevar cámara de tubos con tecle | | 7,74 | ● | | | | | | | x |
| 62 | Centrar cámara de tubos sobre cámara de fuego | | 11,26 | ● | | | | | | x | |
| 63 | Apuntar espejo inferior de cámara de tubos con cámara de fuego | | 5,23 | ● | | | | | MIG | x | |
| 64 | Preparación de soldadora, electrodos y EPP | | 12,56 | | | | ● | | SMAW, electrodos E-6011/E-6013 | | x |
| 65 | Soldadura de la cámara de fuego con espejo inferior de cámara de tubos | | 20,12 | ● | | | | | SMAW Electrodo E-6011 | x | |
| 66 | Soldadura final de la cámara de fuego con espejo inferior de cámara de tubos | | 23,57 | ● | | | | | SMAW Electrodo E-6013 | x | |
| 67 | Elevar haz tubular y cámara de fuego con tecle | | 9,30 | ● | | | | | | | x |
| 68 | Colocar de forma horizontal estructura sobre mesa de trabajo | - | 4,43 | | | | ● | | | | x |
| 69 | Soldadura de cierre del cilindro de cámara de fuego | | 10,96 | ● | | | | | SMAW Electrodo E-6011 | x | |
| 70 | Soldadura final de cierre de cilindro de cámara de fuego | | 13,00 | ● | | | | | SMAW Electrodo E-6013 | x | |

Cursograma analítico ensamble final caldera GN.1001 – LTJ (Continuación 6)

| Diagrama N° 10 | | Hoja N° 7 / 20 | | | | | Continuación | | | | | |
|-----------------------------|--|----------------|--------------|---------|---|---|--------------|---|--|------------|---------------|---|
| Descripción | | Distancia (m) | Tiempo (min) | Símbolo | | | | | Observaciones | Act. | | |
| | | | | ○ | ⇒ | ⊖ | □ | ▽ | | Productiva | No Productiva | |
| 71 | Elevar estructura en tecla y colocarla de forma vertical sobre mesa de trabajo | | 11,23 | ● | | | | | | | x | |
| 72 | Soldadura de rodela de cierre contra cámara de fuego | | 16,94 | ● | | | | | SMAW Electrodo E-6011 | x | | |
| 73 | Soldadura final de rodela de cierre contra cámara de fuego | | 20,11 | ● | | | | | SMAW Electrodo E-6013 | x | | |
| 74 | Elevar estructura con tecla y quitar mesa de trabajo para colocar la estructura al piso | | 11,41 | ● | | | | | | | | x |
| Cuerpo de la caldera | | | | | | | | | | | | |
| 75 | Almacenamiento de materia prima | - | - | | | | | | Plancha de acero A36 de 4mm de espesor | | | x |
| 76 | Transporte a corte | 6,10 | 6,14 | | ● | | | | Manual, 1 uds | | | x |
| 77 | Se corrobora medida espejo superior para cálculo de Ø del mismo. Ø espejo superior = 0,40m | | 3,98 | | | ● | | | Perímetro de espejo superior = longitud a cortar en la plancha | | | x |
| 78 | Preparación de herramientas medición/trazado | | 10,81 | | | | ● | | | | | x |
| 79 | Corte de plancha | | 11,97 | ● | | | | | 1,26m x 0,90m | x | | |
| 80 | Limpieza de escoria | | 3,29 | ● | | | | | Efecto del corte | x | | |

Cursograma analítico ensamble final caldera GN.1001 – LTJ (Continuación 7)

| Diagrama N° 10 | | Hoja N° 8 / 20 | | | | | Continuación | | | | | |
|----------------|---|----------------|--------------|---------|---|---|--------------|---|---------------|---|---------------|---|
| Descripción | | Distancia (m) | Tiempo (min) | Símbolo | | | | | Observaciones | Act. | | |
| | | | | ○ | ➔ | ⊖ | □ | ▽ | | Productiva | No Productiva | |
| 81 | Preparación de herramientas cálculo/ medición/trazado Espacios de 0,32m | | 16,45 | ● | | | | | | Se divide la plancha en 4 espacios iguales y se raya. | x | |
| 82 | Transporte de plancha a área de rolado y perforado | 8,20 | 1,44 | | ● | | | | | | | x |
| 83 | Preparación y colocación de plancha en máquina roladora | | 7,05 | | | ● | | | | | | x |
| 84 | Rolado de plancha | | 27,20 | ● | | | | | | | x | |
| 85 | Preparación de soldadora, electrodos y EPP | | 11,16 | | | ● | | | | | | x |
| 86 | Se cuadra y sujeta el cilindro ya formado para generar un adecuado cierre del mismo | | 5,15 | ● | | | | | | Se sujeta con pinzas de presión | x | |
| 87 | Se fija el cierre del cilindro con hilos cortos de soldadura no constantes | | 7,88 | ● | | | | | | SMAW, electrodos E-6011 | x | |
| 88 | Verificación de soldadura | | 1,14 | | | | | ● | | | | x |
| 89 | Preparación de máquina roladora para sacar cilindro de la misma | | 3,91 | | | ● | | | | | | x |
| 90 | Se extrae el cilindro de la máquina roladora | | 2,04 | | | ● | | | | Tecla de pluma y sogas | | x |

Cursograma analítico ensamble final caldera GN.1001 – LTJ (Continuación 8)

| Diagrama N° 10 | | Hoja N° 9 / 20 | | | | | Continuación | | | | | |
|----------------|--|----------------|--------------|---------|---|---|--------------|---|---------------|--------------------------------|---------------|---|
| Descripción | | Distancia (m) | Tiempo (min) | Símbolo | | | | | Observaciones | Act. | | |
| | | | | ○ | ⇒ | ◐ | ◑ | ▽ | | Productiva | No Productiva | |
| 91 | Transporte a área de ensamble/soldadura | 4,20 | 6,36 | | ● | | | | | Tecle de pluma y sogas | | x |
| 92 | Preparación de soldadora, electrodos y EPP | | 12,68 | | | ● | | | | SMAW, electrodos E-6011/E-6013 | | x |
| 93 | Soldadura de cuerpo de la caldera (interna) | | 26,13 | ● | | | | | | Electrodos E-6011 | x | |
| 94 | Soldadura de cuerpo de la caldera (externa) | | 21,28 | ● | | | | | | Electrodos E-6011 | x | |
| 95 | Soldadura de cuerpo de la caldera (interna) | | 32,69 | ● | | | | | | Electrodos E-6013 | x | |
| 96 | Soldadura de cuerpo de la caldera (externa) | | 29,01 | ● | | | | | | Electrodos E-6013 | x | |
| 97 | Apuntar barilla en la parte superior de cuerpo de la caldera | | 4,73 | ● | | | | | | Provisional | | x |
| 98 | Elevar cuerpo de la caldera con tecle | | 8,32 | ● | | | | | | Usando barilla | | x |
| 99 | Acoplar cuerpo de la caldera a cámara de tubos, cámara de fuego y rodela de cierre | | 25,68 | ● | | | | | | | x | |
| 100 | Verificar el correcto acoplamiento de cuerpo de la caldera | | 7,40 | | | | | ● | | | | x |
| 101 | Quitar barilla apuntada a cuerpo de la caldera | | 1,54 | ● | | | | | | Con pulidora | | x |

Cursograma analítico ensamble final caldera GN.1001 – LTJ (Continuación 9)

| Diagrama N° 10 | | Hoja N° 10 / 20 | | | | | Continuación | | | | | |
|----------------|---|-----------------|--------------|---------|---|---|--------------|---|---------------|--|---------------|---|
| Descripción | | Distancia (m) | Tiempo (min) | Símbolo | | | | | Observaciones | Act. | | |
| | | | | ○ | ⇒ | ◐ | ◻ | ▽ | | Productiva | No Productiva | |
| 102 | Apuntar cuerpo de la caldera contra rodela de cierre y espejo superior de cámara de tubos | | 5,16 | ● | | | | | | MIG | x | |
| 103 | Soldadura de rodela de cierre contra cuerpo de la caldera | | 20,35 | ● | | | | | | SMAW Electrodo E-6011 | x | |
| 104 | Soldadura final de rodela de cierre contra cuerpo de la caldera | | 25,97 | ● | | | | | | SMAW Electrodo E-6013 | x | |
| 105 | Soldadura de espejo superior contra cuerpo de la caldera | | 27,50 | ● | | | | | | SMAW Electrodo E-6011 | x | |
| 106 | Soldadura final de espejo superior contra cuerpo de la caldera | | 30,76 | ● | | | | | | SMAW Electrodo E-6013 | x | |
| | Rodelas de salida de humo | | | | | | | | | | | |
| | Rodela fija | | | | | | | | | | | |
| 107 | Almacenamiento de materia prima | - | - | | | | | ● | | Plancha de acero A36 de 3mm de espesor | | x |
| 108 | Selección del retazo de plancha adecuado | | 1,76 | | | | | ● | | | | x |
| 109 | Transporte a corte | 6,70 | 0,64 | | | | | ● | | | | x |
| 110 | Preparación de herramientas medición/trazado | | 12,19 | | | | | ● | | | | x |
| 111 | Corte de plancha | | 14,50 | ● | | | | | | Ø ext: 0,46m Ø int: 0,35m | x | |

Cursograma analítico ensamble final caldera GN.1001 – LTJ (Continuación 10)

| Diagrama N° 10 | | Hoja N° 11 / 20 | | | | | Continuación | | | | |
|----------------|--|-----------------|--------------|---------|---|---|--------------|---|---|------------|---------------|
| Descripción | | Distancia (m) | Tiempo (min) | Símbolo | | | | | Observaciones | Act. | |
| | | | | ○ | ⇒ | ◐ | ◑ | ▽ | | Productiva | No Productiva |
| 112 | Limpieza de escoria | | 5,09 | ● | | | | | | x | |
| | Rodela extraíble | | | | | | | | | | |
| 113 | Almacenamiento de materia prima | - | - | | | | | ● | Plancha de acero A36 de 2mm de espesor | | x |
| 114 | Se corrobora el Ø interno de la rodela de salida de humos (fija) | | 1,52 | | | | | ● | Ø externo rodela (extraíble) = Ø interno rodela fija más 2cm | | x |
| 115 | Selección del retazo de plancha adecuado | | 1,74 | | | | | ● | | | x |
| 116 | Transporte a corte | 6,70 | 0,87 | | ● | | | | | | x |
| 117 | Preparación de herramientas medición/trazado | | 22,94 | | | | | ● | Se raya también 8 puntos para futura perforación y colocación de pernos de fijación | | x |
| 118 | Se hace guía en los 8 puntos para futura perforación | | 3,54 | ● | | | | | Con punto de golpe | x | |
| 119 | Corte de plancha | | 12,75 | ● | | | | | Ø ext: 0,37m Ø int: 0,15m | x | |
| 120 | Limpieza de escoria | | 2,95 | ● | | | | | | x | |
| | Preensamble rodela | | | | | | | | | | |
| 121 | Centrar rodela extraíble sobre rodela fija | | 2,22 | ● | | | | | | | x |
| 122 | Juntar con puntos ambas rodela | | 0,30 | ● | | | | | | x | |

Cursograma analítico ensamble final caldera GN.1001 – LTJ (Continuación 11)

| Diagrama N° 10 | | Hoja N° 12 / 20 | | | | | Continuación | | | | | |
|----------------|--|-----------------|--------------|---------|---|---|--------------|---|--|------------|---------------|---|
| Descripción | | Distancia (m) | Tiempo (min) | Símbolo | | | | | Observaciones | Act. | | |
| | | | | ○ | ⇒ | ◐ | ◑ | ▽ | | Productiva | No Productiva | |
| 123 | Preparación de mesa, entenallas y plato giratorio de taladro | | 1,90 | | | | | | | | | x |
| 124 | Perforación de rodela | | 32,70 | ● | | | | | Broca de 1/4"; 8 perforaciones | x | | |
| 125 | Separación de rodela | | 1,22 | ● | | | | | Con pulidora, desbastando puntos de suelda | x | | |
| | Salida de humos | | | | | | | | | | | |
| 126 | Almacenamiento de materia prima | - | - | | | | | | Tool de 1/20 o 1,10mm de espesor | | | x |
| 127 | Cálculo del perímetro del Ø interno de rodela extraíble | | 1,05 | | | | | | Perímetro = 0,47m | | | x |
| 128 | Preparación de herramientas medición/trazado | | 6,06 | | | | | | 0,47m x 0,08m | | | x |
| 129 | Corte de tool | | 3,80 | ● | | | | | Máquina cizalla Tijera | x | | |
| 130 | Transporte a rolado y perforado | 6,20 | 1,09 | | ● | | | | Roladora pequeña | | | x |
| 131 | Preparación de roladora | | 8,26 | | | | | | | | | x |
| 132 | Rolado de tool | | 9,61 | ● | | | | | | x | | |
| 133 | Transporte de cilindro a corte | 6,20 | 3,44 | | ● | | | | | | | x |
| 134 | Apuntado de cilindro | | 7,06 | ● | | | | | MIG | x | | |
| 135 | Fijar cilindro sobre rodela extraíble | | 9,52 | ● | | | | | MIG, Puntos de suelda | x | | |
| 136 | Transporte de rodela a ensamble/ soldadura | 5,70 | 1,10 | | ● | | | | Fija y extraíble | | | x |

Cursograma analítico ensamble final caldera GN.1001 – LTJ (Continuación 12)

| Diagrama N° 10 | | Hoja N° 13 / 20 | | | | | Continuación | | | |
|----------------|--|-----------------|---------|---|---|---|--------------|---|------------|---------------|
| Descripción | Distancia (m) | Tiempo (min) | Símbolo | | | | | Observaciones | Act. | |
| | | | ○ | ⇒ | ◐ | ◻ | ▽ | | Productiva | No Productiva |
| | | | | | | | | | | |
| 137 | Acoplamiento de rodela de salida de humo | 3,87 | ● | | | | | Sobre cuerpo de la caldera | | x |
| 138 | Verificación de ubicación de rodela de salida de humo | 1,84 | | | | | ● | | | x |
| 139 | Apuntar rodela contra cuerpo de la caldera | 1,15 | ● | | | | | MIG | x | |
| 140 | Soldadura de rodela de salida de humos fija | 9,08 | ● | | | | | SMAW Electrodo E-6011 | x | |
| 141 | Elevar caldera con tecla | - | 9,34 | ● | | | | | | x |
| 142 | Colocar caldera sobre mesa de trabajo en forma horizontal | - | 3,80 | | | | ● | | | x |
| 143 | Medir y trazar en rodela de cierre tres divisiones a 120° cada una | 7,66 | | | | | ● | | | x |
| 144 | Se buscan los tubos ya destinados para bancada de la caldera | 1,75 | | | | | ● | 3 tubos de 0,15m de longitud | | x |
| 145 | Soldadura de tubos contra rodela de cierre (patas de caldera) | 2,90 | ● | | | | | SMAW Electrodo E-6011 | x | |
| 146 | Medir y rayar distancias sobre cuerpo de la caldera | 8,71 | | | | | ● | Huecos para neplós y visor de llama | | x |
| 147 | Se cortan huecos sobre cuerpo de la caldera y cámara de fuego para neplós y visor de llama | 17,26 | ● | | | | | Visor de llama requiere corte en cuerpo de la caldera y cámara de fuego | x | |

Cursograma analítico ensamble final caldera GN.1001 – LTJ (Continuación 13)

| Diagrama N° 10 | | Hoja N° 14 / 20 | | | | | Continuación | | | | | |
|----------------|--|-----------------|--------------|---------|---|---|--------------|---|---------------|---|---------------|---|
| Descripción | | Distancia (m) | Tiempo (min) | Símbolo | | | | | Observaciones | Act. | | |
| | | | | ○ | ⇒ | ◐ | ◑ | ▽ | | Productiva | No Productiva | |
| 148 | Se busca y selecciona neplos apropiados y visor de llama | | 2,88 | | | ● | | | | En bodega 5 neplos de ½” 3 neplos de 1” | | x |
| 149 | Transporte de neplos y visor al área de ensamble/soldadura | 7,40 | 1,22 | | | ● | | | | | | x |
| 150 | Se apunta neplos en cuerpo de la caldera según donde corresponda | | 16,39 | ● | | | | | | MIG | x | |
| 151 | Se apunta visor de llama en cuerpo de la caldera y cámara de fuego | | 5,99 | ● | | | | | | MIG | x | |
| 152 | Se verifica y escuadra cada neplo | | 18,92 | | | | | ● | | | | x |
| 153 | Verificación visual de visor | | 4,17 | | | | | ● | | | | x |
| 154 | Preparación de soldadora, electrodos y EPP | | 2,87 | | | ● | | | | SMAW, electrodos E-6011/E-6013 | | x |
| 155 | Soldadura de neplos y visor | | 13,17 | ● | | | | | | SMAW, electrodos E-6011 | x | |
| 156 | Soldadura final de neplos y visor | | 19,34 | ● | | | | | | SMAW, electrodos E-6013 | x | |
| | Verificación total soldadura | | | | | | | | | | | |
| 157 | Se coloca tapones en 7 neplos de la caldera | | 14,49 | ● | | | | | | 4 de ½” 3 de 1” | x | |
| 158 | Se llena de agua hasta la mitad aproximadamente la caldera | | 11,08 | | | ● | | | | Por el neplo no taponado | | x |

Cursograma analítico ensamble final caldera GN.1001 – LTJ (Continuación 14)

| Diagrama N° 10 | | Hoja N° 15 / 20 | | | | | Continuación | | | | |
|----------------|---|-----------------|--------------|---------|---|---|--------------|---|-------------------------------------|------------|---------------|
| Descripción | | Distancia (m) | Tiempo (min) | Símbolo | | | | | Observaciones | Act. | |
| | | | | ○ | ⇒ | ◐ | ◑ | ▽ | | Productiva | No Productiva |
| 159 | Se coloca el regulador de presión | | 5,10 | ● | | | | | En el neplo no taponado | x | |
| 160 | Cargar de aire comprimido a la caldera hasta 120psi | | 13,13 | | | ● | | | Con compresor | | x |
| 161 | Comprobar toda la soldadura del equipo | | 20,82 | | | | ● | | Con espuma de jabón y brocha | | x |
| 162 | Dejar el equipo cargado con aire comprimido a 120psi | | 142,38 | | | | ● | | Verificación de calidad de suelda | | x |
| 163 | Sacar el aire comprimido de la caldera | | 7,23 | | | ● | | | A través de válvula de media vuelta | | x |
| 164 | Quitar tapones y regulador de presión | | 11,20 | ● | | | | | | x | |
| 165 | Botar agua del equipo | | 8,72 | | | ● | | | | | x |
| | Aislamiento térmico | | | | | | | | | | |
| 166 | Almacenamiento de materia prima | - | - | | | | | ● | Rollo de lana de vidrio | | x |
| 167 | Medición de longitud necesaria para cubrir la caldera | | 1,68 | | | ● | | | | | x |
| 168 | Corte de longitud necesaria | | 8,59 | ● | | | | | | x | |
| 169 | Envolver la caldera con la lana de vidrio | | 15,13 | ● | | | | | | x | |
| 170 | Asegurar lana de vidrio a caldera | | 13,09 | ● | | | | | Con cintas con resistencia térmica | x | |
| | Forro tool galvanizado | | | | | | | | | | |
| 171 | Almacenamiento materia prima | - | - | | | | | ● | Tool galvanizado | | x |

Cursograma analítico ensamble final caldera GN.1001 – LTJ (Continuación 15)

| Diagrama N° 10 | | Hoja N° 16 / 20 | | | | | Continuación | | | |
|----------------|--|-----------------|---------|---|---|---|--------------|---|------------|---------------|
| Descripción | Distancia (m) | Tiempo (min) | Símbolo | | | | | Observaciones | Act. | |
| | | | ○ | ⇒ | ◐ | ◑ | ▽ | | Productiva | No Productiva |
| 172 | Verificación de Ø final de la caldera y cálculo de perímetro | 5,17 | | | ● | | | Perímetro = longitud necesaria de tool | | x |
| 173 | Medición y corte de tool | 19,38 | ● | | | | | 1,45m x 0,92m | x | |
| 174 | Verificación de ubicación de neplos en caldera | 40,20 | | | ● | | | | | x |
| 175 | Medición y corte sobre tool | 31,15 | ● | | | | | Agujeros para neplos con plasma de corte manual | x | |
| 176 | Transporte de tool | 8,20 | 1,48 | | ● | | | Área de rolado y perforado | | x |
| 177 | Rolado de tool | 12,05 | | ● | | | | | x | |
| 178 | Transporte de tool | 4,20 | 1,40 | | ● | | | Área de ensamble soldadura | | x |
| 179 | Colocar tool sobre caldera | 21,52 | | ● | | | | | x | |
| 180 | Fijar con cintas tool a caldera | 6,97 | | ● | | | | Acomodos forro | x | |
| 181 | Medir distancias para remachar | 8,75 | | | ● | | | | | x |
| 182 | Perforar tool | 9,25 | | ● | | | | | x | |
| 183 | Remachar | 7,50 | | ● | | | | | x | |
| 184 | Doblar extremo superior e inferior de tool contra caldera | 13,96 | | ● | | | | | x | |
| 185 | Colocar 8 parches sobre forro | 2,34 | | | ● | | | Uno por cada neplo | | x |
| 186 | Perforar para fijar parches | 31,77 | | ● | | | | | x | |
| 187 | Remachar parches | 14,69 | | ● | | | | | x | |

Cursograma analítico ensamble final caldera GN.1001 – LTJ (Continuación 16)

| Diagrama N° 10 | | Hoja N° 17 / 20 | | | | | Continuación | | | | |
|---|--|-----------------|--------------|---------|---|---|--------------|---|-----------------------|------------|---------------|
| Descripción | | Distancia (m) | Tiempo (min) | Símbolo | | | | | Observaciones | Act. | |
| | | | | ○ | ⇒ | ◐ | ◻ | ▽ | | Productiva | No Productiva |
| Accesorios, válvulas e instrumentación | | | | | | | | | | | |
| 188 | Colocación de accesorios para fijar visor de nivel | | 12,78 | ● | | | | | | | x |
| 189 | Se mide longitud requerida de tubo visor | | 1,14 | | | ● | | | | | x |
| 190 | Corte de visor | | 9,43 | | | ● | | | | | x |
| 191 | Se fija visor de nivel | | 10,96 | ● | | | | | | | x |
| 192 | Verificación de ajuste de visor | | 0,93 | | | | | ● | | | x |
| 193 | Colocación de accesorios para fijar McDonnell | | 18,99 | ● | | | | | | | x |
| 194 | Se fija McDonnell | | 2,78 | ● | | | | | | | x |
| 195 | Colocación de válvula de purga de McDonnell | | 3,44 | ● | | | | | | | x |
| 196 | Selección de válvulas de purga para caldera | | 7,82 | | | ● | | | | | x |
| 197 | Colocación de accesorios y válvulas de purga de la caldera | | 16,27 | ● | | | | | | | x |
| 198 | Colocación de manifold | | 5,05 | ● | | | | | | | x |
| 199 | Se coloca en manifold dos tubos sifones (colitas de chancho) | | 7,95 | ● | | | | | | | x |
| 200 | Colocación de presostato y manómetro | | 9,53 | ● | | | | | En Colitas de chancho | | x |
| 201 | Colocación de válvula de alivio | | 2,09 | ● | | | | | Seteada a 125psi | | x |

Cursograma analítico ensamble final caldera GN.1001 – LTJ (Continuación 17)

| Diagrama N° 10 | | Hoja N° 18 / 20 | | | | | Continuación | | | | |
|---------------------------------|---|-----------------|--------------|---------|---|---|--------------|---|--|------------|---------------|
| Descripción | | Distancia (m) | Tiempo (min) | Símbolo | | | | | Observaciones | Act. | |
| | | | | ○ | ⇒ | ◐ | ◑ | ▽ | | Productiva | No Productiva |
| 202 | Se eleva caldera en tecla | | 13,39 | ● | | | | | | | x |
| 203 | Se adapta hornilla a cámara de fuego de caldera | | 55,15 | ● | | | | | | x | |
| 204 | Se prepara 2 cañerías para transporte de gas y funcionamiento del sistema | | 18,78 | | | ● | | | | | x |
| Automatización y control | | | | | | | | | | | |
| 205 | Almacenamiento de gabinetes eléctricos | | - | | | | | ● | | | x |
| 206 | Selección de gabinete eléctrico | | 3,15 | | | ● | | | 30cm x 30cm | | x |
| 207 | Perforación de gabinete eléctrico | | 4,80 | ● | | | | | 3 agujeros, taladro de mano | x | |
| 208 | Adaptación de válvula de gas | | 17,84 | ● | | | | | En gabinete | x | |
| 209 | Fijar gabinete eléctrico a tool de forro de la caldera | | 12,81 | ● | | | | | 3 tornillos auto-roscantes | x | |
| 210 | Se mide la longitud necesaria de canaleta ranura | | 1,03 | | | ● | | | Para cañería y cables de alta tensión | | x |
| 211 | Corte de canaleta ranurada | | 2,44 | ● | | | | | | x | |
| 212 | Se coloca canaleta | | 7,63 | ● | | | | | Fijándola al tool de la caldera | x | |
| 213 | Colocación de cañerías para transporte de gas | | 30,38 | ● | | | | | 2 cañerías, dentro de canaleta | x | |
| 214 | Colocación de cables de alta tensión | | 26,81 | ● | | | | | 2 cables, dentro de canaleta, encargados de generar chispa | x | |

Cursograma analítico ensamble final caldera GN.1001 – LTJ (Continuación 18)

| Diagrama N° 10 | | Hoja N° 19 / 20 | | | | | Continuación | | | | |
|----------------|---|-----------------|---------|---|---|---|--------------|---------------|--|---------------|---|
| Descripción | Distancia (m) | Tiempo (min) | Símbolo | | | | | Observaciones | Act. | | |
| | | | ○ | ⇒ | ◐ | ◑ | ▽ | | Productiva | No Productiva | |
| 215 | Colocar cañerías en válvula de gas | | 6,79 | ● | | | | | Una cañería a la entrada de la hornilla para sistema principal. Otra cañería controla la llama piloto del sistema. | x | |
| 216 | Acertar cables de alta tensión en electrodos | | 1,77 | ● | | | | | En electrodos ubicados en la hornilla. | x | |
| 217 | Almacenamiento de material para gabinete eléctrico | | - | | | | | ● | | | x |
| 218 | Selección de material para automatización | | 20,73 | | | | | ● | | | x |
| 219 | Acoplamiento de termostato | | 31,00 | ● | | | | | En placa extraíble del gabinete | x | |
| 220 | Se realiza la automatización del equipo | | 531,14 | ● | | | | | Colocación de equipos y cableado todo en placa extraíble del gabinete | x | |
| 221 | Colocación de placa extraíble en gabinete eléctrico | | 7,27 | ● | | | | | | x | |
| 222 | Se transporta tanque de abastecimiento de agua para caldera | 7,40 | 12,59 | | | | | ● | Desde bodega | | x |
| 223 | Instalación de tanque de abastecimiento | | 27,47 | ● | | | | | 3 codos ½” 2 válvulas check 1 Nudo HN Neplos varios 1 Reductor de 1” a ½” | x | |

| Diagrama N° 10 | | Hoja N° 20 / 20 | | | | | Continuación | | | | |
|----------------|---|-----------------|---------|---|---|---|--------------|--|--|---------------|---|
| Descripción | Distancia (m) | Tiempo (min) | Símbolo | | | | | Observaciones | Act. | | |
| | | | ○ | ⇒ | ◐ | ◑ | ▽ | | Productiva | No Productiva | |
| 224 | Conexión de instrumentos fijos de caldera a sistema de control | | 53,69 | ● | | | | | McDonnell Presostato Bomba de abastecimiento Cables de alta tensión a modulo | x | |
| 225 | Prueba del sistema de vapor | | 111,26 | | | | ● | Se comprueba el total y correcto funcionamiento del equipo | | | x |
| 226 | Transporte desde oficina de logotipo, placa técnica, etiqueta, señalética para gabinete eléctrico | 6,20 | 10,83 | | ● | | | | | | x |
| 227 | Se coloca logotipo, placa técnica, etiqueta, señalética para gabinete eléctrico | | 49,67 | ● | | | | | | x | |
| 228 | Se embala equipo | | 35,54 | ● | | | | Con papel rollo film se cubre gabinete eléctrico, presostato y manómetro | x | | |

Diagrama de recorrido para el proceso de ensamble final caldera GN.1001-LTJ

Al examinar el cursograma analítico del ensamble final se ve que de un total de 228 actividades que lo conforman, 22 corresponden a transportes lo que equivale a un 9,65% del total; lo anterior se obtiene tomando como base del análisis el número de actividades.

Para incluir los factores cualitativos junto a los factores cuantitativos como parte de la evaluación de la utilidad de diversos métodos o diagramas, a menudo se recurre a técnicas pseudocuantitativas, que expresan los beneficios cualitativos en términos cuantitativos (transformando juicios subjetivos en resultados numéricos). Estos valores o límites deben asignarse hablando con los directores o supervisores que participan en el sector del trabajo. (Una ventaja de este método es que impone a los responsables de la adopción de las decisiones la necesidad de reflexionar meticulosamente acerca de sus prioridades.) Se establece así un porcentaje permisible de determinadas actividades, este puede basarse en datos cuantitativos o referencias preliminares cuando se dispone de ellas o en un juicio subjetivo [7].

Para este caso en particular y después de hablar con gerencia y las personas que participan en el sector del trabajo se toma como base un juicio subjetivo y se establece como límite máximo permisible de actividades de transporte un 10%, es decir que si el porcentaje que representa actividades de transporte es igual o rebasa este 10% se considera útil la aplicación de un diagrama de recorrido caso contrario y en base a lo antes expuesto solo se estaría jugueteando con fracciones de tiempo y distancias insignificantes cuando se está produciendo un enorme desecho de tiempo y esfuerzos por factores diferentes a esto.

Ahora analizando en base al tiempo y considerando que el tiempo total del proceso constructivo es de 3927,66 min y el tiempo correspondiente a los 22 transportes es de 80,54 min lo cual equivale a tan solo 2,05% del total de tiempo que toma el proceso de construcción de la caldera GN.1001 – LTJ.

El especialista puede sentir la tentación de analizar con más detalle ciertas cuestiones; es necesario resistirse a esa tentación, en otras palabras, el especialista en el estudio del trabajo no debe dedicarse a realizar estudios detallados que producirán un ahorro de unos pocos segundos; tiene escasa utilidad juguetear con fracciones de tiempo y distancias cuando se está produciendo un enorme desecho de tiempo y esfuerzos como resultado de una manipulación inadecuada de los materiales u otros factores [7].

Se puede concluir mencionando que el número de actividades de transporte existentes durante el proceso constructivo analizado no rebasan el 10% establecido como límite permisible; al analizar con referencia al tiempo total no representan ni un 3% y en distancia solo corresponden a 140,1m de ahí que no se considera útil la aplicación de un diagrama de recorrido.

Ratio de operaciones (número de actividades)

$$RO = \frac{\text{Número de operaciones}}{\text{Número total de actividades}} \times 100$$

$$RO = \frac{127 \text{ actividades}}{228 \text{ actividades}} \times 100$$

$$RO = 55,70\%$$

Ratio de operaciones (tiempos)

$$RO = \frac{\text{Tiempo de operación}}{\text{Tiempo total}} \times 100$$

$$IVA = \frac{3058,49 \text{ min}}{3927,66 \text{ min}} \times 100$$

$$IVA = 77,87\%$$

El análisis en base al número de actividades implica que en más del 40% de las actividades que se realizan, se gasta insumos sin agregar valor; mientras, que analizando en referencia a los tiempos es notable que más del 20% del tiempo empleado es invertido en actividades que no agregan valor. Lo antes expuesto son situaciones que desmejoran la productividad total [9].

De ahí que en una buena gerencia debe abordarse con prioridad la mejora de la productividad, tratando de eliminar las actividades no productivas [9].

Descripción de elementos

Ya definido el cursograma analítico total del proceso constructivo; se expone en las tablas siguientes los elementos correspondientes a cada actividad y necesarios para obtener una caldera generadora de vapor GN.1001 – LTJ.

Tabla 36. Descripción de elementos de actividad de la construcción de la cámara de fuego

| DESCRIPCIÓN DE ELEMENTOS DE ACTIVIDAD | | | |
|---|--|----------|---|
| | | | ESTUDIO N° 1 |
| Actividad: Construcción cámara de fuego o tubo hogar | | | |
| Producto parcial: Cámara de fuego o tubo hogar | | | |
| Material: Plancha de acero A36 de 4mm de espesor | | | |
| Máquina: Cortadora plasma, Soldadora SMAW | | | |
| A | Almacenamiento de materia prima | I | Rolado de plancha |
| B | Transporte a corte | J | Preparación de soldadora, electrodos y EPP |
| C | Se corrobora medida espejo inferior para cálculo de perímetro del mismo. Ø espejo inferior = 0,35m | K | Se cuadra y sujeta el cilindro ya formado para generar un adecuado cierre del mismo |
| D | Preparación de herramientas medición/trazado | L | Se fija el cierre del cilindro con hilos cortos de soldadura no constantes |
| E | Corte de plancha | M | Verificación de soldadura |
| F | Limpieza de escoria | N | Preparación de máquina roladora para sacar cilindro de la misma |
| G | Transporte de plancha a área de rolado y perforado | O | Se extrae el cilindro de la máquina roladora |
| H | Preparación y colocación de plancha en máquina roladora | P | Transporte a área de ensamble/soldadura |

Tabla 37. Descripción de elementos de actividad del corte y ensamble de la rodela de cierre

| DESCRIPCIÓN DE ELEMENTOS DE ACTIVIDAD | | | |
|---|---|----------|--|
| | | | ESTUDIO N° 1 |
| Actividad: Corte y ensamble de rodela de cierre | | | |
| Producto parcial: Rodela de cierre | | | |
| Material: Plancha de acero A36 de 5mm de espesor | | | |
| Máquina: Cortadora plasma, Soldadora MIG | | | |
| A | Almacenamiento de materia prima | G | Corte de plancha |
| B | Se corrobora Ø de cuerpo de la caldera Ø cuerpo de la caldera = 0,40m | H | Limpieza de escoria |
| C | Selección del retazo de plancha adecuado | I | Transporte al área de ensamble/soldadura |
| D | Transporte a corte | J | Cuadrar rodela de cierre en la parte inferior de la cámara de fuego o tubo hogar |
| E | Se corrobora Ø de cámara de fuego Ø de cámara de fuego = 0,35m | K | Apuntar rodela de cierre a cámara de fuego |
| F | Preparación de herramientas medición/trazado | | |

Tabla 38. Descripción de elementos de actividad de la construcción y ensamble de la cámara de tubos

| DESCRIPCIÓN DE ELEMENTOS DE ACTIVIDAD | | | |
|---|--|----------|--|
| | | | ESTUDIO N° 1 |
| Actividad: Construcción y ensamble de cámara de tubos | | | |
| Producto parcial: cámara de tubos o haz tubular | | | |
| Material: Plancha de acero A36 de 5 y 10mm de espesor; tubo en HN ¾” SCH 40 | | | |
| Máquina: Cortadora plasma, Soldadora MIG y SMAW, tecele de pluma y tambor, máquina de desbarbado | | | |
| Espejos | | | |
| A | Almacenamiento de materia prima | H | Realización de huecos guías sobre espejos |
| B | Transporte a corte | I | Transporte de espejos a área de rolado y perforado |
| C | Preparación de herramientas medición/trazado | J | Preparación de taladro de columna |
| D | Corte de espejos y gancho | K | Perforado de espejos |
| E | Limpieza de escoria | L | Desmontaje de espejos y limpieza de taladro de columna |
| F | Apuntar espejos uno sobre otro | M | Transporte de espejos área de corte |
| G | Trazado de guías para ubicación de tubos | | |
| Tubos | | | |
| A | Preparación de herramientas | F | Centrar espejos insertando tubos guías |
| B | Corte de tubos de 40cm de longitud | G | Insertar el resto de tubos y apuntar |
| C | Desbarbado de tubos | H | Verificar adecuada ubicación de los tubos en relación a los espejos. |
| D | Verificar calidad de desbarbado en tubos | I | Apuntar gancho sobre espejo superior |
| E | Separar espejos uno del otro | | |
| Soldadura | | | |
| A | Transporte área ensamble/soldadura | P | Elevar haz tubular y cámara de fuego con tecele |
| B | Preparación de soldadora, electrodos y EPP | Q | Soldadura de la cámara de fuego con espejo inferior de cámara de tubos |
| C | Soldadura de tubos contra espejo superior | R | Soldadura final de la cámara de fuego con espejo inferior de cámara de tubos |
| D | Voltear cámara de tubos | S | Colocar de forma horizontal estructura sobre mesa de trabajo |
| E | Soldadura de tubos contra espejo inferior | T | Soldadura de cierre del cilindro de cámara de fuego |
| F | Voltear cámara de tubos | U | Soldadura final de cierre de cilindro de cámara de fuego |
| G | Soldadura final de tubos contra espejo superior | V | Elevar estructura en tecele y colocarla de forma vertical sobre mesa de trabajo |
| H | Voltear cámara de tubos | W | Soldadura de rodela de cierre contra cámara de fuego |
| I | Soldadura final de tubos contra espejo inferior | X | Soldadura final de rodela de cierre contra cámara de fuego |
| J | Voltear cámara de tubos | Y | Elevar estructura con tecele y quitar mesa de trabajo para colocar la estructura al piso |
| K | Soldadura de gancho a espejo superior | | |
| L | Elevar cámara de tubos con tecele | | |
| M | Centrar cámara de tubos sobre cámara de fuego | | |
| N | Apuntar espejo inferior de cámara de tubos con cámara de fuego | | |
| O | Preparación de soldadora, electrodos y EPP | | |

Tabla 39. Descripción de elementos de actividad de la construcción y ensamble del cuerpo de la caldera

| DESCRIPCIÓN DE ELEMENTOS DE ACTIVIDAD | | ESTUDIO N° 1 | |
|--|--|---------------------|---|
| Actividad: Construcción y ensamble de cuerpo de la caldera | | | |
| Producto parcial: Cuerpo de la caldera | | | |
| Material: Plancha de acero A36 de 4mm de espesor | | | |
| Máquina: Cortadora plasma, Soldadora MIG y SMAW, tecele de pluma y tambor | | | |
| A | Almacenamiento de materia prima | S | Soldadura de cuerpo de la caldera (interna) |
| B | Transporte a corte | T | Soldadura de cuerpo de la caldera (externa) |
| C | Se corrobora medida espejo superior para cálculo de Ø del mismo. Ø espejo superior = 0,40m | U | Soldadura de cuerpo de la caldera (interna) |
| D | Preparación de herramientas medición/trazado | V | Soldadura de cuerpo de la caldera (externa) |
| E | Corte de plancha | W | Apuntar barilla en la parte superior de cuerpo de la caldera |
| F | Limpieza de escoria | X | Elevar cuerpo de la caldera con tecele |
| G | Preparación de herramientas cálculo/ medición/trazado Espacios de 0,32m | Y | Acoplar cuerpo de la caldera a cámara de tubos, cámara de fuego y rodela de cierre |
| H | Transporte de plancha a área de rolado y perforado | Z | Verificar el correcto acoplamiento de cuerpo de la caldera |
| I | Preparación y colocación de plancha en máquina roladora | A1 | Quitar barilla apuntada a cuerpo de la caldera |
| J | Rolado de plancha | B1 | Apuntar cuerpo de la caldera contra rodela de cierre y espejo superior de cámara de tubos |
| K | Preparación de soldadora, electrodos y EPP | C1 | Soldadura de rodela de cierre contra cuerpo de la caldera |
| L | Se cuadra y sujeta el cilindro ya formado para generar un adecuado cierre del mismo | D1 | Soldadura final de rodela de cierre contra cuerpo de la caldera |
| M | Se fija el cierre del cilindro con hilos cortos de soldadura no constantes | E1 | Soldadura de espejo superior contra cuerpo de la caldera |
| N | Verificación de soldadura | F1 | Soldadura final de espejo superior contra cuerpo de la caldera |
| O | Preparación de máquina roladora para sacar cilindro de la misma | | |
| P | Se extrae el cilindro de la máquina roladora | | |
| Q | Transporte a área de ensamble/soldadura | | |
| R | Preparación de soldadora, electrodos y EPP | | |

Tabla 40. Descripción de elementos de actividad de las rodela de salida de humo

| DESCRIPCIÓN DE ELEMENTOS DE ACTIVIDAD | | | |
|--|--|-----------|--|
| | | | ESTUDIO N° 1 |
| Actividad: Construcción y ensamble de rodela de salida de humo | | | |
| Producto parcial: Rodela de salida de humo | | | |
| Material: Plancha de acero A36 de 3 y 2mm de espesor; tool de 1/20 de espesor | | | |
| Máquina: Cortadora plasma, Soldadora MIG y SMAW | | | |
| Rodela fija | | | |
| A | Almacenamiento de materia prima | D | Preparación de herramientas |
| B | Selección del retazo de plancha adecuado | E | medición/trazado |
| C | Transporte a corte | F | Corte de plancha |
| | | F | Limpieza de escoria |
| Rodela extraíble | | | |
| A | Almacenamiento de materia prima | E | Preparación de herramientas |
| B | Se corrobora el Ø interno de la rodela de salida de humos (fija) | F | medición/trazado |
| C | Selección del retazo de plancha adecuado | G | Se hace guía en los 8 puntos para futura perforación |
| D | Transporte a corte | H | Corte de plancha |
| | | H | Limpieza de escoria |
| Preensamble rodela | | | |
| A | Centrar rodela extraíble sobre rodela fija | D | Perforación de rodela |
| B | Juntar con puntos ambas rodela | E | Separación de rodela |
| C | Preparación de mesa, entenallas y plato giratorio de taladro | | |
| Salida de humos | | | |
| A | Almacenamiento de materia prima | R | Medir y trazar en rodela de cierre tres divisiones a 120° cada una |
| B | Cálculo del perímetro del Ø interno de rodela extraíble | S | Se buscan los tubos ya destinados para bancada de la caldera |
| C | Preparación de herramientas medición/trazado | T | Soldadura de tubos contra rodela de cierre (patas de caldera) |
| D | Corte de tool | U | Medir y rayar distancias sobre cuerpo de la caldera |
| E | Transporte a rolado y perforado | V | Se cortan huecos sobre cuerpo de la caldera y cámara de fuego para neplos y visor de llama |
| F | Preparación de roladora | W | Se busca y selecciona neplos apropiados y visor de llama |
| G | Rolado de tool | X | Transporte de neplos y visor al área de ensamble/soldadura |
| H | Transporte de cilindro a corte | Y | Se apunta neplos en cuerpo de la caldera según donde corresponda |
| I | Apuntado de cilindro | Z | Se apunta visor de llama en cuerpo de la caldera y cámara de fuego |
| J | Fijar cilindro sobre rodela extraíble | A1 | Se verifica y escuadra cada neplo |
| K | Transporte de rodela a ensamble/soldadura | B1 | Verificación visual de visor |
| L | Acoplamiento de rodela de salida de humo | C1 | Preparación de soldadora, electrodos y EPP |
| M | Verificación de ubicación de rodela de salida de humo | D1 | Soldadura de neplos y visor |
| N | Apuntar rodela contra cuerpo de la caldera | E1 | Soldadura final de neplos y visor |
| O | Soldadura de rodela de salida de humos fija | | |
| P | Elevar caldera con tecla | | |
| Q | Colocar caldera sobre mesa de trabajo en forma horizontal | | |

Tabla 41. Descripción de elementos de actividad de la verificación total de soldadura

| DESCRIPCIÓN DE ELEMENTOS DE ACTIVIDAD | | | |
|---|--|----------|--|
| | | | ESTUDIO N° 1 |
| Actividad: Verificación total de soldadura | | | |
| Producto parcial: Estructura caldera GN.1001 - LTJ | | | |
| Material: -- | | | |
| Máquina: Compresor | | | |
| A | Se coloca tapones en 7 neplos de la caldera | E | Comprobar toda la soldadura del equipo |
| B | Se llena de agua hasta la mitad aproximadamente la caldera | F | Dejar el equipo cargado con aire comprimido a 120psi |
| C | Se coloca el regulador de presión | G | Sacar el aire comprimido de la caldera |
| D | Cargar de aire comprimido a la caldera hasta 120psi | H | Quitar tapones y regulador de presión |
| | | I | Botar agua del equipo |

Tabla 42. Descripción de elementos de actividad de la colocación del aislamiento térmico

| DESCRIPCIÓN DE ELEMENTOS DE ACTIVIDAD | | | |
|---|--|----------|---|
| | | | ESTUDIO N° 1 |
| Actividad: Colocación de aislamiento térmico | | | |
| Producto parcial: Estructura caldera GN.1001 – LTJ con aislamiento térmico | | | |
| Material: Rollo de lana de vidrio, tool galvanizado | | | |
| Máquina: Cortadora plasma | | | |
| Forro lana de vidrio | | | |
| A | Almacenamiento de materia prima | D | Envolver la caldera con la lana de vidrio |
| B | Medición de longitud necesaria para cubrir la caldera | E | Asegurar lana de vidrio a caldera |
| C | Corte de longitud necesaria | | |
| Forro tool galvanizado | | | |
| A | Almacenamiento materia prima | I | Colocar tool sobre caldera |
| B | Verificación de Ø final de la caldera y cálculo de perímetro | J | Fijar con cintas tool a caldera |
| C | Medición y corte de tool | K | Medir distancias para remachar |
| D | Verificación de ubicación de neplos en caldera | L | Perforar tool |
| E | Medición y corte sobre tool | M | Remachar |
| F | Transporte de tool | N | Doblar extremo superior e inferior de tool contra caldera |
| G | Rolado de tool | O | Colocar 8 parches sobre forro |
| H | Transporte de tool | P | Perforar para fijar parches |
| | | Q | Remachar parches |

Tabla 43. Descripción de elementos de actividad de accesorios, válvulas e instrumentos

| DESCRIPCIÓN DE ELEMENTOS DE ACTIVIDAD | | | |
|---|--|----------|---|
| ESTUDIO N° 1 | | | |
| Actividad: Colocación de accesorios válvulas e instrumentos | | | |
| Producto parcial: Estructura caldera con accesorios válvulas e instrumentos | | | |
| Material: Nudos varios, neplos, visor de llama, McDonnell, válvulas, manifold, tubos sifón | | | |
| Máquina: -- | | | |
| A | Colocación de accesorios para fijar visor de nivel | J | Colocación de accesorios y válvulas de purga de la caldera |
| B | Se mide longitud requerida de tubo visor | K | Colocación de manifold |
| C | Corte de visor | L | Se coloca en manifold dos tubos sifones (colitas de chanco) |
| D | Se fija visor de nivel | M | Colocación de presostato y manómetro |
| E | Verificación de ajuste de visor | N | Colocación de válvula de alivio |
| F | Colocación de accesorios para fijar McDonnell | O | Se eleva caldera en tecla |
| G | Se fija McDonnell | P | Se adapta hornilla a cámara de fuego de caldera |
| H | Colocación de válvula de purga de McDonnell | Q | Se prepara 2 cañerías para transporte de gas y funcionamiento del sistema |
| I | Selección de válvulas de purga para caldera | | |

Tabla 44. Descripción de elementos de actividad del sistema de control y acabados

| DESCRIPCIÓN DE ELEMENTOS DE ACTIVIDAD | | | |
|---|--|----------|---|
| ESTUDIO N° 1 | | | |
| Actividad: Elaboración de sistema de control de la caldera y acabados | | | |
| Producto parcial: CALDERA GN.1001 – LTJ | | | |
| Material: Gabinete eléctrico, válvula de gas, canaleta, cañerías, cables alta tensión, termostato. | | | |
| Máquina: -- | | | |
| A | Almacenamiento de gabinetes eléctricos | O | Acoplamiento de termostato |
| B | Selección de gabinete eléctrico | P | Se realiza la automatización del equipo |
| C | Perforación de gabinete eléctrico | Q | Colocación de placa extraíble en gabinete eléctrico |
| D | Adaptación de válvula de gas | R | Se transporta tanque de abastecimiento de agua para caldera |
| E | Fijar gabinete a tool de la caldera | S | Instalación de tanque de abastecimiento |
| F | Se mide la longitud de canaleta ranura | T | Conexión de instrumentos fijos de caldera a sistema de control |
| G | Corte de canaleta ranurada | U | Prueba del sistema de vapor |
| H | Se coloca canaleta | V | Transporte desde oficina de logotipo, placa técnica, etiqueta, señalética para gabinete eléctrico |
| I | Colocación de cañerías para transporte de gas | W | Se coloca logotipo, placa técnica, etiqueta, señalética para gabinete eléctrico |
| J | Colocación de cables de alta tensión | X | Se embala equipo |
| K | Colocar cañerías en válvula de gas | | |
| L | Acertar cables de alta tensión en electrodos | | |
| M | Almacenamiento de material para gabinete eléctrico | | |
| N | Selección de material para automatización | | |

Estudio de tiempos

Determinación del tamaño de la muestra

Aplicando el criterio de la General Electric para el proceso de construcción de la caldera generadora de vapor serie GN.1001 – LTJ y tomando en consideración que el total de minutos por ciclo o la sucesión de elementos necesarios para obtener una caldera GN.1001 – LTJ supera por mucho los 40 minutos, aspecto que es bastante notorio al realizar 3 observaciones preliminares con el fin de establecer un tiempo de ciclo promedio para seleccionar el tamaño de la muestra lo cual se presenta en la tabla 45. En base a lo expuesto en la tabla adoptada por algunos autores y la General Electric el número de ciclos recomendado es de 3; tamaño de muestra bastante adecuado para la realidad productiva de la empresa y del analista ya que la construcción de la caldera GN.1001 – LTJ no se realiza en serie sino más bien bajo pedido, situación que de cierta manera demoraría el estudio si el número de ciclos necesario fuese superior.

Tabla 45. Promedio de muestras preliminares del total de minutos por ciclo del proceso de construcción

| CALDERA GENERADORA DE VAPOR GN.1001 - LTJ | |
|--|--------------------|
| Muestras preliminares | |
| Tiempo de ciclo 1 | 3915,09 min |
| Tiempo de ciclo 2 | 3940,43 min |
| Tiempo de ciclo 3 | 3882,11 min |
| PROMEDIO | 3912,54 min |

Valoración del ritmo

Los estudios de tiempos se deberían hacer, en lo posible, con varios trabajadores calificados, y que es preferible evitar a los muy rápidos o muy lentos, entendiendo que trabajador calificado es aquel que tiene la experiencia, los conocimientos y otras cualidades necesarias para efectuar el trabajo en curso según normas satisfactorias de seguridad, cantidad y calidad [7].

Dominar totalmente la ejecución de una tarea es algo que puede llevar mucho tiempo para alcanzar tiempos más o menos constantes [7].

Es importante mencionar que el personal de GN Industrial destinado a la construcción de las calderas lleva ya varios años haciendo esta actividad en la empresa; el trabajador que más años está en la empresa tiene ya 19 años y el que menos, va por los 9 años; es decir dominan totalmente el proceso constructivo de una caldera.

Claro está que, si el grupo está formado total o casi totalmente por trabajadores calificados, habrá uno o varios que, además de ser calificados, se puedan considerar como representativos. El concepto de tiempo tipo, en esencia, corresponde al tiempo que debería tardar normalmente en hacer la tarea u operación un trabajador calificado medio que proceda como acostumbra hacerlo, pero con suficiente motivación para querer cumplir su cometido. En teoría, por lo tanto, el especialista en estudio del trabajo debería empezar por buscar al trabajador calificado medio [7].

El trabajador representativo es el que tiene una destreza y desempeño que corresponden al promedio del grupo estudiado; no es necesariamente un trabajador calificado [7].

El grupo destinado a la construcción de calderos está conformado por 5 personas incluyendo gerente, jefe de producción y 3 operarios; entendiendo que gerente y jefe de producción no están inmiscuidos en el proceso constructivo todo el tiempo a diferencia de los operarios; de ahí que se puede mencionar que las personas destinadas a esta actividad son por mucho trabajadores calificados medios.

No siempre se puede cronometrar una tarea con un trabajador calificado promedio, y aunque se pudiera, le ocurriría como a todos los hombres, que no trabajan igual día tras día y ni siquiera minuto tras minuto. El analista tiene que disponer de algún medio para evaluar el ritmo de trabajo del operario que observa y situarlo con relación al ritmo normal. Ese es el proceso que denominamos valoración del ritmo [7].

Sin lugar a duda los trabajadores de GN Industrial tienen un desempeño tipo durante la construcción de la caldera esto por varios factores como el tiempo en la empresa, la experiencia, motivación, entre otros.

Hay que tener en consideración que trabajar al ritmo tipo no siempre significa mover las manos o los miembros a la misma velocidad. En todo caso, no es raro que los trabajadores adelanten más a ciertas horas del día que a otras, de modo que el desempeño tipo casi nunca es resultado de una actividad que jamás se desvía del ritmo tipo durante los períodos activos del turno, sino que es más bien el producto acumulado de períodos de trabajo realizados a ritmos diversos [7].

Entendiendo que el trabajador no calificado realiza muchos movimientos innecesarios que el experimentado eliminó hace mucho tiempo. Lo único que importa es la velocidad útil de la operación, y sólo se logra valorarla cuando se conocen a fondo, por experiencia, las operaciones que se observan. Es muy fácil que el observador inexperto crea erróneamente que el operario está rindiendo mucho porque hace muchos movimientos con gran rapidez, o bien que no valore el ritmo de trabajo del operario experto, que actúa en apariencia con lentitud, pero ahorrando movimientos [7].

Tabla 46. Valoración del ritmo de trabajo de la construcción y ensamble de la cámara de tubos

| VALORACIÓN | | | |
|--|-----|----------|-----|
| Construcción y ensamble de cámara de tubos | | | |
| Espejos | | | |
| A | 100 | H | 100 |
| B | 100 | I | 100 |
| C | 100 | J | 100 |
| D | 100 | K | 100 |
| E | 100 | L | 100 |
| F | 100 | M | 100 |
| G | 100 | | |
| Tubos | | | |
| A | 105 | F | 105 |
| B | 105 | G | 105 |
| C | 105 | H | 105 |
| D | 105 | I | 105 |
| E | 105 | | |
| Soldadura | | | |
| A | 100 | N | 100 |
| B | 100 | O | 100 |
| C | 100 | P | 100 |
| D | 100 | Q | 100 |
| E | 100 | R | 100 |
| F | 100 | S | 100 |
| G | 100 | T | 100 |
| H | 100 | U | 100 |
| I | 100 | V | 100 |
| J | 100 | W | 100 |
| K | 100 | X | 100 |
| L | 100 | Y | 100 |
| M | 100 | | |

Tabla 47. Valoración del ritmo de trabajo de la elaboración del sistema de control y acabados

| VALORACIÓN | | | |
|--|-----|----------|-----|
| Elaboración de sistema de control de la caldera y acabados | | | |
| A | 100 | M | 100 |
| B | 100 | N | 100 |
| C | 100 | O | 100 |
| D | 100 | P | 100 |
| E | 100 | Q | 100 |
| F | 100 | R | 100 |
| G | 100 | S | 100 |
| H | 100 | T | 100 |
| I | 100 | U | 100 |
| J | 100 | V | 100 |
| K | 100 | W | 100 |
| L | 100 | X | 100 |

Suplementos

Es primordial que los suplementos nunca se utilicen como margen de elasticidad [7].

Para la presente investigación se toma la tabla recomendada por la OIT, poniendo énfasis en el hecho de que se trata solamente de una recomendación ya que la OIT no reconoce como válida la aplicación universal de ninguna norma en particular.

Tabla 48. Suplementos por descanso para la construcción y ensamble de la cámara de tubos

| Suplementos | | |
|-------------------------------|------------------------|-----------|
| Trabajador: | Hombre | |
| | | % |
| Suplementos constantes | Necesidades personales | 5 |
| | Fatiga | 4 |
| Suplementos variables | Trabajo de pie | 2 |
| | Uso de fuerza | 3 |
| | Ruido | 1 |
| | Postura anormal | 2 |
| TOTAL | | 17 |

Tabla 49. Suplementos por descanso para la elaboración del sistema de control de la caldera y acabados

| Suplementos | | |
|-------------------------------|------------------------|-----------|
| Trabajador: | Hombre | |
| | | % |
| Suplementos constantes | Necesidades personales | 5 |
| | Fatiga | 4 |
| | | |
| Suplementos variables | Trabajo de pie | 2 |
| | Ruido | 1 |
| | Concentración intensa | 2 |
| TOTAL | | 14 |

Una vez definido el tamaño de la muestra a aplicar para el estudio de tiempos del proceso constructivo de la caldera GN.1001 – LTJ; la valoración del ritmo y también suplementos por descanso estos dos últimos para cada proceso constructivo de los distintos componentes que conforman la caldera, se determinó el tiempo estándar para cada uno de los componentes

Tabla 50. Estudio de tiempos de la construcción y ensamble de la cámara de tubos o haz tubular

| ESTUDIO DE TIEMPOS | | | | | | | | | | |
|---|-----------|--------|--------|--------|-------------------------------|-----------|-----|--------|------|--------|
| ESTUDIO N°: 1 | | | | | | | | | | |
| Actividad: Construcción/ensamble cámara de tubos | | | | | Hoja: 1/2 | | | | | |
| Producto parcial: Cámara de tubos o haz tubular | | | | | Fecha: | | | | | |
| Tiempo: Minutos | | | | | Observador: Fabricio Regalado | | | | | |
| N° | Elemento | 1 | 2 | 3 | Total | \bar{x} | V | TB | S | TE |
| | Espejos | | | | | | | | | |
| 28 | A | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 29 | B | 5,59 | 4,8 | 5,91 | 16,3 | 5,43 | 100 | 5,43 | 0,17 | 6,36 |
| 30 | C | 33,59 | 24,89 | 33,77 | 92,25 | 30,75 | 100 | 30,75 | 0,17 | 35,98 |
| 31 | D | 22,53 | 20,65 | 22,02 | 65,2 | 21,73 | 100 | 21,73 | 0,17 | 25,43 |
| 32 | E | 3,97 | 3,16 | 4,03 | 11,16 | 3,72 | 100 | 3,72 | 0,17 | 4,35 |
| 33 | F | 3,61 | 2,09 | 3,54 | 9,24 | 3,08 | 100 | 3,08 | 0,17 | 3,60 |
| 34 | G | 19,35 | 17,23 | 19,32 | 55,9 | 18,63 | 100 | 18,63 | 0,17 | 21,80 |
| 35 | H | 27,65 | 23,69 | 27,75 | 79,09 | 26,36 | 100 | 26,36 | 0,17 | 30,85 |
| 36 | I | 1,38 | 0,59 | 1,47 | 3,44 | 1,15 | 100 | 1,15 | 0,17 | 1,34 |
| 37 | J | 7,33 | 6,39 | 8,85 | 22,57 | 7,52 | 100 | 7,52 | 0,17 | 8,80 |
| 38 | K | 327,46 | 315,79 | 327,44 | 970,69 | 323,56 | 100 | 323,56 | 0,17 | 378,57 |
| 39 | L | 9,73 | 8,94 | 9,7 | 28,37 | 9,46 | 100 | 9,46 | 0,17 | 11,06 |
| 40 | M | 1,09 | 0,65 | 1,67 | 3,41 | 1,14 | 100 | 1,14 | 0,17 | 1,33 |
| | Tubos | | | | | | | | | |
| 41 | A | 7,4 | 9,14 | 8,87 | 25,41 | 8,47 | 105 | 8,89 | 0,17 | 10,41 |
| 42 | B | 36,02 | 33,85 | 34,08 | 103,95 | 34,65 | 105 | 36,38 | 0,17 | 42,57 |
| 43 | C | 35,98 | 33,14 | 35,06 | 104,18 | 34,73 | 105 | 36,46 | 0,17 | 42,66 |
| 44 | D | 7,77 | 7,67 | 8,11 | 23,55 | 7,85 | 105 | 8,24 | 0,17 | 9,64 |
| 45 | E | 1,12 | 1,06 | 1,03 | 3,21 | 1,07 | 105 | 1,12 | 0,17 | 1,31 |
| 46 | F | 11,08 | 13,19 | 12,89 | 37,16 | 12,39 | 105 | 13,01 | 0,17 | 15,22 |
| 47 | G | 23,22 | 21,5 | 25,03 | 69,75 | 23,25 | 105 | 24,41 | 0,17 | 28,56 |
| 48 | H | 2,86 | 1,44 | 2,8 | 7,1 | 2,37 | 105 | 2,49 | 0,17 | 2,91 |
| 49 | I | 2,58 | 2,01 | 3,1 | 7,69 | 2,56 | 105 | 2,69 | 0,17 | 3,15 |
| | Soldadura | | | | | | | | | |
| 50 | A | 8,53 | 6,07 | 8,07 | 22,67 | 7,56 | 100 | 7,56 | 0,17 | 8,84 |
| 51 | B | 12,08 | 10,68 | 11,97 | 34,73 | 11,58 | 100 | 11,58 | 0,17 | 13,54 |
| 52 | C | 93,59 | 89,36 | 93,83 | 276,78 | 92,26 | 100 | 92,26 | 0,17 | 107,94 |
| 53 | D | 4,52 | 3,05 | 5,17 | 12,74 | 4,25 | 100 | 4,25 | 0,17 | 4,97 |
| 54 | E | 103,32 | 102,05 | 103,65 | 309,02 | 103,01 | 100 | 103,01 | 0,17 | 120,52 |
| 55 | F | 4,57 | 4,51 | 4,61 | 13,69 | 4,56 | 100 | 4,56 | 0,17 | 5,34 |
| 56 | G | 86,92 | 82,39 | 87,18 | 256,49 | 85,50 | 100 | 85,50 | 0,17 | 100,03 |
| 57 | H | 5,66 | 3,24 | 6,13 | 15,03 | 5,01 | 100 | 5,01 | 0,17 | 5,86 |

Estudio de tiempos de la construcción y ensamble de la cámara de tubos o haz tubular
(Continuación 1)

| Hoja: 2/2 | | | | | | Continuación 1 | | | | |
|---|----------|-------|-------|-------|--------|----------------|-----|---------|------|---------|
| 58 | I | 89,08 | 83,78 | 89,33 | 262,19 | 87,40 | 100 | 87,40 | 0,17 | 102,25 |
| 59 | J | 6,08 | 5,62 | 6,75 | 18,45 | 6,15 | 100 | 6,15 | 0,17 | 7,20 |
| 60 | K | 13,5 | 11,55 | 13,2 | 38,25 | 12,75 | 100 | 12,75 | 0,17 | 14,92 |
| 61 | L | 6,66 | 6,4 | 6,78 | 19,84 | 6,61 | 100 | 6,61 | 0,17 | 7,74 |
| 62 | M | 8,27 | 9,87 | 10,74 | 28,88 | 9,63 | 100 | 9,63 | 0,17 | 11,26 |
| 63 | N | 3,84 | 4,23 | 5,35 | 13,42 | 4,47 | 100 | 4,47 | 0,17 | 5,23 |
| 64 | O | 9,63 | 10,51 | 12,07 | 32,21 | 10,74 | 100 | 10,74 | 0,17 | 12,56 |
| 65 | P | 16,02 | 16,9 | 18,67 | 51,59 | 17,20 | 100 | 17,20 | 0,17 | 20,12 |
| 66 | Q | 20,9 | 18,19 | 21,34 | 60,43 | 20,14 | 100 | 20,14 | 0,17 | 23,57 |
| 67 | R | 7,36 | 7,56 | 8,93 | 23,85 | 7,95 | 100 | 7,95 | 0,17 | 9,30 |
| 68 | S | 3,6 | 2,96 | 4,79 | 11,35 | 3,78 | 100 | 3,78 | 0,17 | 4,43 |
| 69 | T | 8,82 | 9,19 | 10,1 | 28,11 | 9,37 | 100 | 9,37 | 0,17 | 10,96 |
| 70 | U | 10,66 | 10,84 | 11,83 | 33,33 | 11,11 | 100 | 11,11 | 0,17 | 13,00 |
| 71 | V | 9,05 | 9,33 | 10,41 | 28,79 | 9,60 | 100 | 9,60 | 0,17 | 11,23 |
| 72 | W | 14,59 | 12,82 | 16,02 | 43,43 | 14,48 | 100 | 14,48 | 0,17 | 16,94 |
| 73 | X | 16,02 | 17,39 | 18,15 | 51,56 | 17,19 | 100 | 17,19 | 0,17 | 20,11 |
| 74 | Y | 9,25 | 9,37 | 10,63 | 29,25 | 9,75 | 100 | 9,75 | 0,17 | 11,41 |
| TOTAL (min) | | | | | | | | 1158,27 | | 1355,17 |
| NOTA: \bar{x} =Promedio V=Valoración TB=Tiempo Básico S=Suplementos TE=Tiempo Estándar | | | | | | | | | | |

La tabla anterior muestra que, para la actividad de construcción y ensamble de la cámara de tubos o haz tubular se tiene un tiempo básico de 1158,27 minutos/unidad, y un tiempo estándar de 1355,17 minutos/unidad, considerando los suplementos del 17%.

Tabla 51. Resumen de tiempos de la construcción y ensamble de la cámara de tubos o haz tubular

| RESUMEN DE TIEMPOS (min) | |
|---------------------------------|---------|
| Tiempo Básico | 1158,27 |
| Suplementos | 0,17 |
| Tiempo Estándar | 1355,17 |

Tabla 52. Estudio de tiempos de la elaboración del sistema de control y acabados de la caldera

| ESTUDIO DE TIEMPOS | | | | | | | | | | |
|---|----------|--------|--------|--------|--------|-------------------------------|-----|--------|------|---------|
| ESTUDIO N°: 1 | | | | | | | | | | |
| Actividad: Elaboración sistema de control y acabados | | | | | | Hoja: 1/1 | | | | |
| Producto parcial: Caldera GN.1001 - LTJ | | | | | | Fecha: | | | | |
| Tiempo: Minutos | | | | | | Observador: Fabricio Regalado | | | | |
| N° | Elemento | 1 | 2 | 3 | Total | \bar{x} | V | TB | S | TE |
| 205 | A | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 206 | B | 3,46 | 1,81 | 3,03 | 8,3 | 2,77 | 100 | 2,77 | 0,14 | 3,15 |
| 207 | C | 5,12 | 2,84 | 4,67 | 12,63 | 4,21 | 100 | 4,21 | 0,14 | 4,80 |
| 208 | D | 16,62 | 13,2 | 17,12 | 46,94 | 15,65 | 100 | 15,65 | 0,14 | 17,84 |
| 209 | E | 11,47 | 11,06 | 11,19 | 33,72 | 11,24 | 100 | 11,24 | 0,14 | 12,81 |
| 210 | F | 1,12 | 0,29 | 1,31 | 2,72 | 0,91 | 100 | 0,91 | 0,14 | 1,03 |
| 211 | G | 2,7 | 1,28 | 2,44 | 6,42 | 2,14 | 100 | 2,14 | 0,14 | 2,44 |
| 212 | H | 7,2 | 5,84 | 7,04 | 20,08 | 6,69 | 100 | 6,69 | 0,14 | 7,63 |
| 213 | I | 28,01 | 24,22 | 27,71 | 79,94 | 26,65 | 100 | 26,65 | 0,14 | 30,38 |
| 214 | J | 24,17 | 22,79 | 23,58 | 70,54 | 23,51 | 100 | 23,51 | 0,14 | 26,81 |
| 215 | K | 6,63 | 4,07 | 7,18 | 17,88 | 5,96 | 100 | 5,96 | 0,14 | 6,79 |
| 216 | L | 1,99 | 1,01 | 1,67 | 4,67 | 1,56 | 100 | 1,56 | 0,14 | 1,77 |
| 217 | M | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 218 | N | 18,51 | 17,61 | 18,44 | 54,56 | 18,19 | 100 | 18,19 | 0,14 | 20,73 |
| 219 | O | 27,78 | 26,7 | 27,1 | 81,58 | 27,19 | 100 | 27,19 | 0,14 | 31,00 |
| 220 | P | 473,63 | 450,34 | 473,76 | 1397,7 | 465,91 | 100 | 465,91 | 0,14 | 531,14 |
| 221 | Q | 6,7 | 5,29 | 7,13 | 19,12 | 6,37 | 100 | 6,37 | 0,14 | 7,27 |
| 222 | R | 12,07 | 9,87 | 11,2 | 33,14 | 11,05 | 100 | 11,05 | 0,14 | 12,59 |
| 223 | S | 24,5 | 23,43 | 24,36 | 72,29 | 24,10 | 100 | 24,10 | 0,14 | 27,47 |
| 224 | T | 48,08 | 45,54 | 47,66 | 141,28 | 47,09 | 100 | 47,09 | 0,14 | 53,69 |
| 225 | U | 98,73 | 94,43 | 99,62 | 292,78 | 97,59 | 100 | 97,59 | 0,14 | 111,26 |
| 226 | V | 9,68 | 8,75 | 10,08 | 28,51 | 9,50 | 100 | 9,50 | 0,14 | 10,83 |
| 227 | W | 44,59 | 42,62 | 43,51 | 130,72 | 43,57 | 100 | 43,57 | 0,14 | 49,67 |
| 228 | X | 31,77 | 29,99 | 31,76 | 93,52 | 31,17 | 100 | 31,17 | 0,14 | 35,54 |
| TOTAL (min) | | | | | | | | 883,02 | | 1006,65 |
| NOTA: \bar{x} =Promedio V=Valoración TB=Tiempo Básico S=Suplementos TE=Tiempo Estándar | | | | | | | | | | |

La tabla anterior muestra que, para la actividad de elaboración del sistema de control y acabados de la caldera se tiene un tiempo básico de 883,02 minutos/unidad, y un tiempo estándar de 1006,65 minutos/unidad, considerando los suplementos del 14%.

Tabla 53. Resumen de tiempos de la elaboración del sistema de control y acabados de la caldera

| RESUMEN DE TIEMPOS (min) | |
|---------------------------------|---------|
| Tiempo Básico | 883,02 |
| Suplementos | 0,14 |
| Tiempo Estándar | 1006,65 |

Una vez realizado el estudio para todos los componentes que conforman la caldera generadora de vapor serie GN.1001 - LTJ, mismo que se muestra en el anexo 7 “Estudio de tiempos del proceso constructivo de la caldera serie GN.1001-LTJ”, en la tabla siguiente se detalla de manera resumida los tiempos obtenidos en base al estudio, además del número necesario de cada componente para conseguir conformar una caldera.

Tabla 54. Resumen de tiempos de las actividades que conforman el proceso constructivo de la caldera generadora de vapor serie GN.1001 - LTJ

| ACTIVIDAD | CANTIDAD | TIEMPO ESTÁNDAR (min/unidad) |
|--|-----------------|-------------------------------------|
| Construcción cámara de fuego | 1 | 90,96 |
| Corte y ensamble rodela de cierre | 1 | 50,85 |
| Construcción/ensamble cámara de tubos | 1 | 1355,17 |
| Construcción/ensamble cuerpo de la caldera | 1 | 405,19 |
| Construcción/ensamble rodela salida de humo | 1 | 322,14 |
| Verificación total de soldadura | 1 | 234,16 |
| Colocación de aislamiento térmico | 1 | 266,07 |
| Colocación de accesorios válvulas e instrumentos | 1 | 196,47 |
| Elaboración sistema de control y acabados | 1 | 1006,65 |
| TOTAL | | 3927,66 |

Manufactura esbelta

Aspectos generales de la implantación

Es importante tener presente que la propia naturaleza de la producción moderna dice que se debe evitar el uso de generalizaciones y no tomar términos, conceptos, ni métodos en el ámbito industrial como universales, más bien aconsejan que la implantación se haga de forma secuencial, adaptándose a la realidad particular de cada caso [11].

De manera general es necesario iniciar por aquellas técnicas y métodos que cambian sustancialmente y, sobre todo, rápidamente las formas de trabajo, de ahí que es importante según la teoría afrontar primero aquellas que permiten mejorar las condiciones de trabajo (5S) y la reducción de los tiempos de preparación (SMED) [11].

Analizar la situación inicial: todo lo antes mencionado toma forma en base a un análisis de la situación inicial; las técnicas que se utilizaran para el análisis inicial del lugar de trabajo son varias y quedan a libre elección de la empresa y del personal encargado de la implantación de las herramientas de manufactura esbelta. Algunas de las herramientas a aplicar en el análisis inicial pueden ser un cuestionario aplicado al personal con más conocimiento del área y proceso, un estudio de tiempos que facilite la identificación de desperdicios, una visita al lugar de trabajo y fotografías [11].

Para el análisis de la situación inicial en la presente investigación se recurrió a todas las técnicas mencionadas en la teoría, mismas que se exponen en distintas partes de este documento. Específicamente el estudio de tiempos y partiendo de la tabla 54 posibilita el conocer aquellas actividades que controlan el proceso constructivo de la caldera generadora de vapor por su excesivo tiempo de ciclo.

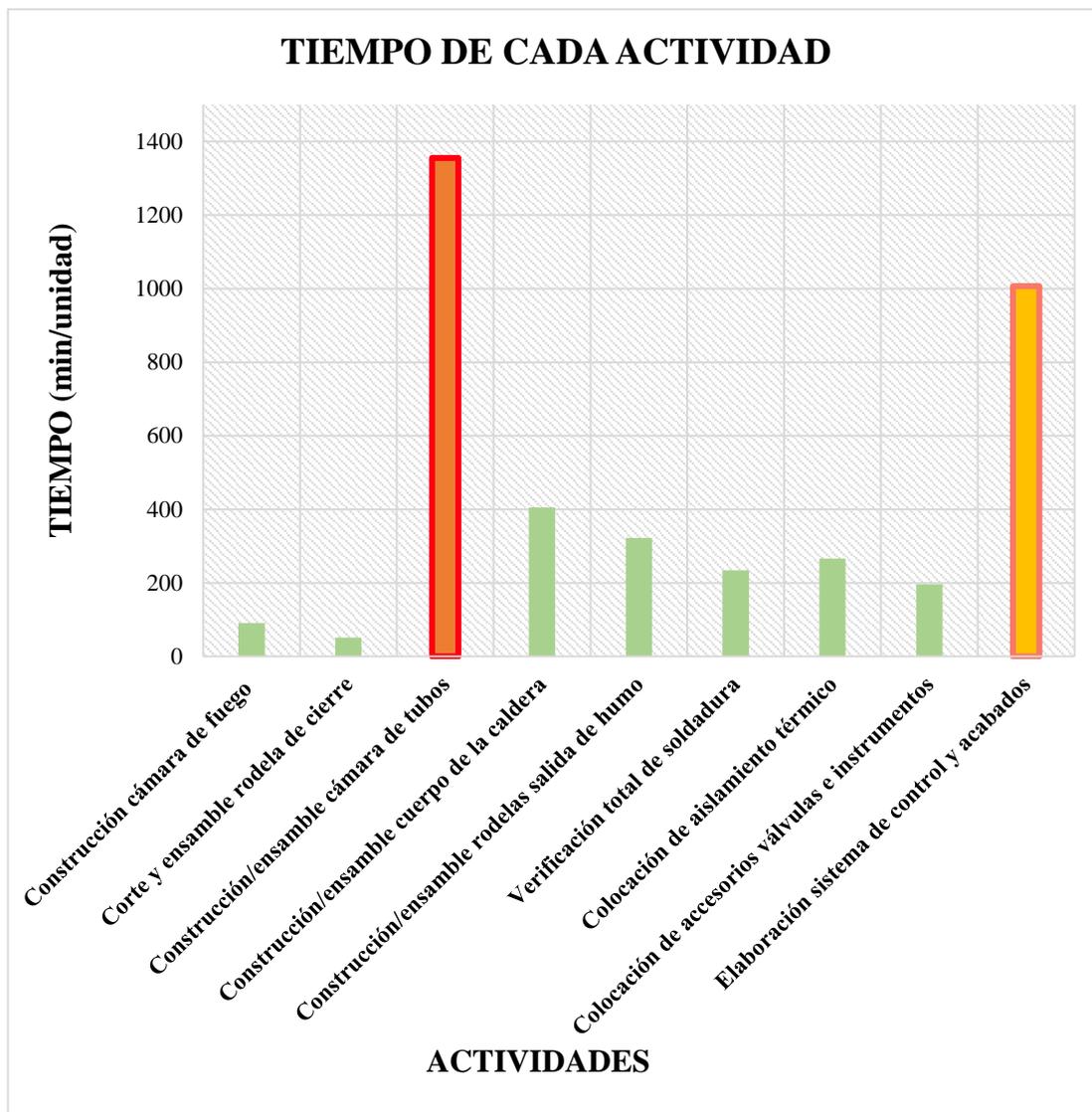


Figura 51. Representación en barras del tiempo de cada actividad

La figura 51 permite determinar de manera bastante clara las actividades que controlan el proceso constructivo, las cuales son, la construcción y ensamble de la cámara de tubos, dato que coincide con lo expuesto por el gerente de la organización en el cuestionario, anexo 1, que se le aplicó, específicamente en la pregunta 3; pero además, en base al estudio de tiempos se pudo determinar que la elaboración del sistema de control y acabados es otra de las actividades que después de la antes ya mencionada, también controla el proceso constructivo.

Planificar y estudiar la viabilidad: una vez concluido el análisis inicial se analizan los resultados obtenidos con la finalidad de detectar los puntos susceptibles de mejora

y las técnicas a utilizar. Se establecen los indicadores, se cuantifican sus valores iniciales y se definen los objetivos a alcanzar para así valorar la evolución después de la implantación [11].

Sin lugar a duda los puntos susceptibles de mejora dentro del proceso constructivo de la caldera generadora de vapor serie GN.1001 – TJ son la construcción y ensamble de la cámara de tubos y la elaboración del sistema de control y acabados. Para establecer las técnicas o herramientas de manufactura esbelta a utilizar es necesario analizar la tabla 35 específicamente el detalle del proceso constructivo de la cámara de tubos o haz tubular correspondiente a las descripciones número 28 a la 74, como también el proceso de elaboración de sistema de control y acabados correspondiente a las descripciones número 205 a la 228.

Fases de la implantación

Fase1: Diagnóstico y formación

No es posible iniciar el estudio del proceso de mejora sin definir por donde se debe empezar, como hay que trabajar y que recursos se necesitan; de ahí que la primera fase se centra en conocer el estado actual del sistema de fabricación en relación con las áreas abordadas por la manufactura esbelta [11].

Sin duda el éxito de la implantación depende, en gran medida, de la fiabilidad de los datos de partida, precisando así información en este caso en particular de la caldera GN.1001 – LTJ, referencias, componentes y los procesos detallados como operaciones y tiempos de ésta [11]; centrado esto en los puntos susceptibles de mejora antes definidos.

La forma más efectiva de diagnóstico es a través del trazado del VSM actual, donde se introduce toda la información recogida y analizada hasta el momento misma que servirá de fuente de información general de la situación de partida [11].

A continuación, en la tabla 55 se expone el tiempo que genera valor añadido “VA” y el tiempo de no valor añadido “NVA”, todo con respecto a cada actividad dentro del proceso constructivo de la caldera GN.1001 – LTJ, permitiendo estos tener un indicador del potencial de mejora. Entiéndase por tiempo valor añadido al dedicado a las tareas de producción que transforman el producto de tal forma que el cliente esté dispuesto a pagar por el producto [11].

Es muy importante tener en consideración que dentro de las actividades de no valor agregado o añadido están aquellas que a pesar de no brindar valor agregado al producto son necesarias para la operación final.

Tabla 55. Tiempo valor añadido

| TIEMPO DE VALOR AÑADIDO CALDERA GN.1001 - LTJ | | | | |
|--|--|-----------------------|---------------------|-----------------|
| Producto | Caldera | Método | Actual | |
| Proceso | Construcción | Realizado por | Regalado Fabricio | |
| Hoja | 1 | Aprobado por | Ing. Tigre Franklin | |
| Número | Actividad | T. ciclo (min) | NVA (min) | VA (min) |
| 1 | Construcción cámara de fuego | 90,96 | 42,02 | 48,94 |
| 2 | Corte y ensamble rodela de cierre | 50,85 | 28,56 | 22,29 |
| 3 | Construcción/ensamble cámara de tubos | 1355,17 | 190,25 | 1164,92 |
| 4 | Construcción/ensamble cuerpo de la caldera | 405,19 | 88,71 | 316,48 |
| 5 | Construcción/ensamble rodela salida de humo | 322,14 | 133,81 | 188,33 |
| 6 | Verificación total de soldadura | 234,16 | 203,36 | 30,80 |
| 7 | Colocación de aislamiento térmico | 266,07 | 61,02 | 205,05 |
| 8 | Colocación de accesorios válvulas e instrumentos | 196,47 | 51,49 | 144,98 |
| 9 | Elaboración sistema de control y acabados | 1006,65 | 159,59 | 847,06 |

Todos los datos antes expuestos son utilizados en el mapa de la cadena de valor actual figura 52.

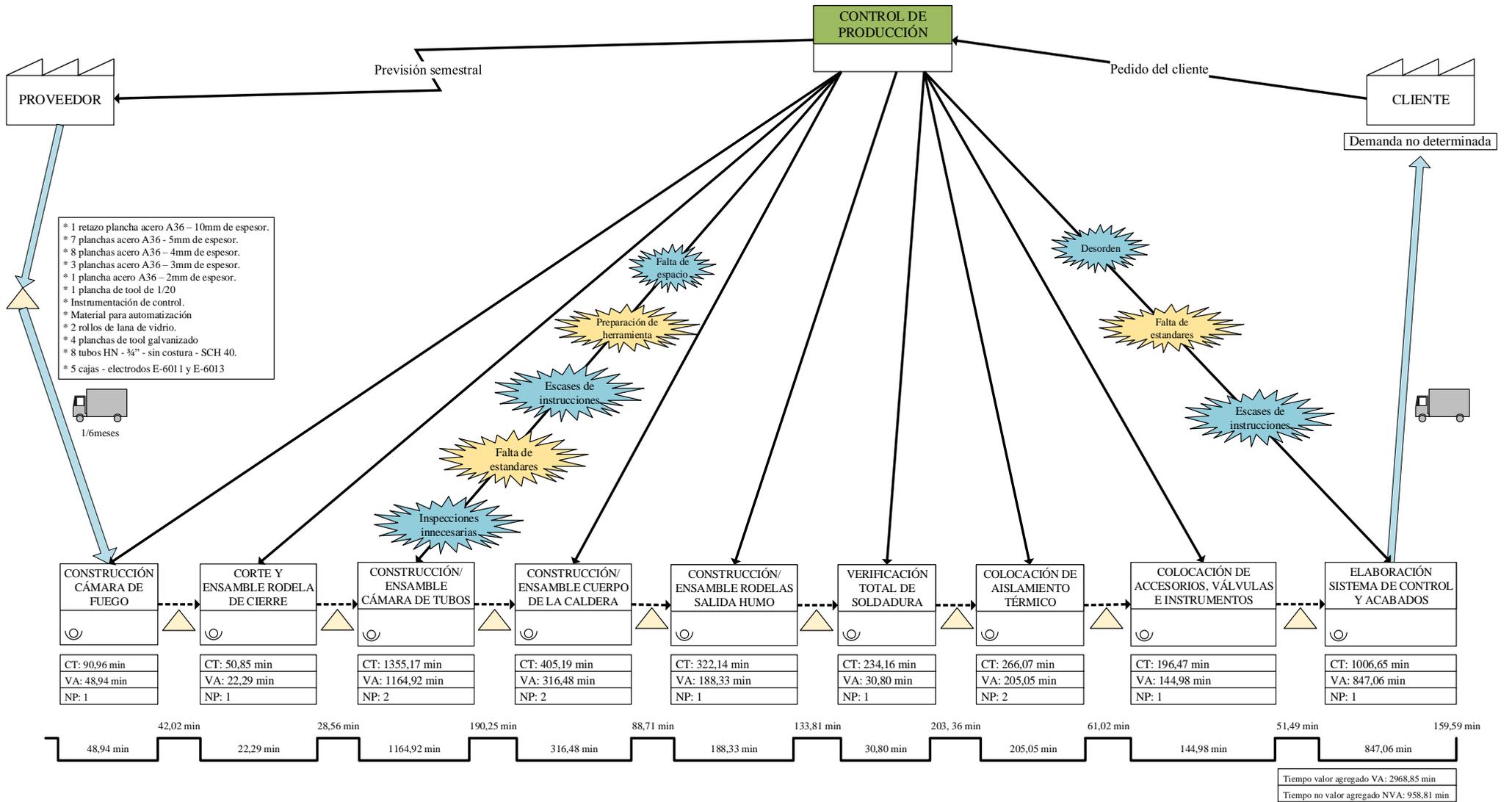


Figura 52. Mapa de cadena de valor actual

Takt time

Es importante tener presente que en esta investigación en particular no es posible hacer un análisis en base al Takt time o tiempo ritmo ya que este se entiende como un número de referencia que da una sensación del ritmo al que hay que producir de acuerdo a la demanda del cliente, es decir, el takt time se usa para sincronizar el ritmo de la producción con el de las ventas; entonces para hacer posible el estudio en base al takt time es fundamental conocer la demanda estimada del producto en un lapso de tiempo dado, situación que en este caso en particular no aplica ya que la demanda de la caldera generadora de vapor GN.1001 – LTJ no es predecible, literalmente, es sumamente variable, hay meses que se vende una, dos o tres calderas de la serie en estudio y después no se vuelve a vender calderas por dos, tres o más meses, de ahí que la organización lleva trabajando varias años bajo pedido. Lo antes expuesto es evidenciable en los archivos de historiales de venta de calderas generadoras de vapor que maneja la empresa.

Análisis mapa cadena de valor y valor añadido actual.

Basado en el VSM con que opera actualmente la empresa y los puntos susceptibles de mejora localizados, se determina los desperdicios presentes en estas actividades, mismos que afectan la capacidad productiva dentro del proceso constructivo de la caldera generadora de vapor GN.1001 – LTJ. De ahí que el objetivo de esta investigación es eliminar los tiempos innecesarios de aquellas actividades que no brindan valor agregado al producto; en general se busca el perfeccionar los puntos susceptibles de mejora.

Tabla 56. Matriz general de desperdicios detectados y herramientas aplicables

| Construcción y ensamble de la cámara de tubos | | |
|---|---|--------------------|
| Desperdicio | Oportunidad de mejora | Herramienta |
| Esperas o demoras | Cambio de herramientas | SMED |
| Movimientos innecesarios | Búsqueda EPP para soldadura y herramientas | 5S |
| Procesos inapropiados | Corte y perforación de espejos; corte gancho y tubos. | Estandarización |
| Esperas o demoras | Limpiar máquinas para su uso | Control visual |
| Procesos inapropiados | Verificación de calidad de desbarbado, ensamble tubos espejos | Jidoka |
| Elaboración del sistema de control y acabados. | | |
| Desperdicio | Oportunidad de mejora | Herramienta |
| Movimientos innecesarios | Inadecuada ubicación de componentes | 5S |
| Procesos inapropiados | Adaptación de instrumentos de control en tablero. | Estandarización |
| Esperas o demoras | Selección de material para automatización | Control visual |

Tomando como punto de partida toda la información anterior se establece las posibles soluciones más efectivas y se procede a diseñar un nuevo VSM; es decir una vez analizado el proceso actual se desglosan las actividades en donde no hay valor agregado; estas actividades se analizan por medio de lluvia de ideas con la finalidad de detectar posibles soluciones [11].

Es importante mencionar que para conseguir detectar posibles soluciones la teoría recomienda recurrir al llamado sistema de participación del personal, específicamente a los programas de sugerencias, mismo que busca aprovechar todo el potencial individual de los empleados mediante la canalización de sus sugerencias, siempre que estas mejoren los métodos de trabajo, centrando las sugerencias a la mejora del proceso productivo y a la eliminación de cualquier tipo de despilfarro [11]; de ahí que se analiza, con los empleados inmiscuidos en el proceso constructivo, la tabla 35 específicamente el detalle del proceso constructivo de la cámara de tubos o haz tubular, como también el proceso de elaboración de sistema de control y acabados, para determinar herramientas de manufactura esbelta aplicables a cada caso en particular. En base a las sugerencias de los empleados y del investigador se presentó la tabla 56 (columna herramientas) y la figura 53.

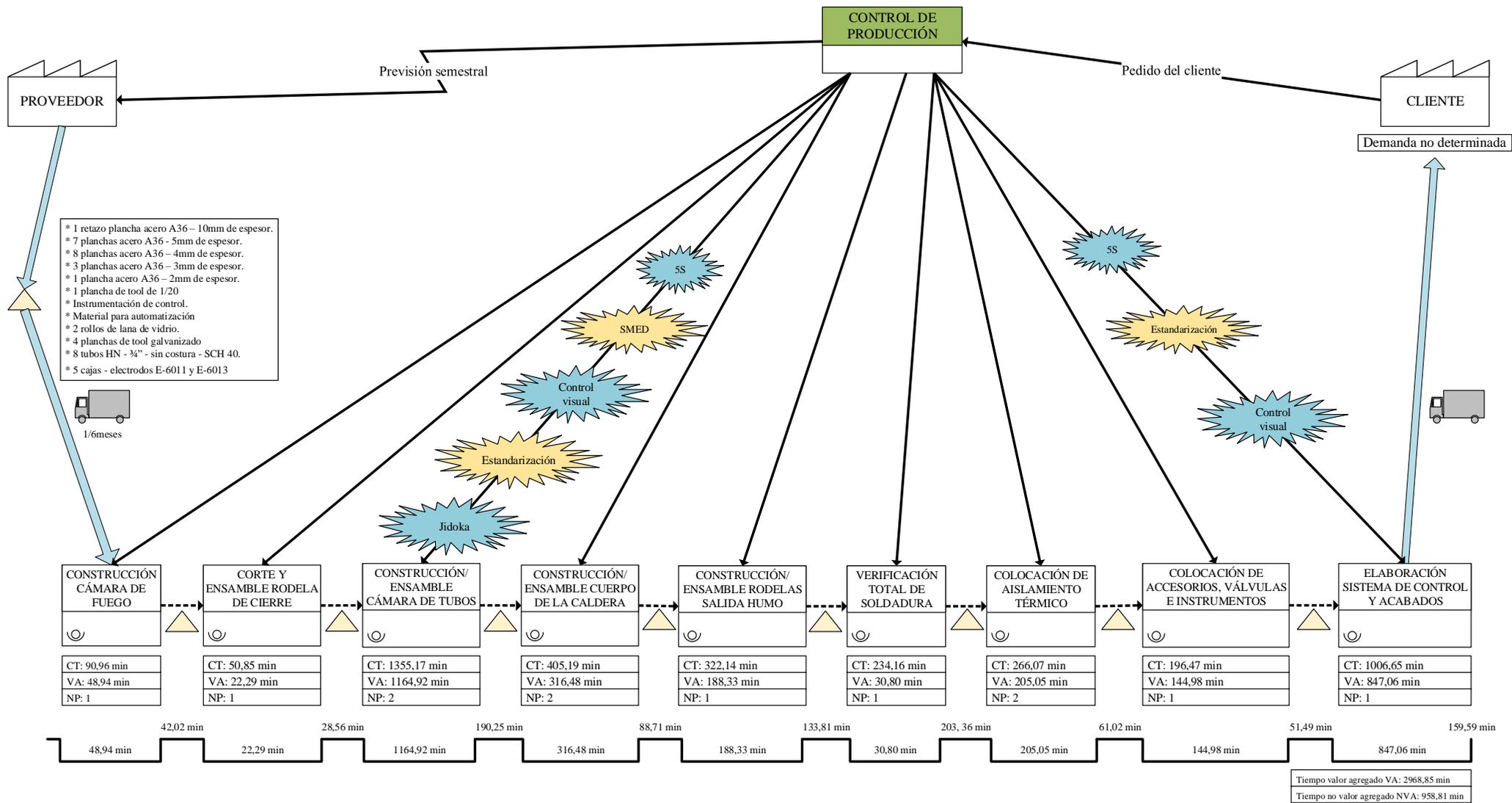


Figura 53. VSM con herramientas a implementar

Fase2: Definición del sistema de indicadores de seguimiento del proyecto

Considerando que la definición del sistema de indicadores no se plantea como una camisa de fuerza podemos sumar también como indicador importante para este caso en particular el análisis de valor añadido.

Indicadores generales de seguimiento del proyecto

Lead time

Para obtener el lead time es necesario sumar todos los tiempos de la línea de tiempo expuestos en el mapa de la cadena de valor actual de la figura 52.

$$\mathbf{Lead\ time} = VA + NVA$$

$$\mathbf{Lead\ time} = 2968,85\text{min} + 958,81\text{min}$$

$$\mathbf{Lead\ time} = 3927,66\text{min} = 65,46\text{h}$$

Se obtiene entonces un lead time actual para el proceso de construcción de la caldera generadora de vapor GN.1001 - LTJ de 65,46 horas lo que equivale a 8 días de trabajo más 1 hora 28 minutos de un noveno día, considerando como día de trabajo las 8 horas diarias que la empresa labora.

Ratio de valor añadido (RVA)

Relación entre el tiempo de valor no añadido y el tiempo de valor añadido.

$$\mathbf{RVA} = \frac{\text{Tiempo de valor añadido}}{\text{Tiempo de valor no añadido}}$$

$$\mathbf{RVA} = \frac{2968,85\text{ min}}{958,81\text{ min}}$$

$$\mathbf{RVA} = 3,1$$

El objetivo del indicador es maximizar el ratio de valor añadido a través de minimizar el tiempo de valor no añadido, todo esto con la aplicación de mejoras.

Indicadores de seguimiento del proyecto en los puntos susceptibles de mejora

Indicador tiempo de ciclo, no valor añadido “NVA” y valor añadido “VA”

Tabla 57. Indicador basado en el TC, NVA y VA

| Actividad | T. ciclo (min) | TNVA (min) | TVA (min) |
|---|----------------|------------|-----------|
| Construcción/ensamble cámara de tubos | 1355,17 | 190,25 | 1164,92 |
| Elaboración sistema de control y acabados | 1006,65 | 159,59 | 847,06 |

En la tabla 57 se expone el tiempo de ciclo, tiempo no valor añadido y tiempo valor añadido obtenidos del estudio de la forma actual del proceso de construcción de la caldera GN.1001 – LTJ y centrados netamente en los puntos susceptibles de mejora antes definidos, que son, “construcción/ensamble cámara de tubos” y de la “elaboración del sistema de control y acabados”.

Indicador ratios actuales de operación

Construcción/ensamble cámara de tubos

Ratio de operaciones (número de actividades)

$$ROa = \frac{\text{Número de operaciones}}{\text{Número total de actividades}} \times 100$$

$$ROa = \frac{32 \text{ actividades}}{47 \text{ actividades}} \times 100$$

$$ROa = 68,09\%$$

Ratio de operaciones (tiempos)

$$ROt = \frac{\text{Tiempo de operación}}{\text{Tiempo total}} \times 100$$

$$ROt = \frac{1206,17 \text{ min}}{1355,17 \text{ min}} \times 100$$

$$ROt = 89\%$$

El análisis en base al número de actividades implica que en el método actual de trabajo en más del 30% de las actividades que se realizan, se gasta insumos sin agregar valor al producto; mientras, que analizando en referencia a los tiempos del método actual de trabajo es notable que más del 10% del tiempo empleado es invertido en actividades que no agregan valor al producto.

Elaboración del sistema de control y acabados

Ratio de operaciones (número de actividades)

$$ROa = \frac{\text{Número de operaciones}}{\text{Número total de actividades}} \times 100$$

$$ROa = \frac{16 \text{ actividades}}{24 \text{ actividades}} \times 100$$

$$ROa = 66,67\%$$

Ratio de operaciones (tiempos)

$$ROt = \frac{\text{Tiempo de operación}}{\text{Tiempo total}} \times 100$$

$$ROt = \frac{847,06 \text{ min}}{1006,65 \text{ min}} \times 100$$

$$ROt = 84,15\%$$

El análisis en base al número de actividades implica que en el método actual de trabajo en más del 30% de las actividades que se realizan, se gasta insumos sin agregar valor al producto; mientras, que analizando en referencia a los tiempos del método actual de trabajo es notable que más del 15% del tiempo empleado es invertido en actividades que no agregan valor al producto.

Lo antes expuesto tanto para la “construcción/ensamble cámara de tubos” y la “elaboración del sistema de control y acabados”. son situaciones que desmejoran la productividad total [9].

De ahí que en una buena gerencia debe abordarse con prioridad la mejora de la productividad, tratando de eliminar las actividades no productivas [9].

Indicador análisis de valor añadido (AVA)

Construcción/ensamble cámara de tubos

Elaboración del sistema de control y acabados

En este apartado se analizan los puntos susceptibles de mejora en conjunto, los cuales son, la construcción y ensamble de la cámara de tubos y la elaboración del sistema de control y acabados. Estas dos actividades están conformadas por un total de 71 elementos de los cuales 41 generan valor agregado o añadido al producto y 30 no lo hacen, correspondiendo así respectivamente a 57,75% y 42,25%; es importante tener en consideración que dentro de las actividades de no valor agregado están aquellas que a pesar de no brindar valor agregado al producto son necesarias para la operación final.

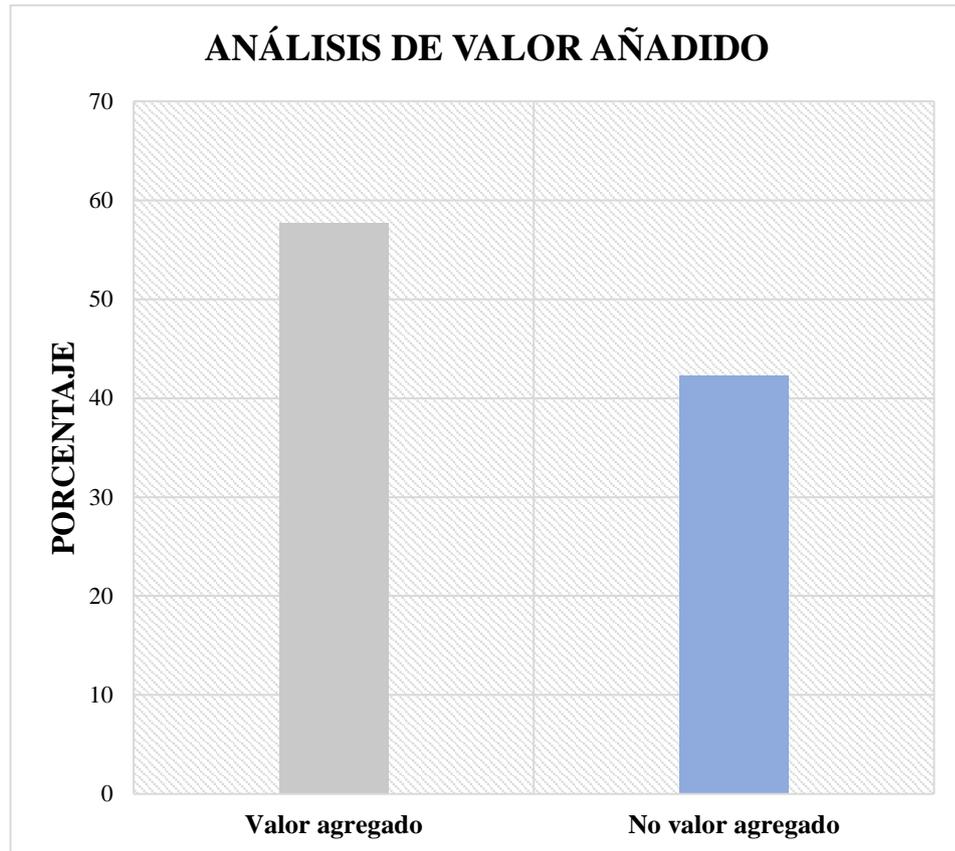


Figura 54. Análisis de valor añadido

Indicador análisis valor añadido actual (AVA)

En este apartado se analizan los puntos susceptibles de mejora por separado.

Construcción/ensamble cámara de tubos

Tabla 58. Indicador análisis valor añadido - construcción ensamble cámara de tubos

| INDICADOR | Nº. ELEMENTOS | % |
|--------------|---------------|------------|
| VA | 25 | 53,19 |
| NVA | 22 | 46,81 |
| TOTAL | 47 | 100 |

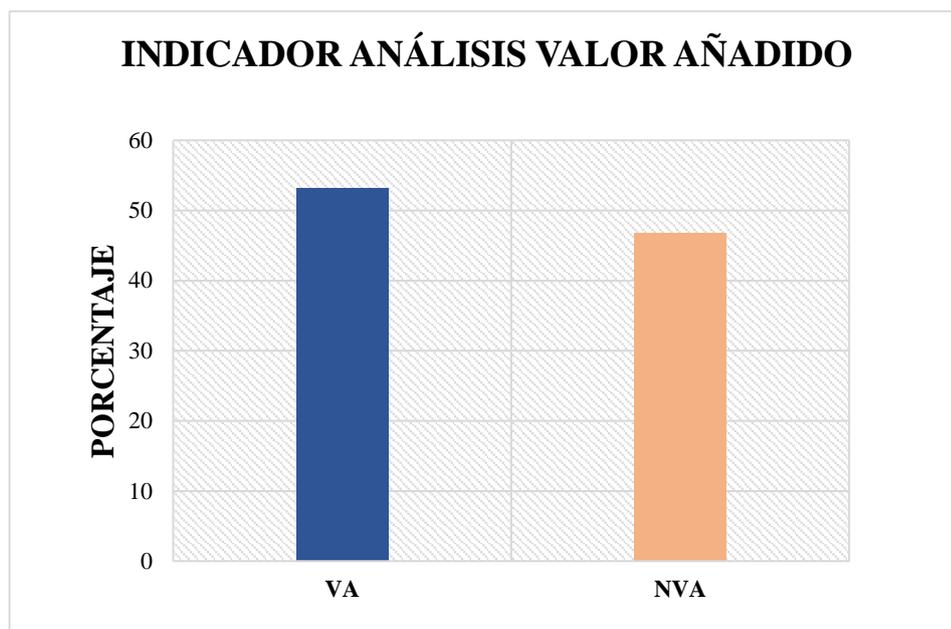


Figura 55. Análisis valor añadido - construcción/ensamble cámara de tubos

La actividad analizada, actualmente está conformada por un total de 47 elementos de los cuales 25 generan valor agregado o añadido al producto y 22 no lo hacen, correspondiendo así respectivamente a 53,19% y 46,81%.

Elaboración del sistema de control y acabados

Tabla 59. Indicador análisis valor añadido – elaboración del sistema de control y acabados

| INDICADOR | N°. ELEMENTOS | % |
|-----------|---------------|-------|
| VA | 16 | 66,67 |
| NVA | 8 | 33,33 |
| TOTAL | 24 | 100 |

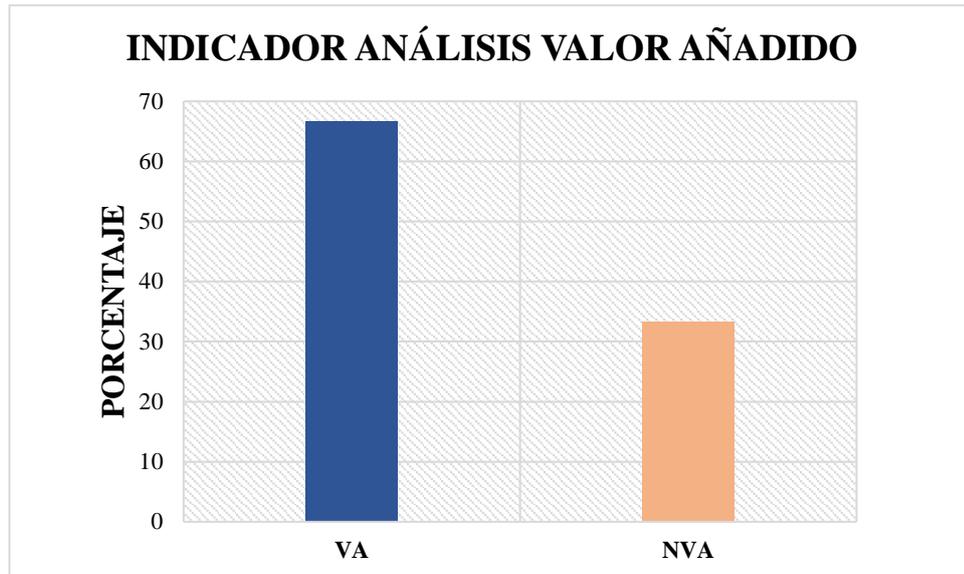


Figura 56. Análisis valor añadido – elaboración sistema de control y acabados

La actividad analizada, actualmente está conformada por un total de 24 elementos de los cuales 16 generan valor agregado o añadido al producto y 8 no lo hacen, correspondiendo así respectivamente a 66,67% y 33,33%.

Como ya se mencionó antes es importante tener en consideración para ambos casos que dentro de las actividades de no valor agregado están aquellas que a pesar de no brindar valor agregado al producto son necesarias para la operación final.

Fase 3: Lanzamiento

En esta fase, dan inicio los cambios radicales en el proceso constructivo de la caldera generadora de vapor en estudio; es aconsejable para comenzar perseguir cambios impactantes, rápidos y motivadores que faciliten la implantación del sistema de manufactura esbelta [11].

Se inicia siempre con las herramientas esenciales de manufactura esbelta como son las 5S, SMED y técnicas específicas del Jidoka como los mecanismos anti-error [11]; lo recomendado en la teoría se apega totalmente a la necesidad actual del proceso constructivo, ya que para este caso en particular son más que necesarias las herramientas mencionadas como esenciales.

5S

Es sin duda la primera herramienta a implantar en toda empresa que aborde la manufactura esbelta y por tratarse de una de las herramientas esenciales ésta estará presente de manera indirecta en el resto de herramientas que se apliquen. En este apartado mencionaremos aquellos elementos sobre los cuales se aplica de manera directa esta herramienta y se describe también las cinco fases aplicadas para su implantación.

1. Eliminar – Seiri

Su significado es clasificar y eliminar del sitio de trabajo todos aquellos elementos innecesarios para la tarea que se realiza en dicha área, evitando así estorbos, transportes y manipulaciones innecesarias, pérdida de tiempo y falta de espacio, entre otras; se trata de un procedimiento bastante simple que se basa en el uso de tarjetas rojas para localizar aquellos elementos de los que se puede prescindir [11].

Tabla 60. Modelo de tarjeta roja

| NOMBRE DEL AETÍCULO | | | |
|---------------------|------------------------------|-----------------------|--------------|
| CATEGORÍA | 1. Maquinaria | 6. Producto terminado | |
| | 2. Accesorios y herramientas | 7. Equipo de oficina | |
| | 3. Equipo de medición | 8. Limpieza | |
| | 4. Materia prima | | |
| | 5. Inventario en proceso | | |
| FECHA | Localización | Cantidad | Valor |
| RAZÓN | 1. No se necesita | 5. Contaminante | |
| | 2. Defectuoso | 6. Otros | |
| | 3. Material de desperdicio | | |
| | 4. Uso desconocido | | |
| ELABORADO POR | | | Departamento |
| FORMA DE DERECHO | 1. Tirar | 5. Otros | |
| | 2. Vender | | |
| | 3. Mover a otro almacén | | |
| | 4. Devolución Proveedor | | |
| FECHA DESCHECHO | | | |

Al analizar el proceso de construcción y ensamble de la cámara de tubos, tiene vital importancia la primera de las 5S ya que el área de rolado y perforado donde se

desarrollan las actividades que posibilitan la construcción del haz tubular actualmente presenta estorbos, materiales obsoletos y sin duda falta de espacio.



Figura 57. Área de rolado y perforado (proceso actual)

La figura 57 corrobora lo antes descrito, de ahí la importancia de la primera de las 5S y su aplicación específicamente en esta área; a continuación, en la figura 58 se presenta la colocación de tarjetas rojas en los elementos que se consideran inútiles para el área de trabajo.



Figura 58. Colocación de tarjetas rojas área de rolado y perforado

Es importante tomar en cuenta que el termino eliminar no debe tomarse de forma literal ya que muchos de los elementos inútiles para el área podrían ser vendidos, almacenados en otro lugar donde si sean útiles o devueltos o su lugar de origen, entre otras posibilidades.

Tabla 61. Implementación Seiri

| Problema | Acción Seiri aplicada | | |
|--------------------------|-----------------------|--------|-------|
| | Tirar | Vender | Mover |
| Tanques plásticos azules | | | X |
| Cartones | | X | |
| Planchas metálicas | | | X |
| Chatarra | | X | |
| canecas | | | X |
| Intercambiador de calor | | | X |
| Bomba de fumigar | | | X |
| Maleta para herramientas | X | | |
| Contenedor plástico gris | X | | |

La tabla 61 expone la acción Seiri aplicada para cada uno de los elementos inútiles e innecesarios para el área de rolado y perforado; los resultados conseguidos se presentan en la figura 59.



Figura 59. Área de rolado y perforado (proceso mejorado)

Siendo todo lo anterior el punto de partida para disminuir tiempos innecesarios durante el proceso constructivo, específicamente se puede mencionar algunos elementos como

el 36-39 de la tabla 35, como un claro ejemplo de actividades improproductivas tendientes a mejorar en base a lo antes expuesto.

1. Ordenar – Seiton

Se trata de la organización de aquellos elementos considerados necesarios, de tal forma que tengan un lugar definido, para que así los elementos sean fácil de encontrar; también es importante colocar los elementos de acuerdo a su uso, tomando en cuenta factores de calidad, seguridad, entre otros [11].

Las 5 etapas de esta herramienta tienen una relación directa entre sí, de ahí que es indiscutible que en el área de rolado y perforado intervino también Seiton después de Seiri ya que solo así se logró tener el área de trabajo como se la presenta en la figura 59; ahora abordando el proceso de elaboración del sistema de control y acabados es indiscutible que también interviene Seiton ya que este proceso tiene relación estrecha con la bodega de la empresa, y es de esta que se requiere varios de los materiales necesarios tanto para el sistema de control como para los acabados; iniciando por el gabinete eléctrico, en bodega se almacenan varios de estos, pero no en un puesto definido, situación que genera pérdidas de tiempo al momento de requerir un gabinete debido a que el trabajador debe buscarlo entre todo lo almacenado.



Figura 60. Almacenamiento gabinetes eléctricos (proceso actual)

De ahí que se plantea como solución viable el establecer una percha específica dentro de bodega para los gabinetes eléctricos necesarios para las calderas, evitando con esto el hecho de que el trabajador deba perder tiempo buscando el gabinete en bodega.



Figura 61. Almacenamiento gabinetes eléctricos (proceso mejorado)

Seiton interviene de forma directa también en el almacenamiento actual de los tanques de abastecimiento de agua para las calderas GN.1001 – LTJ, ya que se almacenan en una bodega distante al área de ensamble y soldadura, lo que conlleva que cuando se requiere un tanque de abastecimiento para finalizar el proceso constructivo de la caldera, este debe ser transportado desde dicha bodega al área de ensamble y soldadura. Cuando se analiza por qué los tanques de abastecimiento se ubican en dicha bodega la única respuesta que se obtiene es que en el área de rolado y perforado o en el área de ensamble y soldadura no hay suficiente espacio para almacenar por lo menos un tanque de abastecimiento.



Figura 62. Almacenamiento tanques de abastecimiento (proceso actual)

Con la aplicación de la primera y segunda de las 5S en el área de rolado y perforado se consiguió un lugar de trabajo ordenado, limpio y espacioso; situación beneficiosa para lo antes mencionado ya que no había falta de espacio, sino que había exceso de desorden, ahora ya es posible designar un espacio en el área de rolado y perforado para ahí almacenar tanques de abastecimiento, tomando en cuenta que esta área se encuentra junto a ensamble y soldadura lo cual sin duda elimina el transporte del tanque de abastecimiento desde bodega.



Figura 63. Almacenamiento tanques de abastecimiento (proceso mejorado)

Uno de los elementos finales dentro del proceso constructivo de la caldera GN.1001 – LTJ es la colocación del logotipo, placa técnica, etiqueta, señalética para gabinete eléctrico, todos estos comúnmente se almacenaban en un cajón cualquiera de la oficina, es decir, no tenían un puesto específico lo que a la postre generaba que cuando se los requería se pierda tiempo hasta encontrarlos y si se los encontraba había que clasificarlos ya que se los tenía mezclados.

Se opta mediante lo expuesto por Seiton por designar una sola carpeta provista con fundas de plástico perforadas para en cada funda guardar logotipo, placa técnica, etiqueta y señalética para gabinete eléctrico, entonces cada funda contiene las pegatinas que son necesarias para una caldera, eliminando así tiempos innecesarios que se generaban buscando las pegatinas y clasificándolas.



Figura 64. Logotipo, placa técnica, etiqueta y señalética (proceso mejorado)

2. Limpieza – Seiso

Se basa en limpiar con la finalidad de identificar defectos para poder eliminarlos, esta fase busca mantener los elementos en buenas condiciones, centra su análisis en la

eliminación de las fuentes de suciedad, toma la limpieza como una acción imprescindible y considera a la limpieza parte del trabajo diario [11].

La limpieza ha venido formando parte de la organización desde hace tiempo atrás, pero se ha visto afectada por el desorden presente específicamente en el área de rolado y perforado, ya que debido a este era ignorado uno de los focos de suciedad predominantes, siendo ese foco de suciedad el taladro donde se trabajan las perforaciones de los espejos, esta máquina produce con frecuencia virutas de ahí que de acuerdo a lo recomendado en la teoría se integró la limpieza de este equipo como parte del trabajo y se plasmó esto en la hoja de instrucciones que manejan los trabajadores y que está expuesta en el anexo 8, de esta manera se está trabajando sobre la eliminación del foco de suciedad y no se pierde tiempo analizando sus consecuencias; la figura 68 es la guía ilustrativa utilizada en la hoja de instrucciones y expone como debe mantenerse el área del taladro tanto en orden como limpieza.

3. Estandarizar – Seiketsu

El enemigo más notable del Seiketsu es la falta de seriedad y cultura en cuanto al tema, ya que cuando la aplicación de las tres primeras “S” se torna en un vaivén, es decir, días se aplican y días no, lo más obvio es que los días de incumplimiento se vayan multiplicando; la aplicación de esta “S” trae distintas ventajas como el crear hábitos positivos para la organización, elaborar y cumplir estándares de limpieza y mantener lo conseguido con las tres primeras “S” [11].

De ahí que para este caso en particular se optó por recurrir dentro de la herramienta de control visual a la aplicación de hojas de instrucciones debido a que estas son manejadas por los trabajadores y se tornan en un documento que contiene de forma general la descripción de cómo deben llevarse a cabo todas las herramientas implementadas, buscando así el evitar conductas erráticas que lleven a días de incumplimiento y logrando con esto el mantener los niveles conseguidos mediante la implementación de las distintas herramientas; las hojas de instrucciones que manejan los trabajadores están expuestas en los anexos 8 y 9.

4. Disciplina – Shitsuke

Su objetivo es hacer a los métodos estandarizados un hábito con la finalidad de desarrollar compromiso por parte de todos quienes conforman la organización; el investigador deberá establecer mecanismos que tiendan de forma sencilla a la normalización de todo lo establecido a través de por ejemplo rotulación [11].

Para este caso en particular se optó por la colocación de rotulación en el área de rolado y perforado, bodega y también en el lugar de almacenamiento de los EPPs de soldadura, esto es verificable en las figuras 59, 60 y 74; además de que todas las herramientas de manufactura esbelta seleccionadas e implementadas sobre los dos puntos susceptibles de mejora fueron planteadas por el investigador en conjunto con los trabajadores, inmiscuyéndolos a estos de forma directa en el tema y haciéndoles partícipes con la finalidad de que sean ellos mismos quienes generen soluciones viables apegadas a la realidad de la organización y consiguiendo que desde un inicio se familiaricen, interesen y disciplinen en cómo se deben llevar a cabo los procesos para mejorar la productividad, de tal forma que se comprometan con la implantación del sistema.

Cambio rápido de herramientas SMED

Son un conjunto de técnicas que persiguen la reducción de los tiempos de preparación de máquinas y herramientas, se logra estudiando detalladamente el proceso e incorporando cambios radicales que disminuyan tiempos de preparación [11].

En el proceso de construcción actual las herramientas necesarias para la medición y trazado específicamente de los espejos y gancho de la caldera no cuentan con un sitio específico de ubicación, de ahí que la preparación de estas genera una gran pérdida de tiempo.



Figura 65. herramientas para la medición y trazado (proceso actual)

Es importante tener en cuenta que dentro de la fase primera mencionada en teoría y denominada “Diferenciación de la preparación externa y la interna” se recomienda como opción para reducir el tiempo de la preparación externa el mantener buen orden y limpieza en la zona de almacenamiento de los elementos principales y auxiliares [11], de ahí que se toma como opción de mejora para reducir el tiempo de preparación el establecer un sitio específico en el tablero de herramientas para las herramientas de medición y trazado.

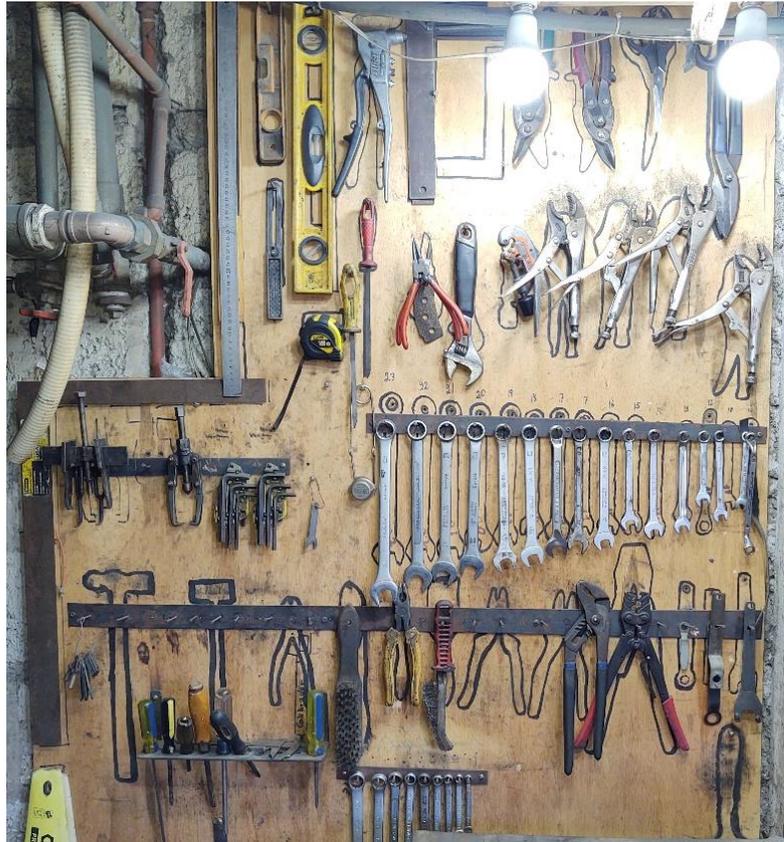


Figura 66. Tablero general de herramientas incluido herramientas de medición y trazado (proceso mejorado)

Otro factor determinante que genera pérdida de tiempo e incluso acarrea a la necesidad de realizar actividades que no aportan valor al producto, es la perforación en el taladro de columna y la limpieza del mismo, ya que actualmente al concluir la perforación de los espejos el trabajador los desmonta y hace una limpieza bastante básica del taladro de columna y lo deja en una posición cualquiera, situaciones que provocan que la siguiente vez que un trabajador requiera el taladro de columna para perforar espejos lo deba poner a punto en varios ámbitos, limpieza, posición de la mesa, llenado de sistema de refrigeración, entre otros.

Además, es importante mencionar que el taladro de columna ha cambiado de posición con el pasar del tiempo y su switch de encendido actualmente se encuentra apartado de la máquina, específicamente en la caja de control al lado izquierdo del taladro, lo que conlleva pérdida de tiempo cada vez que el operario va a realizar una perforación ya que debe dar un par de pasos para encender el taladro.



Figura 67. Taladro de columna (proceso actual)

Lo antes descrito puede subsanarse tomando en consideración lo expuesto en la teoría y es que una de las técnicas SMED recomendadas es la estandarización de las actividades externas haciendo así que las operaciones de preparación de máquinas, herramientas y materiales se conviertan en procesos habituales y estandarizados, las operaciones estandarizadas deben recogerse por escrito y estar a la disposición de los trabajadores [11].

Lo expuesto es aplicable totalmente a esta situación en particular ya que el trabajador que haga uso del taladro de columna deberá dejarlo en óptimas condiciones para su siguiente uso; situación que no conllevaría un incremento en el tiempo de limpieza del equipo ya que se debe tomar en cuenta que la perforación de los espejos se debe realizar con avance automático de la máquina lo que significa que el operador puede hacer otras actividades mientras el taladro perfora, situación que le permitiría limpiar el área de trabajo de las limallas que se van generando, mantener el sistema de refrigeración en condiciones óptimas reponiendo siempre el fluido refrigerante, poner en orden las herramientas que se dejan de usar y que fueron necesarias antes.

Otra medida correctiva a considerar es el acercar el switch de encendido situación que enmarcándola en la teoría recae en la reducción del tiempo de preparación mediante la mejora del equipo.



Figura 68. Taladro de columna (proceso mejorado)

La pérdida de tiempo también se genera en el proceso de corte de los tubos ya que aquí es indispensable la utilización de la tronadora, máquina que actualmente se guarda en la bodega de la empresa, desde donde debe ser trasladada cada vez que se requiere hacer uso de esta, además, de que la bodega siempre está bajo llave lo que implica que el trabajador que requiera de esta máquina debe también solicitar la llave de la bodega a gerencia, siendo todo lo anterior aspectos que sin duda generan pérdida de tiempo.



Figura 69. Máquina tronadora en bodega (proceso actual)

Para evitar estos inconvenientes se opta por dar un nuevo puesto a la máquina tronadora, un sitio más a la mano de los trabajadores, pero seguro para la máquina, ubicando así la máquina en una de las perchas del área de automatización, percha que a simple vista no dispone de espacio, pero esto solo debido al desorden presente en la misma.



Figura 70. Percha del área de automatización (proceso actual)

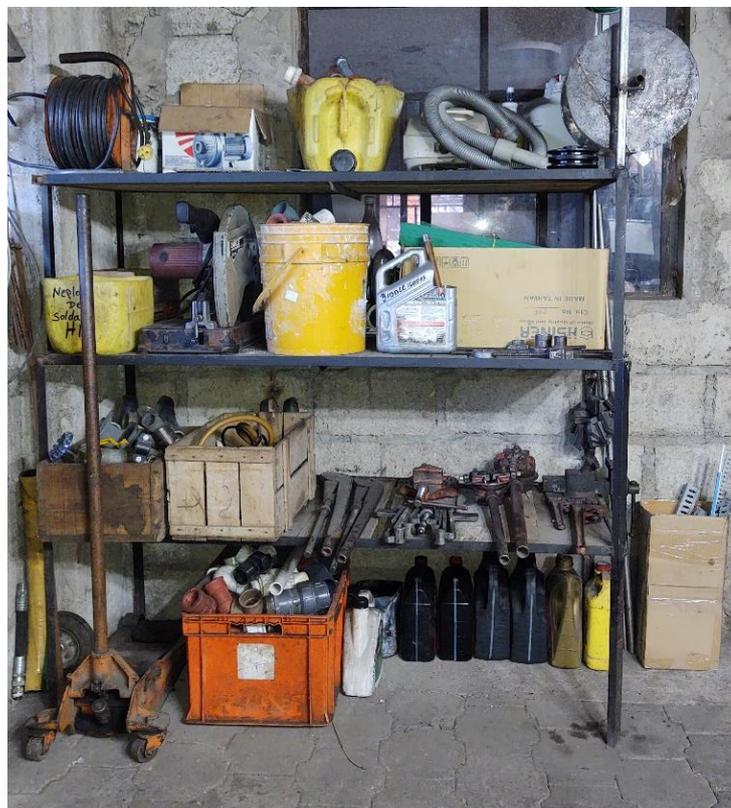


Figura 71. Tronzadora ubicada en percha del área de automatización (proceso mejorado)

Cuando la cámara de tubos llega al área de ensamble y soldadura para ya ser sometida a los procesos de soldadura finales se generan tiempos innecesarios en la preparación de máquinas y herramientas, específicamente en la preparación de EPP para el soldador ya que los puestos que se han establecido para EPP son distantes, es decir, la capucha, guantes, delantal, mascarilla, mascara tienen puestos establecidos pero distantes entre sí, nadie en la empresa da una explicación lógica del porque cada equipo de protección tiene como puesto tal o cual lugar.



Figura 72. EPP para soldadura (proceso actual)

Además, se generan tiempos innecesarios también en la preparación de la soldadora SMAW necesaria para iniciar el proceso de soldadura, ya que, por razones desconocidas para todos en la empresa esta máquina no permanece conectada a una toma de energía y en un sitio específico de uso, es decir, la soldadora tiene un lugar establecido donde se la almacena, pero cuando va a ser utilizada se la debe sacar de ese sitio para conectarla a una toma de energía y ubicarla para ser utilizada.

En el proceso de soldadura de la caldera generadora de vapor GN.1001-LTJ intervienen dos clases de electrodos los E-6011 y los E-6013 mismos que actualmente se encuentran mezclados en una bandeja que el trabajador manipula y de donde toma el electrodo que requiera, lo cual implica que el trabajador debe tomarse un momento para buscar en la bandeja la clase específica de electrodo que requiere de acuerdo a la necesidad.



Figura 73. Electrodos E-6011 y E-6013 (proceso actual)

Todo lo antes mencionado son aspectos que se solucionan sin duda en base a la herramienta SMED y con acciones simples pero contundentes primero es importante establecer un lugar único para EPP de soldadura es decir capucha, guantes, delantal, mascarilla, mascara deberán tener un lugar fijo de almacenamiento en donde el trabajador se acerque y encuentre todos los EPP.



Figura 74. Sitio fijo de almacenamiento - EPP para soldadura (proceso mejorado)

Se establece también un lugar determinado para la soldadora SMAW donde la máquina esta lista para el trabajo es decir conectada a la toma de energía y bien ubicada; en cuanto a los electrodos, estos se colocarán en recipientes separados y con colores diferenciados, dos recipientes uno de color café para los electrodos E-6011 y otro amarillo para los electrodos E-6013 mismos que durante el trabajo de soldadura deberán estar ubicados a total alcance del trabajador.



Figura 75. Ubicación fija para soldadora SMAW (proceso mejorado)



Figura 76. recipientes de colores diferentes para electrodos (proceso mejorado)

Estandarización

La estandarización junto con las 5S y SMED es una de las bases primordiales de la manufactura esbelta; los estándares son moldes o descripciones escritas y gráficas que nos proveen conocimiento preciso sobre personas, máquinas, métodos, mediciones e información con la finalidad de hacer productos de calidad de modo fiable, seguro y rápido [11].

Dentro del proceso constructivo de la cámara de tubos o haz tubular hay elementos que durante años se han venido realizando de la misma manera a pesar de ser totalmente aplicable la utilización de estándares que para estos casos en particular serían moldes, todo con la finalidad de eliminar tiempos innecesarios que han estado presentes por años por el simple hecho de no recurrir a soluciones viables para eliminarlos.

El primer elemento es el trazado de guías para la ubicación de los tubos en los espejos, elemento que de acuerdo al estudio de tiempos aplicado en esta investigación tiene un tiempo estándar de 21,80 minutos; este elemento actualmente se desarrolla de la siguiente manera; una vez cortados los espejos y unidos mediante puntos de suelda se procede a trazar sobre el espejo de menor diámetro la ubicación de cada uno de los tubos, esto mediante el uso de un molde individual que establece la distancia entre perforaciones y la ubicación de cada tubo, también se utiliza flexómetro, compas, rayador, tiza; es decir, se dibujan 31 circunferencias moviendo la rodela para cada una de ellas y después se establece el centro de las 31 circunferencias marcándolos como guía, finalmente se perforan los espejos en el taladro de columna gigante.



Figura 77. Rayado de espejos (proceso actual)

La solución para este elemento en particular es la aplicación de un molde con las siguientes características; diámetro igual al espejo inferior de la caldera y sobre el cual se realiza todo lo antes descrito con la finalidad de establecer en este las 31 perforaciones correspondientes, teniendo como objetivo el establecer un molde con las 31 circunferencias lo que sin duda disminuye el tiempo de proceso de este elemento ya que solo es necesario fijarlo sobre el espejo de menor diámetro, establecer los centros de cada circunferencia con la broca de 28mm y proceder a la perforación de los espejos en el taladro de columna gigante y con avance automático del husillo.



Figura 78. Molde para perforación de espejos (proceso mejorado)

Otro de los elementos que durante el proceso constructivo toma excesivo tiempo es el corte de 31 tubos sin costura de $\frac{3}{4}$ " SCH40 y de hierro negro, ya que actualmente se lo realiza midiendo cada tubo antes de realizar el corte, es decir, el trabajador debe recurrir al flexómetro antes de cada corte, debe fijarse bien en la medida que marca y corroborarlo.



Figura 79. Corte de tubos para haz tubular (proceso actual)

Es plenamente posible estandarizar a través de un sistema Poka-Yoke que de acuerdo a la teoría es un dispositivo simple, sencillo, eficiente, duradero, practico, ingenioso, de preferencia diseñado por los operarios y de acción inmediata que está destinado a prevenir la producción de defectos durante la construcción de un producto [11]; entonces, en base a lo anterior se optó por elaborar un molde tomando como punto de partida un tubo de diámetro superior al requerido para los tubos de la caldera, se cortó el tubo de diámetro superior de 40 cm de longitud y se le coloco en uno de sus extremos un tope, de tal forma que al introducir en este conducto el tubo de $\frac{3}{4}$ " SCH40 y de hierro negro se logra marcar rápidamente la longitud donde cortar cada tubo que más adelante formara parte del haz tubular; así este molde se usa para el corte de todos los tubos eliminando posibles defectos o errores, la dependencia del flexómetro y todo lo que ello conlleva y lo único necesario es ubicar el tubo molde sobre el tubo a cortar y señalar donde se hará el corte; al parecer el tiempo ahorrado por el hecho de evitar el manejo constante del flexómetro es mínimo pero a la postre y en una actividad repetitiva es representativo.



Figura 80. Molde para corte de tubos (proceso mejorado)

A pesar de que el gabinete eléctrico siempre se fija a la misma altura en la caldera, no es entendible por qué siempre hay la necesidad de medir la longitud de canaleta ranurada, este es un trabajo repetitivo y que sin duda pudo haberse estandarizado; tomando como base lo expuesto y después de medir en varias calderas serie GN.1001 – LTJ la longitud de canaleta ranurada se estableció en 57cm, dato que se plasmara en la hoja de instrucciones que manejan los trabajadores.



Figura 81. Longitud de canaleta ranurada establecida (proceso mejorado)

Jidoka

Es un término japonés que significa automatización con un toque humano o autonomación, esta palabra no debe confundirse con automatización.

En el proceso en estudio “Construcción/ensamble cámara de tubos” hay específicamente dos elementos que generan tiempos innecesarios y donde la herramienta denominada Jidoka puede intervenir.

El primero se da en el proceso de desbarbado de los tubos, en donde actualmente después de desbarbar todos los tubos son verificados para comprobar su estado correcto de desbarbados; es decir se realiza el proceso de desbarbado y se debe realizar otra actividad de verificación del proceso anterior.



Figura 82. Tubo antes de desbarbado (proceso actual)

Mediante la herramienta Jidoka y tomando en consideración que esta manifiesta que es posible que las fases de inspección o verificación se realicen dentro del mismo proceso, para este caso en particular se optó por establecer un tiempo de desbarbado de cada lado del tubo, tiempo con el cual sea indiscutible que el tubo está correctamente desbarbado, para esto se sometió a prueba a varios tubos y se logró establecer que el tiempo adecuado corresponde a 30 segundos, es decir cada lado del tubo debe someterse a 30 segundos de desbarbado, para lo cual fue necesario la colocación de un reloj frente a la máquina de desbarbado y con fácil visibilidad para el operario; de esta forma se logra eliminar el elemento que dentro del proceso se describe como, verificación calidad de desbarbado en tubos, ya que la verificación se realiza durante el proceso mismo.

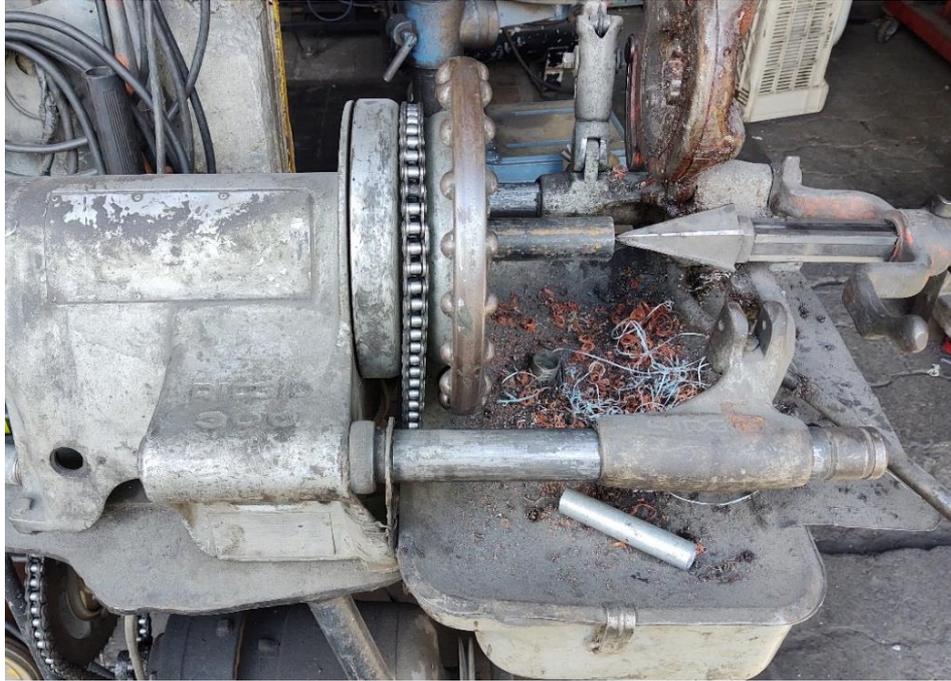


Figura 83. Máquina desbarbadora

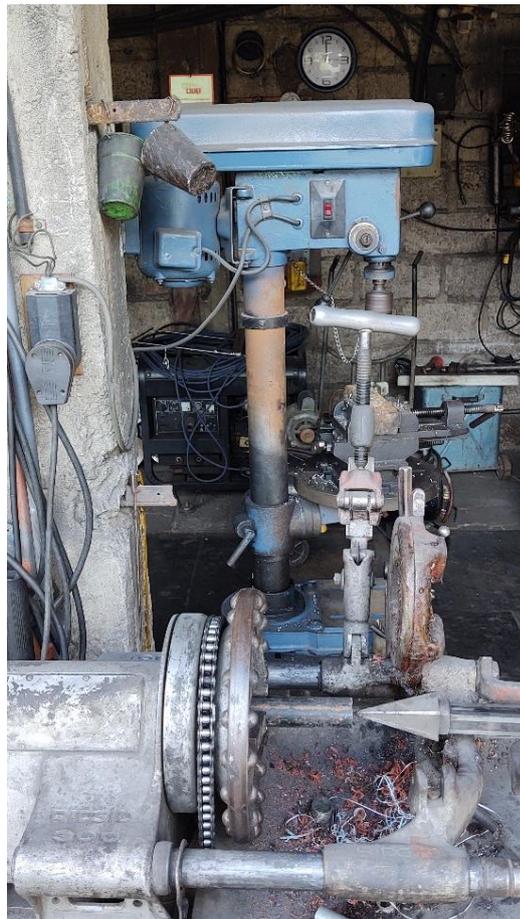


Figura 84. Reloj colocado frente a máquina de desbarbado (proceso mejorado)



Figura 85. Tubo sometido a 30 segundos de desbarbado (proceso mejorado)

El segundo elemento donde puede intervenir la herramienta Jidoka mediante la aplicación de un molde es en el ensamble tubos espejos ya que normalmente esto se realiza sin ninguna guía y es importante tener presente que una vez ensamblados los tubos deben sobrepasar en 2 milímetros a los espejos, lo anterior es para más adelante facilitar el proceso de soldadura; normalmente este proceso se realiza de manera manual mediante verificación conforme se van insertando los tubos.



Figura 86. Ensamble tubos - espejos (proceso actual)

Este es un proceso que se mejora mediante acciones sencillas relacionadas con el Jidoka y la estandarización ya que aquí se recurrió a la elaboración de una rodela en plancha de acero negro de 2 mm de grosor la cual se coloca sobre una superficie recta, siendo esta la que da el espacio de 2 milímetros que todo tubo debe sobrepasar a los espejos sin necesidad de una verificación exhaustiva eliminando así tiempo innecesario y en si eliminando un elemento del proceso.



Figura 87. Rodela espaciadora para ensamble tubos - espejos (proceso mejorado)

Control Visual

Las técnicas de control visual son un conjunto de medidas prácticas de comunicación, estas incluyen muchos métodos de aplicación, cada uno de estos métodos adecuado a diferentes objetivos o problemas de gestión y sin duda hay que aplicar aquellas técnicas que mejor se adapten a las particularidades del sistema, de la persona y del estado de la empresa [11].

Se analizó el cursograma analítico presentado en la tabla 35 específicamente los elementos del 28 al 74 y del 205 al 228, ya que es allí donde se detalla el proceso actual de construcción ensamble de la cámara de tubos y de la elaboración del sistema de

control y acabados siendo esta la información de valor añadido que pone en evidencia las pérdidas durante el proceso y las oportunidades de mejora; conociendo esto y en base a lo recomendado en la teoría se acogió como herramienta aplicable al caso la elaboración de hojas de instrucciones del proceso de construcción de la cámara de tubos y de la elaboración del sistema de control y acabados, donde se exponen mejoras que disminuyen tiempos e incluso eliminan actividades innecesarias; todo lo descrito solo fue posible mediante el ya antes mencionado sistema de participación del personal, específicamente los programas de sugerencias, aprovechando así el potencial individual de los empleados quienes en conjunto con el investigador plantearon soluciones viables y apegadas a la realidad de la empresa con la finalidad de mejorar el proceso constructivo, permitiendo así presentar para la investigación las tablas 62 y 63, mismas que abarca de manera general todas las herramientas de manufactura esbelta aplicadas al proceso en estudio y específicamente sobre los dos puntos susceptibles de mejora; los documentos finales que manejaran los trabajadores se exponen en los anexos 8 y 9.

Es importante el inmiscuir al personal en este tipo de situaciones ya que son estos quienes deberán familiarizarse y manejar estos documentos además de que la implantación de cualquiera de los mecanismos de comunicación visual solo puede tener éxito con un cambio cultural en la empresa y con el apoyo incondicional de alta gerencia.

Tabla 62. Hoja de instrucciones construcción/ensamble cámara de tubos

| HOJA DE INSTRUCCIONES | | | |
|--|--|---|---|
| Construcción/ensamble cámara de tubos | | | |
| N° | Descripción | Observaciones | Instrucciones |
| | Espejos | | |
| 28 | Almacenamiento de materia prima | Plancha de acero A36 de 5mm de espesor | |
| 29 | Transporte a corte | Manual, 1 uds | Transportar de una vez retazo de plancha de acero A36 de 10mm de espesor para elaboración de gancho. |
| 30 | Preparación de herramientas medición/trazado | espejos y gancho | Al concluir la medición y trazado, colocar las herramientas en el tablero organizador. |
| 31 | Corte de espejos y gancho | Gancho en plancha de acero A36 de 10mm de espesor | |
| 32 | Limpieza de escoria | Efecto del corte | |
| 33 | Apuntar espejos uno sobre otro | MIG | |
| 34 | Colocación guía para ubicación de tubos | | Hacer uso de molde |
| 35 | Realización de huecos guías sobre espejos | 31 guías con broca de 28mm | |
| 36 | Transporte de espejos a área de rolado y perforado | Manual, 1 par de espejos. | |
| 37 | Preparación de taladro de columna | | ACTIVIDAD ELIMINADA |
| 38 | Perforado de espejos | 31 perforaciones en acero A36 10mm de espesor | Hacer las perforaciones mediante avance automático del husillo específicamente en 1ra marcha. |
| 39 | Desmontaje de espejos y limpieza de taladro de columna | | Dejar completamente listo el taladro de columna para su siguiente uso, esto incluye mesa, rieles de mesa, altura de mesa, sistema de refrigeración, brocas en su lugar asignado, entre otros. |
| 40 | Transporte de espejos área de corte | | |
| | Tubos | | |
| 41 | Preparación de herramientas | | |

Hoja de instrucciones construcción/ensamble cámara de tubos (Continuación 1)

| | Descripción | Observaciones | Instrucciones |
|----|---|---|---|
| 42 | Corte de tubos de 40cm de longitud | 31 uds, HN, 3/4", sin costura, SCH 40 | Hacer uso de molde, con la finalidad de evitar el manejo continuo de flexómetro |
| 43 | Desbarbado de tubos | 31 uds por ambos lados | Desbarbar cada lado del tubo por un lapso de tiempo de 30seg; tiempo comprobado con el que el desbarbado obtenido es de calidad (Usar reloj colocado frente a máquina de desbarbado). |
| 44 | Verificar calidad de desbarbado en tubos | | ACTIVIDAD ELIMINADA |
| | Ensamble espejo/tubos | | |
| 45 | Separar espejos uno del otro | Puliendo puntos de suelda | |
| 46 | Centrar espejos insertando tubos guías | Apuntando 4 tubos | |
| 47 | Insertar el resto de tubos y apuntar | MIG, 27 uds, apuntadas a ambos lados contra espejos | Hacer uso de rodela que da el alto adecuado de ubicación de los tubos de la cámara. |
| 48 | Verificar adecuada ubicación de los tubos en relación a los espejos. | | ACTIVIDAD ELIMINADA |
| 49 | Apuntar gancho sobre espejo superior | MIG, En el centro del espejo | |
| | Soldadura | | |
| 50 | Transporte área ensamble/soldadura | Tecla de pluma y sogas | |
| 51 | Preparación de soldadora, electrodos y EPP | SMAW, electrodos E-6011/E-6013 | - . Mantener la soldadora siempre conectada a la toma de energía y en su sitio establecido - . Tener los electrodos sobre la soldadora en recipientes diferenciados por color: Café – 6011 y Amarillo – 6013 - . Definir un sitio único para EPP de soldadura. |
| * | Preparar dos bancos de trabajo uno junto al otro | Para soldadura de tubos contra espejos | ACTIVIDAD AGREGADA - . Colocar bancos de trabajo bajo tecla - . Colocar cámara de tubos sobre uno de los bancos dejando hacia arriba el espejo superior |
| 52 | Soldadura de tubos contra espejo superior | Electrodos E-6011 | |
| 53 | Voltear cámara de tubos | | - . Haciendo uso de los guantes para soldar voltear cámara de tubos haciéndola pasar de un banco de trabajo a otro |

Hoja de instrucciones construcción/ensamble cámara de tubos (Continuación 2)

| | Descripción | Observaciones | Instrucciones |
|-----------|--|--------------------------------|---|
| 54 | Soldadura de tubos contra espejo inferior | Electrodos E-6011 | |
| 55 | Voltear cámara de tubos | | -. Haciendo uso de los guantes para soldar voltear cámara de tubos haciéndola pasar de un banco de trabajo a otro |
| 56 | Soldadura final de tubos contra espejo superior | Electrodos E-6013 | |
| 57 | Voltear cámara de tubos | | -. Haciendo uso de los guantes para soldar voltear cámara de tubos haciéndola pasar de un banco de trabajo a otro |
| 58 | Soldadura final de tubos contra espejo inferior | Electrodos E-6013 | |
| 59 | Voltear cámara de tubos | | -. Haciendo uso de los guantes para soldar voltear cámara de tubos haciéndola pasar de un banco de trabajo a otro |
| 60 | Soldadura de gancho a espejo superior | Electrodos E-6011/E6013 | |
| 61 | Elevar cámara de tubos con tecele | | -. Todo el proceso de soldadura se realizó bajo el tecele; y ya soldado el gancho solo queda anclar la cámara a la cadena y elevarla |
| 62 | Centrar cámara de tubos sobre cámara de fuego | | |
| 63 | Apuntar espejo inferior de cámara de tubos con cámara de fuego | MIG | |
| 64 | Preparación de soldadora, electrodos y EPP | SMAW, electrodos E-6011/E-6013 | -. Mantener la soldadora siempre conectada a la toma de energía y en su sitio establecido -. Tener los electrodos sobre la soldadora en recipientes diferenciados por color: Café – 6011 y Amarillo – 6013 -. Definir un sitio único para EPP de soldadura. |
| 65 | Soldadura de la cámara de fuego con espejo inferior de cámara de tubos | SMAW Electrodos E-6011 | |
| 66 | Soldadura final de la cámara de fuego con espejo inferior de cámara de tubos | SMAW Electrodos E-6013 | |

Hoja de instrucciones construcción/ensamble cámara de tubos (Continuación 3)

| | Descripción | Observaciones | Instrucciones |
|----|--|-----------------------|---|
| 72 | Soldadura de rodela de cierre contra cámara de fuego | SMAW Electrodo E-6011 | Después de analizar el proceso de construcción se reorganizo el orden de las actividades con la finalidad de eliminar actividades innecesarias como la 71 |
| 73 | Soldadura final de rodela de cierra contra cámara de fuego | SMAW Electrodo E-6013 | Después de analizar el proceso de construcción se reorganizo el orden de las actividades con la finalidad de eliminar actividades innecesarias como la 71 |
| 67 | Elevar haz tubular y cámara de fuego con tecele | | |
| 68 | Colocar de forma horizontal estructura sobre mesa de trabajo | | |
| 69 | Soldadura de cierre del cilindro de cámara de fuego | SMAW Electrodo E-6011 | |
| 70 | Soldadura final de cierre de cilindro de cámara de fuego | SMAW Electrodo E-6013 | |
| 71 | Elevar estructura en tecele y colocarla de forma vertical sobre mesa de trabajo | | ACTIVIDAD ELIMINADA |
| 74 | Elevar estructura con tecele y quitar mesa de trabajo para colocar la estructura al piso | | |

Tabla 63. Hoja de instrucciones elaboración del sistema de control y acabados

| HOJA DE INSTRUCCIONES | | | |
|--|--|--|---|
| Elaboración del sistema de control y acabados | | | |
| | Descripción | Observaciones | Instrucciones |
| | Automatización y control | | |
| 205 | Almacenamiento de gabinetes eléctricos y placas extraíbles | | |
| 206 | Selección de gabinete eléctrico y placa extraíble | 30cm x 30cm | - . Recurrir a bodega, específicamente a la percha donde se almacenan los gabinetes eléctricos para calderas - . También tomar de bodega una placa extraíble |
| 207 | Perforación de gabinete eléctrico | 3 agujeros, taladro de mano | |
| 208 | Adaptación de válvula de gas y módulo | | En gabinete eléctrico y placa extraíble respectivamente |
| 219 | Acoplamiento de termostato y adaptador | | En placa extraíble. Después de analizar el proceso de construcción se reorganizo el orden de esta actividad |
| 209 | Fijar gabinete eléctrico a tool de forro de la caldera | 3 tornillos auto-roscantes | |
| 210 | Se mide la longitud necesaria de canaleta ranura | Para cañería y cables de alta tensión | ACTIVIDAD ELIMINADA |
| 211 | Corte de canaleta ranurada | | Cortar 57cm de canaleta ranurada |
| 212 | Se coloca canaleta | Fijándola al tool de la caldera | |
| 213 | Colocación de cañerías para transporte de gas | 2 cañerías, dentro de canaleta | |
| 214 | Colocación de cables de alta tensión | 2 cables, dentro de canaleta, encargados de generar chispa | |
| 215 | Colocar cañerías en válvula de gas | Una cañería a la entrada de la hornilla para sistema principal. Otra cañería controla la llama piloto del sistema. | |

Hoja de instrucciones elaboración del sistema de control y acabados (Continuación 1)

| | | | |
|-----|---|---|---|
| 216 | Acertar cables de alta tensión en electrodos | En electrodos ubicados en la hornilla. | |
| 217 | Almacenamiento de material para gabinete eléctrico | | |
| 218 | Selección de material para automatización | | Recurrir a documento denominado "LISTADO DE MATERIAL - AUTOMATIZACIÓN" |
| 220 | Se realiza la automatización del equipo | | |
| 221 | Colocación de placa extraíble en gabinete eléctrico | | |
| 222 | Se transporta tanque de abastecimiento de agua para caldera | Desde bodega | ACTIVIDAD ELIMINADA |
| 223 | Instalación de tanque de abastecimiento | 3 codos ½" 2 válvulas check 1 Nudo HN Neplos varios 1 Reductor de 1" a ½" | |
| 224 | Conexión de instrumentos fijos de caldera a sistema de control | McDonnell Presostato Bomba de abastecimiento Cables de alta tensión a modulo | |
| 225 | Prueba del sistema de vapor | Se comprueba el total y correcto funcionamiento del equipo | |
| 226 | Transporte desde oficina de logotipo, placa técnica, etiqueta, señalética para gabinete eléctrico | | -. Buscar logotipo, placa técnica y etiquetas en el lugar y carpeta establecida dentro de la oficina. |
| 227 | Se coloca logotipo, placa técnica, etiqueta, señalética para gabinete eléctrico | | |
| 228 | Se embala equipo | Con papel rollo film se cubre gabinete eléctrico, presostato y manómetro | |

Entre las técnicas de control visual que la teoría expone esta la “Documentación visual en el puesto de trabajo” y dentro de esta se encuentra la elaboración de “listas de piezas” y es específicamente esta técnica la cual se aplica en referencia a la selección del material para automatización, ya que comúnmente y como debe ser, todo el material para el proceso de automatización esta almacenado en bodega y cuando se lo requiere normalmente el encargado de automatizar el equipo va a bodega y busca todo el material necesario haciendo simplemente un listado mental de lo requerido.

Lo antes descrito provoca pérdida de tiempo e incluso en repetidas ocasiones se omite de manera no intencional muchos de los materiales necesarios, y esto trae como resultado el que se deba volver a bodega nuevamente en busca del material faltante; de ahí que se recurrió a la elaboración de lo que en teoría se denomina un listado de piezas pero para este caso en particular se trata de un listado del material necesario para la automatización del equipo, documento que se presenta en el anexo 10 y que será manejado por el encargado del proceso de elaboración del sistema de control.



Figura 88. Trabajador encargado manejando listado de material necesario para automatización (proceso mejorado)

Todo lo antes presentado solo fue posible gracias a lo que en teoría se denomina “La dimensión humana de la manufactura esbelta”, tema que tiene como premisa el hecho de que las personas constituyen el capital más importante de la organización, siendo, por lo tanto, un factor indispensable en el éxito del sistema ya que son los operarios o trabajadores los que están en permanente contacto con el medio de trabajo y por ende son ellos los primeros en observar cuales son los inconvenientes a resolver. De ahí que sin duda estos están más capacitados para imaginar las soluciones de mejora [11].

En base a lo antes mencionado es importante recalcar que la identificación de problemas, planteamiento de soluciones viables y selección de herramientas de manufactura esbelta aplicadas en este caso en particular se realizó en conjunto con gerencia, personal administrativo y trabajadores.

Ya establecidas soluciones sencillas, viables pero eficaces para los problemas identificados en los dos puntos susceptibles de mejora se procede a presentar los cursogramas analíticos post aplicación de las mejoras durante el proceso constructivo de la caldera GN.1001 – LTJ.

Cursogramas analíticos post aplicación de las mejoras

Tabla 64. Cursograma analítico construcción/ensamble cámara de tubos - proceso mejorado

| CURSOGRAMA ANALÍTICO | | | | OPERARIO/MATERIAL/EQUIPO | | | | | | |
|----------------------|--|---------------------|----------------|---------------------------|---|---|---------|---|-------------------|----------------------|
| Diagrama N° 11 | | Hoja N° 1 / 4 | | ACTIVIDAD | | | Actual | Mejorado | | |
| Producto | Cámara de tubos o haz tubular | | | Operación | ○ | | 32 | 31 | | |
| | | | | Transporte | ⇒ | | 4 | 4 | | |
| Actividad | Construcción ensamble cámara de tubos | | | Espera | D | | 8 | 8 | | |
| | | | | Inspección | □ | | 2 | 0 | | |
| Lugar | Empresa GN Industrial | | | Almacenamiento | ▽ | | 1 | 1 | | |
| | | | | Distancia (metros) | | | 26,40 | 26,40 | | |
| Método | Mejorado | | | Tiempo (minutos) | | | 1355,17 | 988,32 | | |
| Descripción | Distancia (m) | Tiempo (min) | Símbolo | | | | | Observaciones | Act. | |
| | | | ○ | ⇒ | D | □ | ▽ | | Productiva | No Productiva |
| | Cámara de tubos o haz tubular | | | | | | | | | |
| | Espejos | | | | | | | | | |
| 28 | Almacenamiento de materia prima | - | - | | | | | Plancha de acero A36 de 5mm de espesor | x | |
| 29 | Transporte a corte | 6,10 | 4,91 | | ● | | | Manual, 1 uds | x | |
| 30 | Preparación de herramientas medición/trazado | | 33,89 | | | ● | | espejos y gancho | x | |
| 31 | Corte de espejos y gancho | | 22,02 | ● | | | | Gancho en plancha de acero A36 de 10mm de espesor | x | |
| 32 | Limpieza de escoria | | 3,16 | ● | | | | Efecto del corte | x | |
| 33 | Apuntar espejos uno sobre otro | | 2,54 | ● | | | | MIG | x | |
| 34 | Colocación de guía para ubicación tubos | | 4,03 | | | ● | | | x | |
| 35 | Realización de huecos guías sobre espejos | | 8,69 | ● | | | | 31 guía scon broca de 28mm | x | |
| 36 | Transporte de espejos a área de rolado y perforado | 7,30 | 0,72 | | | ● | | Manual, 1 par de espejos. | x | |

Cursograma analítico construcción/ensamble cámara de tubos - proceso mejorado
(continuación 1)

| Diagrama N° 11 | | Hoja N° 2 / 4 | | | | | Continuación | | | | | |
|----------------|--|---------------|--------------|---------|---|---|--------------|---|---------------|---|---------------|---|
| Descripción | | Distancia (m) | Tiempo (min) | Símbolo | | | | | Observaciones | Act. | | |
| | | | | ○ | ⇒ | ◊ | □ | ▽ | | Productiva | No Productiva | |
| 37 | Perforado de espejos | | 287,70 | ● | | | | | | 31 perforaciones en acero A36 10mm de espesor | x | |
| 38 | Desmontaje de espejos y limpieza de taladro de columna | | 8,73 | | | ● | | | | | | x |
| 39 | Transporte de espejos área de corte | 7,30 | 0,67 | | ● | | | | | | | x |
| | Tubos | | | | | | | | | | | |
| 40 | Preparación de herramientas | | 2,14 | | | ● | | | | | | x |
| 41 | Corte de tubos de 40cm de longitud | | 21,02 | ● | | | | | | 31 uds, HN, 3/4", sin costura, SCH 40 | x | |
| 42 | Desbarbado de tubos | | 33,18 | ● | | | | | | 31 uds por ambos lados | x | |
| | Ensamble espejo/tubos | | | | | | | | | | | |
| 43 | Separar espejos uno del otro | | 1,09 | ● | | | | | | Puliendo puntos de suelda | x | |
| 44 | Centrar espejos insertando tubos guías | | 11,21 | ● | | | | | | Apuntando 4 tubos | x | |
| 45 | Insertar el resto de tubos y apuntar | | 12,03 | ● | | | | | | MIG, 27 uds, apuntadas a ambos lados contra espejos | x | |
| 46 | Apuntar gancho sobre espejo superior | | 2,15 | ● | | | | | | MIG, En el centro del espejo | x | |
| | Soldadura | | | | | | | | | | | |
| 47 | Transporte área ensamble/soldadura | 5,70 | 7,53 | | ● | | | | | Tecla de pluma y sogas | | x |

Cursograma analítico construcción/ensamble cámara de tubos - proceso mejorado
(continuación 2)

| Diagrama N° 11 | | Hoja N° 3 / 4 | | | | | Continuación | | | | |
|----------------|--|---------------|--------------|---------|---|---|--------------|---|--|------------|---------------|
| Descripción | | Distancia (m) | Tiempo (min) | Símbolo | | | | | Observaciones | Act. | |
| | | | | ○ | ⇒ | □ | □ | ▽ | | Productiva | No Productiva |
| 48 | Preparación de soldadora, electrodos y EPP | | 4,68 | | | ● | | | SMAW, electrodos E-6011/E-6013 | | x |
| 49 | Preparar dos bancos de trabajo uno junto al otro | | 2,09 | | | ● | | | Para soldadura de tubos contra espejos | | x |
| 50 | Soldadura de tubos contra espejo superior | | 88,59 | ● | | | | | Electrodos E-6011 | x | |
| 51 | Voltear cámara de tubos | | 0,7 | ● | | | | | | | x |
| 52 | Soldadura de tubos contra espejo inferior | | 107,39 | ● | | | | | Electrodos E-6011 | x | |
| 53 | Voltear cámara de tubos | | 0,8 | ● | | | | | | | x |
| 54 | Soldadura final de tubos contra espejo superior | | 98,26 | ● | | | | | Electrodos E-6013 | x | |
| 55 | Voltear cámara de tubos | | 0,5 | ● | | | | | | | x |
| 56 | Soldadura final de tubos contra espejo inferior | | 87,33 | ● | | | | | Electrodos E-6013 | x | |
| 57 | Voltear cámara de tubos | | 1,05 | ● | | | | | | | x |
| 58 | Soldadura de gancho a espejo superior | | 12,75 | ● | | | | | Electrodos E-6011/E6013 | x | |
| 59 | Elevar cámara de tubos con tecle | | 2,05 | ● | | | | | | | x |
| 60 | Centrar cámara de tubos sobre cámara de fuego | | 10,27 | ● | | | | | | x | |
| 61 | Apuntar espejo inferior de cámara de tubos con cámara de fuego | | 4,84 | ● | | | | | MIG | x | |

Cursograma analítico construcción/ensamble cámara de tubos - proceso mejorado
(continuación 3)

| Diagrama N° 11 | | Hoja N° 4 / 4 | | | | | Continuación | | | | | |
|----------------|---|---------------|--------------|---------|---|---|--------------|---|---------------|--------------------------------|---------------|---|
| Descripción | | Distancia (m) | Tiempo (min) | Símbolo | | | | | Observaciones | Act. | | |
| | | | | ○ | ⇒ | ◐ | ◻ | ▽ | | Productiva | No Productiva | |
| 62 | Preparación de soldadora, electrodos y EPP | | 2,15 | | | | | | | SMAW, electrodos E-6011/E-6013 | | x |
| 63 | Soldadura de la cámara de fuego con espejo inferior de cámara de tubos | | 14,59 | ● | | | | | | SMAW Electrodo E-6011 | x | |
| 64 | Soldadura final de la cámara de fuego con espejo inferior de cámara de tubos | | 14,56 | ● | | | | | | SMAW Electrodo E-6013 | x | |
| 65 | Soldadura de rodela de cierre contra cámara de fuego | | 12,48 | ● | | | | | | SMAW Electrodo E-6011 | x | |
| 66 | Soldadura final de rodela de cierre contra cámara de fuego | | 15,15 | ● | | | | | | SMAW Electrodo E-6013 | x | |
| 67 | Elevar haz tubular y cámara de fuego con tecla | | 8,36 | ● | | | | | | | | x |
| 68 | Colocar de forma horizontal estructura sobre mesa de trabajo | - | 3,57 | | | | | ● | | | | x |
| 69 | Soldadura de cierre del cilindro de cámara de fuego | | 8,82 | ● | | | | | | SMAW Electrodo E-6011 | x | |
| 70 | Soldadura final de cierre de cilindro de cámara de fuego | | 10,08 | ● | | | | | | SMAW Electrodo E-6013 | x | |
| 71 | Elevar estructura con tecla y quitar mesa de trabajo para colocar la estructura al piso | | 9,85 | ● | | | | | | | | x |

Tabla 65. Cursograma analítico elaboración del sistema de control y acabados - proceso mejorado.

| CURSOGRAMA ANALÍTICO | | | OPERARIO/MATERIAL/EQUIPO | | | | | | | |
|----------------------|--|---------------------------|--------------------------|-----------|---------|--------|-------------------------------------|---------------|------------|---------------|
| Diagrama N° 12 | | Hoja N° 1 / 3 | | ACTIVIDAD | | Actual | Mejorado | | | |
| Producto | Caldera generadora de vapor GN.1001 - LTJ | Operación | | ○ | 16 | 16 | | | | |
| | | Transporte | | ⇒ | 2 | 1 | | | | |
| Actividad | Elaboración del sistema de control y acabados | Espera | | D | 3 | 2 | | | | |
| | | Inspección | | □ | 1 | 1 | | | | |
| Lugar | Empresa GN Industrial | Almacenamiento | | ▽ | 2 | 2 | | | | |
| | | Distancia (metros) | | | 13,60 | 6,20 | | | | |
| Método | Mejorado | | Tiempo (minutos) | | 1006,65 | 911,97 | | | | |
| Descripción | Distancia (m) | Tiempo (min) | Símbolo | | | | | Observaciones | Act. | |
| | | | ○ | ⇒ | D | □ | ▽ | | Productiva | No Productiva |
| | Automatización y control | | | | | | | | | |
| 205 | Almacenamiento de gabinetes eléctricos y placas extraíbles | - | | | | | | | x | |
| 206 | Selección de gabinete eléctrico y placa extraíble | 0,80 | | | | | 30cm x 30cm | | x | |
| 207 | Perforación de gabinete eléctrico | 4,12 | ● | | | | 3 agujeros, taladro de mano | x | | |
| 208 | Adaptación de válvula de gas y módulo | 14,47 | ● | | | | En gabinete y placa respectivamente | x | | |
| 219 | Acoplamiento de termostato y adaptador | 26,19 | ● | | | | En placa | x | | |
| 209 | Fijar gabinete eléctrico a tool de forro de la caldera | 11,05 | ● | | | | 3 tornillos auto-roscantes | x | | |
| 211 | Corte de canaleta ranurada | 1,84 | ● | | | | | x | | |
| 212 | Se coloca canaleta | 7,03 | ● | | | | Fijándola al tool de la caldera | x | | |
| 213 | Colocación de cañerías para transporte de gas | 26,01 | ● | | | | 2 cañerías, dentro de canaleta | x | | |

Cursograma analítico elaboración del sistema de control y acabados - proceso mejorado
(Continuación 1)

| Diagrama N° 12 | | Hoja N° 2 / 3 | | | | | Continuación | | | | |
|----------------|---|---------------|--------------|---------|---|---|--------------|---|--|------------|---------------|
| Descripción | | Distancia (m) | Tiempo (min) | Símbolo | | | | | Observaciones | Act. | |
| | | | | ○ | ⇒ | D | □ | ▽ | | Productiva | No Productiva |
| 214 | Colocación de cables de alta tensión | | 24,58 | ● | | | | | 2 cables, dentro de canaleta, encargados de generar chispa | x | |
| 215 | Colocar cañerías en válvula de gas | | 5,96 | ● | | | | | Una cañería a la entrada de la hornilla para sistema principal. Otra cañería controla la llama piloto del sistema. | x | |
| 216 | Acertar cables de alta tensión en electrodos | | 1,67 | ● | | | | | En electrodos ubicados en la hornilla. | x | |
| 217 | Almacenaje de material para automatización | | - | | | | | ● | | | x |
| 218 | Selección de material para automatización | | 8,29 | | | | | ● | | | x |
| 220 | Automatización del equipo | | 510 | ● | | | | | Colocación de equipos y cableado; todo en placa extraíble del gabinete | x | |
| 221 | Colocación de placa extraíble en gabinete eléctrico | | 5,13 | ● | | | | | | x | |
| 223 | Instalación de tanque de abastecimiento | | 30,81 | ● | | | | | 3 codos ½" 2 válvulas check 1 Nudo HN Neplos varios 1 Reductor de 1" a ½" | x | |

Cursograma analítico elaboración del sistema de control y acabados - proceso mejorado
(Continuación 2)

| Diagrama N° 12 | | Hoja N° 3/ 3 | | | | | | Continuación | | | |
|----------------|---|---------------|--------------|---------|---|---|---|--------------|--|------------|---------------|
| Descripción | | Distancia (m) | Tiempo (min) | Símbolo | | | | | Observaciones | Act. | |
| | | | | ○ | ⇒ | □ | □ | ▽ | | Productiva | No Productiva |
| 224 | Conexión de instrumentos fijos de caldera a sistema de control | | 47,54 | ● | | | | | McDonnell Presostato Bomba de abastecimiento Cables de alta tensión a modulo | x | |
| 225 | Prueba del sistema de vapor | | 108,73 | | | | | ● | Se comprueba el total y correcto funcionamiento del equipo | | x |
| 226 | Transporte desde oficina de logotipo, placa técnica, etiqueta, señalética para gabinete eléctrico | 6,20 | 1,83 | | | | | ● | | | x |
| 227 | Se coloca logotipo, placa técnica, etiqueta, señalética para gabinete eléctrico | | 44,52 | ● | | | | | | x | |
| 228 | Se embala equipo | | 31,40 | ● | | | | | Con papel rollo film se cubre gabinete eléctrico, presostato y manómetro | x | |

Representación en barras del tiempo de cada actividad post mejoras

La figura 89 facilita realizar una comparativa con respecto a lo presentado en el análisis de la situación inicial donde se había establecido como actividades que controlan el proceso constructivo a la construcción y ensamble de la cámara de tubos y a la elaboración del sistema de control y acabados con tiempos de 1355,17 min y 1006,65 min respectivamente antes de la aplicación de las herramientas de manufactura esbelta.

Mientras que post aplicación de herramientas de manufactura esbelta y previa toma de tiempos en campo sobre las dos actividades que controlaban el proceso constructivo es indiscutible que estas han reducido sus tiempos a 988,32 min y 911,97 min respectivamente, presentando así una reducción de tiempo considerable.

Se debe tomar en cuenta que dentro de la actividad denominada construcción y ensamble de la cámara de tubos hay un elemento sumamente demorado que es el perforado de espejos que corresponde a la realización de 31 perforaciones en dos planchas de acero A36 de 5mm de espesor unidas mediante puntos de suelda; antes de la aplicación de las mejoras por medio de las herramientas de manufactura esbelta este elemento tenía una duración de 378,57 min debido a varios factores negativos como el no hacer uso del avance automático que el taladro de columna dispone, el hecho de que el switch de encendido del taladro estaba distante a la maquina como tal y también el no recibir el taladro en óptimas condiciones de orden y limpieza, todo lo antes mencionado generaba tiempos innecesarios durante esta operación en particular.

Luego de la corrección de todo lo antes descrito a través de las herramientas de manufactura esbelta se ha conseguido disminuir el tiempo de este elemento a 287,70min, siendo una mejora sustancial y representativa, pero sin duda de cierta manera sigue esta actividad siendo demorada, especialmente por el hecho de que esta está supeditada al tiempo de avance automático del equipo durante la realización del trabajo, de ahí que en el gráfico de barras el tiempo de esta actividad a pesar de haber mejorado notablemente aun predomina en relación al resto de actividades.

Ocurre algo similar con la automatización del equipo dentro del proceso de elaboración del sistema de control y acabados; este elemento se tarda en promedio más de 8 horas; y es sin duda uno de los elementos más importantes dentro del proceso en estudio y debido a este es que el tiempo del proceso analizado a pesar de haber mejorado notablemente de 1006,65 min a 911,97 min aun es predominante en relación al resto de actividades.

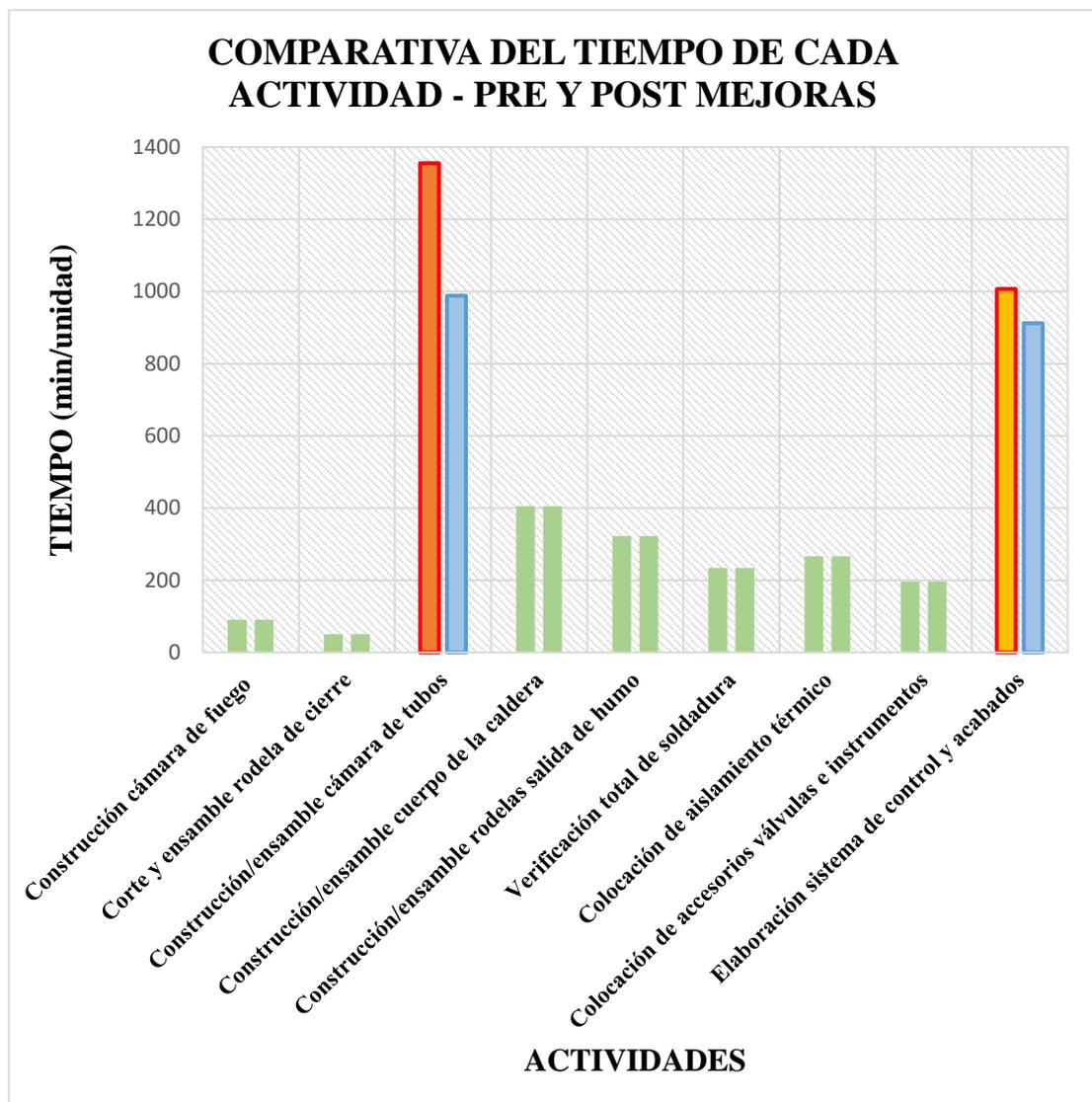


Figura 89. Representación comparativa en barras del tiempo de cada actividad pre y post aplicación de herramientas de manufactura esbelta.

Dentro de las fases de implantación de la manufactura esbelta y como fase inicial está el diagnóstico y formación donde como principal cometido se tiene el reconocer el

estado actual del sistema de fabricación precisando para esto información sustancial de los puntos susceptibles de mejora ya definidos antes, información que se expuso antes en la tabla 55 y correspondiente al proceso de fabricación actual; además se estableció que la forma más efectiva de diagnóstico es a través del trazado del VSM.

Tabla 66. Tiempo valor añadido - proceso mejorado

| PUNTOS SUSCEPTIBLES DE MEJORA | | | | | | | |
|--|---|-----------------------|-------------------------------|-----------------|-----------------------|------------------|-----------------|
| TIEMPO DE VALOR AÑADIDO CALDERA GN.1001 - LTJ | | | | | | | |
| Producto | Caldera | Método | Comparativa Actual - Mejorado | | | | |
| Proceso | Construcción | Realizado por | Regalado Fabricio | | | | |
| Hoja | 1 | Aprobado por | Ing. Tigre Franklin | | | | |
| Lugar | GN industrial | | | | | | |
| | | Actual | | | Mejorado | | |
| Nº | Actividad | T. ciclo (min) | NVA (min) | VA (min) | T. ciclo (min) | NVA (min) | VA (min) |
| 3 | Construcción/ensamble cámara de tubos | 1355,17 | 190,25 | 1164,92 | 988,32 | 94,39 | 893,93 |
| 9 | Elaboración sistema de control y acabados | 1006,65 | 159,59 | 847,06 | 911,97 | 119,65 | 792,32 |

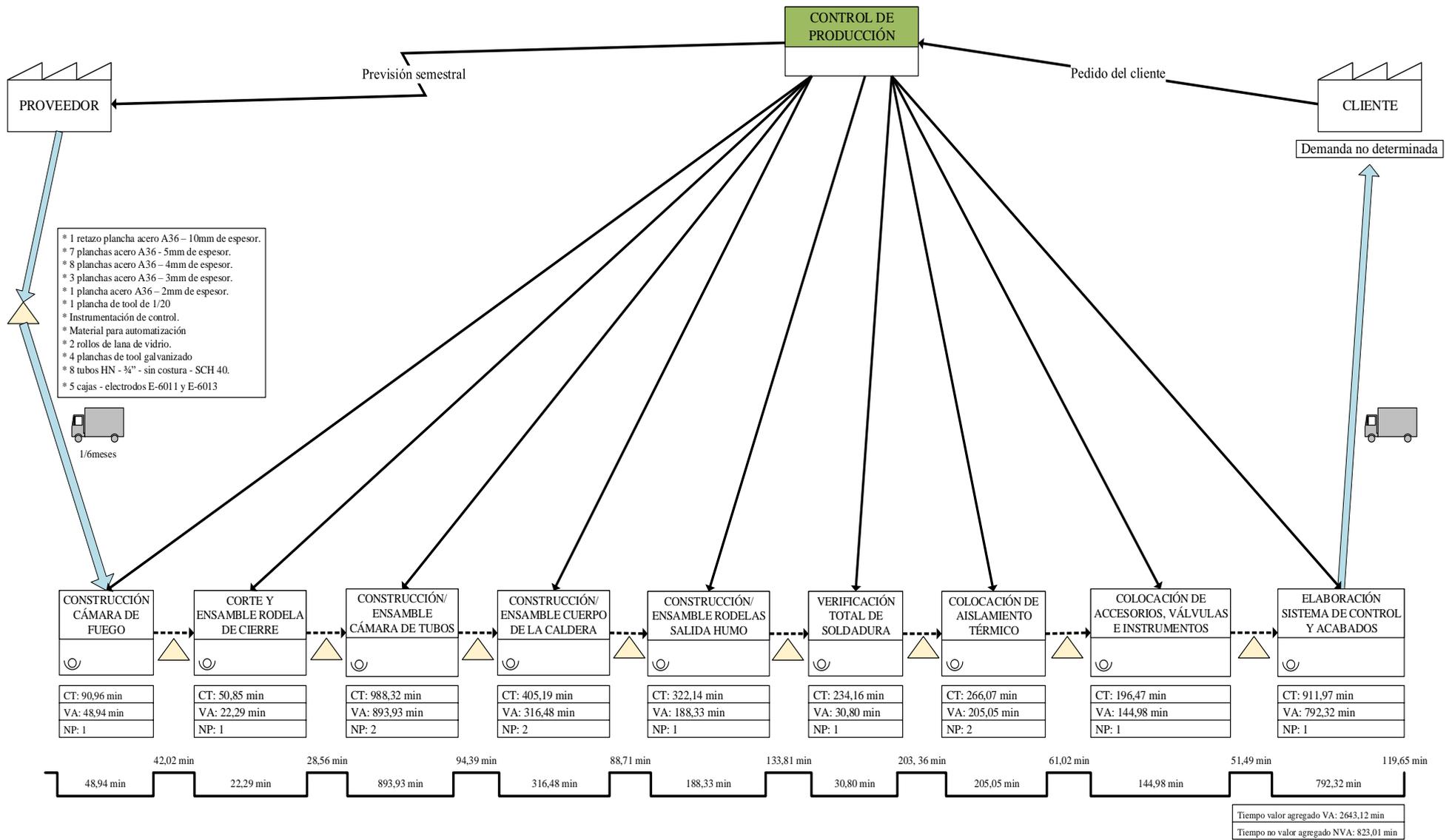


Figura 90. Mapa cadena de valor Futuro - proceso mejorado

Antes en la tabla 66 se expone el tiempo que genera valor añadido “VA” y el tiempo de no valor añadido “NVA”, todo con respecto a los puntos susceptibles de mejora dentro del proceso constructivo de la caldera GN.1001 – LTJ, permitiendo entonces realizar una comparativa entre los datos del proceso denominado actual y el mejorado para así visualizar de manera general los beneficios en cuanto a tiempo obtenidos sobre los puntos susceptibles de mejora en base a la aplicación de las herramientas de manufactura esbelta.

Además de que los datos expuestos en la tabla 66 son necesarios para la presentación de la figura 90.

Seguimiento de indicadores generales del proyecto

Lead time

Para obtener el lead time es necesario sumar todos los tiempos de la línea de tiempo expuestos en el mapa de la cadena de valor del proceso mejorado presentados en la figura 90.

$$\mathbf{Lead\ time = VA + NVA}$$

$$\mathbf{Lead\ time = 2643,12min + 823,01min}$$

$$\mathbf{Lead\ time = 3466,13min = 57,77h}$$

Se obtiene entonces un lead time mejorado para el proceso de construcción de la caldera generadora de vapor GN.1001 - LTJ de 57,77 horas lo que equivale a 7 días de trabajo más 1 hora 46 minutos de un octavo día, considerando como día de trabajo las 8 horas diarias que la empresa labora y obteniendo una reducción de tiempo en relación al proceso constructivo original de 7,69h lo que equivale a 7 horas de trabajo más 41 minutos, considerando que el lead time del proceso original correspondía a 65,46 horas.

Ratio de valor añadido (RVA)

Ya se mencionó antes que este indicador da una proporción sobre el tiempo que realmente se le está dando valor al producto.

$$RVA = \frac{\text{Tiempo de valor añadido}}{\text{Tiempo de valor no añadido}}$$

$$RVA = \frac{2643,12 \text{ min}}{823,01 \text{ min}}$$

$$RVA = 3,21$$

De acuerdo a la teoría el objetivo del indicador es maximizar el ratio de valor añadido a través de minimizar el tiempo de valor no añadido, todo esto con la aplicación de mejoras; el RVA original del proceso antes de la aplicación de las herramientas de manufactura esbelta correspondía a 3,1 es indiscutible que para este caso en particular se maximizo el ratio tan solo por 0,11%, lo que a simple vista da a pensar que no hubo una mejora significativa en el proceso constructivo; pero esto tiene una razón de ser y es que el ratio se hubiese maximizado mucho más si solamente se hubiera actuado con el fin de mejorar o eliminar aquellas actividades que no aportan valor añadido al producto y se hubiese mantenido la forma de trabajo sobre todas aquellas que si lo hacen ya que de esa manera se hubiera conseguido disminuir el tiempo de valor no añadido y mantener el tiempo de valor añadido lo que al realizar la relación que la formula indica hubiese dado como resultado un RVA significativamente mayor a 3,1 apegándonos así a lo expuesto en la teoría.

Pero ya ubicados en la realidad esto no hubiese sido optimo ya que muchas de las actividades del proceso constructivo analizadas a pesar de brindar valor añadido al producto se estaban realizando de una manera poco eficiente, es decir, tenían oportunidad de mejora con la finalidad de disminuir tiempos innecesarios y fue justo eso lo que se realizó de ahí que tanto el tiempo de valor añadido como el de valor no añadido disminuyo de 2968,85min a 2643,12min y de 958,81min a 823,01min

respectivamente; lo que a la postre y después de realizar la relación da un RVA mejorado de 3,21.

Seguimiento de indicadores del proyecto en los puntos susceptibles de mejora
Indicador tiempo de ciclo, no valor añadido “NVA” y valor añadido “VA”

Tabla 67. Indicador basado en el TC, NVA y VA

| Actividad | T. ciclo (min) | TNVA (min) | TVA (min) |
|---|-----------------------|-------------------|------------------|
| Construcción/ensamble cámara de tubos | 988,32 | 94,39 | 893,93 |
| Elaboración sistema de control y acabados | 911,97 | 119,65 | 792,32 |

En la tabla 67 se expone el tiempo de ciclo, tiempo no valor añadido y tiempo valor añadido obtenidos del estudio de la forma mejorada del proceso de construcción de la caldera GN.1001 – LTJ y centrados netamente en los puntos susceptibles de mejora antes definidos; indicador que va de la mano con lo expuesto en la tabla 66 misma que muestra de forma clara la comparativa de tiempos entre el método de trabajo actual y mejorado.

Indicador ratios mejorados de operación

Construcción/ensamble cámara de tubos

Ratio de operaciones (número de actividades)

$$ROa = \frac{\text{Número de operaciones}}{\text{Número total de actividades}} \times 100$$

$$ROa = \frac{31 \text{ actividades}}{44 \text{ actividades}} \times 100$$

$$ROa = 70,45\%$$

Ratio de operaciones (tiempos)

$$ROt = \frac{\text{Tiempo de operación}}{\text{Tiempo total}} \times 100$$

$$ROt = \frac{913,21 \text{ min}}{988,32 \text{ min}} \times 100$$

$$ROt = 92,40\%$$

El análisis en base al número de actividades implica que en el método mejorado de trabajo en el 29,55% de las actividades que se realizan se gasta insumos sin agregar valor al producto; mientras, que analizando en referencia a los tiempos del método mejorado de trabajo es notable que 7,6% del tiempo empleado es invertido en actividades que no agregan valor al producto; mientras que antes de la aplicación de las herramientas de manufactura esbelta el primer caso correspondía a 31,91% y el segundo caso al 11% respectivamente.

Elaboración del sistema de control y acabados

Ratio de operaciones (número de actividades)

$$ROa = \frac{\text{Número de operaciones}}{\text{Número total de actividades}} \times 100$$

$$ROa = \frac{16 \text{ actividades}}{22 \text{ actividades}} \times 100$$

$$ROa = 72,73\%$$

Ratio de operaciones (tiempos)

$$ROt = \frac{\text{Tiempo de operación}}{\text{Tiempo total}} \times 100$$

$$ROt = \frac{792,32 \text{ min}}{911,97 \text{ min}} \times 100$$

$$ROt = 86,88\%$$

El análisis en base al número de actividades implica que en el método mejorado de trabajo en el 27,27% de las actividades que se realizan, se gasta insumos sin agregar valor al producto; mientras, que analizando en referencia a los tiempos del método mejorado de trabajo es notable que el 13,12% del tiempo empleado es invertido en actividades que no agregan valor al producto; mientras que antes de la aplicación de las herramientas de manufactura esbelta el primer caso correspondía a 33,33% y el segundo caso al 15,85% respectivamente.

Indicador análisis de valor añadido (AVA)

Construcción/ensamble cámara de tubos

Elaboración del sistema de control y acabados

En este apartado se analizan los puntos susceptibles de mejora en conjunto. Estas dos actividades en el proceso mejorado están conformadas por un total de 66 elementos de los cuales 41 generan valor agregado o añadido al producto y 25 no lo hacen, correspondiendo así respectivamente a 62,12% y 37,88%.

Antes de la implementación de las herramientas de manufactura esbelta los dos puntos susceptibles de mejora estaban conformados por un total de 71 elementos con un porcentaje de 57,75% y 42,25% respectivamente.

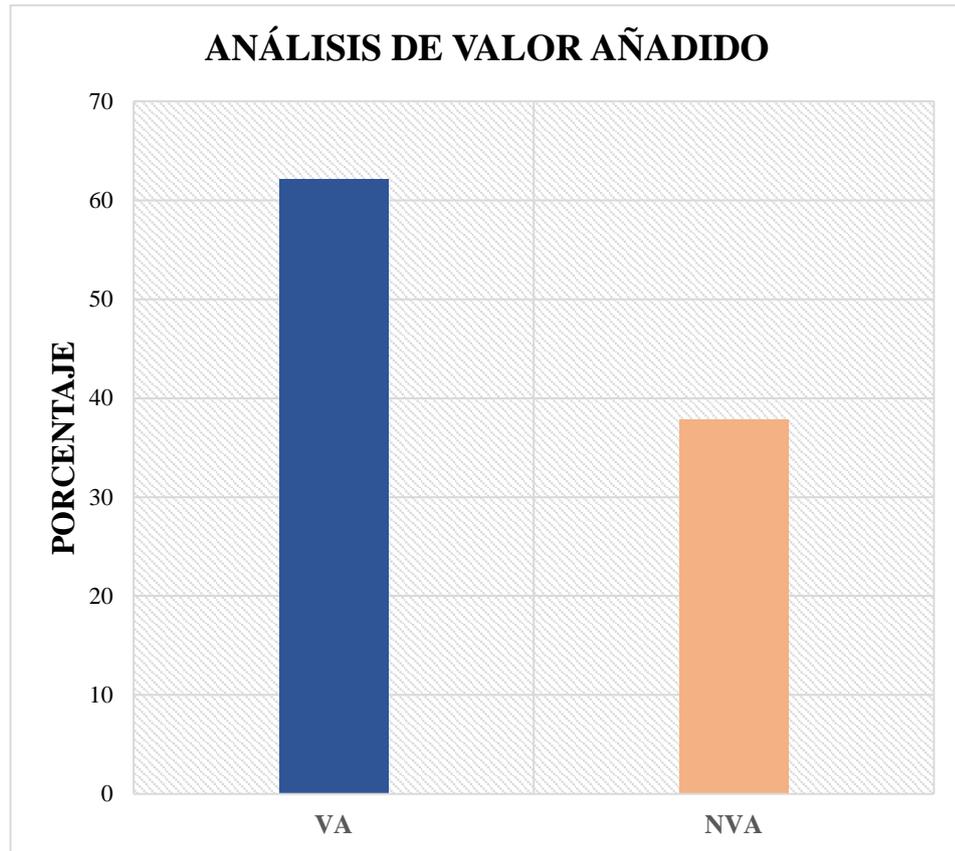


Figura 91. Análisis de valor añadido – proceso mejorado

Indicador análisis valor añadido – proceso mejorado (AVA)

En este apartado se analizan los puntos susceptibles de mejora por separado.

Construcción/ensamble cámara de tubos

Tabla 68. Indicador análisis valor añadido - proceso mejorado - construcción ensamble cámara de tubos

| INDICADOR | Nº. ELEMENTOS | % |
|--------------|---------------|-------|
| VA | 25 | 56,82 |
| NVA | 19 | 43,18 |
| TOTAL | 44 | 100 |

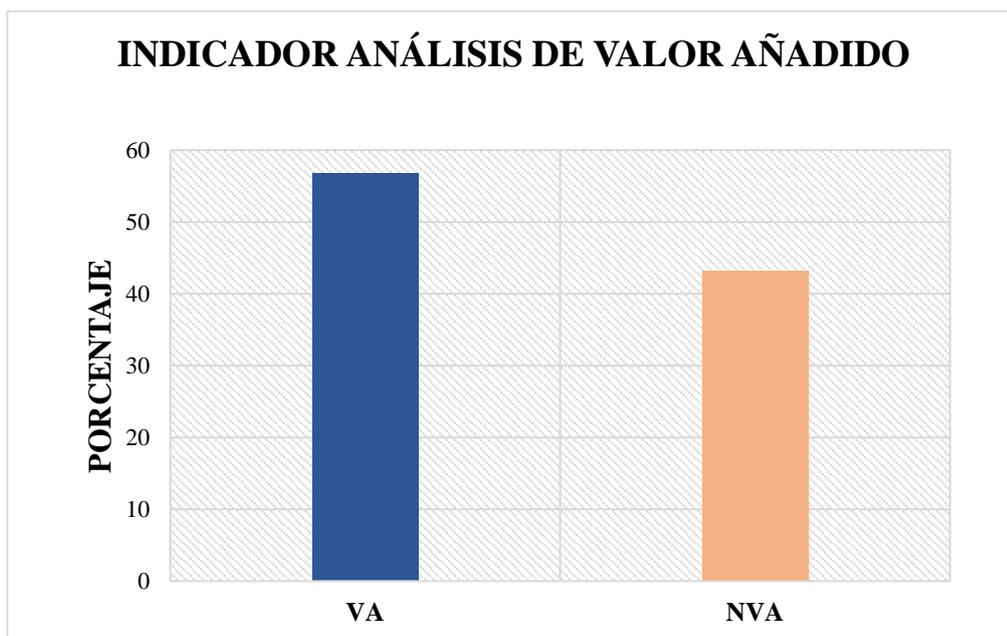


Figura 92. Análisis valor añadido - construcción/ensamble cámara de tubos - proceso mejorado

La actividad analizada, después de la implementación de las herramientas de manufactura esbelta está conformada por un total de 44 elementos de los cuales 25 generan valor agregado o añadido al producto y 19 no lo hacen, correspondiendo así respectivamente a 56,82% y 43,18%.

Antes de la implementación de las herramientas de manufactura esbelta esta actividad estaba conformada por un total de 47 elementos de los cuales 25 generaban valor agregado o añadido al producto y 22 no lo hacían, correspondiendo así respectivamente a 53,19% y 46,81%.

Elaboración del sistema de control y acabados

Tabla 69. Indicador análisis valor añadido - proceso mejorado – elaboración del sistema de control y acabados

| INDICADOR | Nº. ELEMENTOS | % |
|-----------|---------------|-------|
| EVA | 16 | 72,72 |
| ENVA | 6 | 27,27 |
| TOTAL | 22 | 100 |

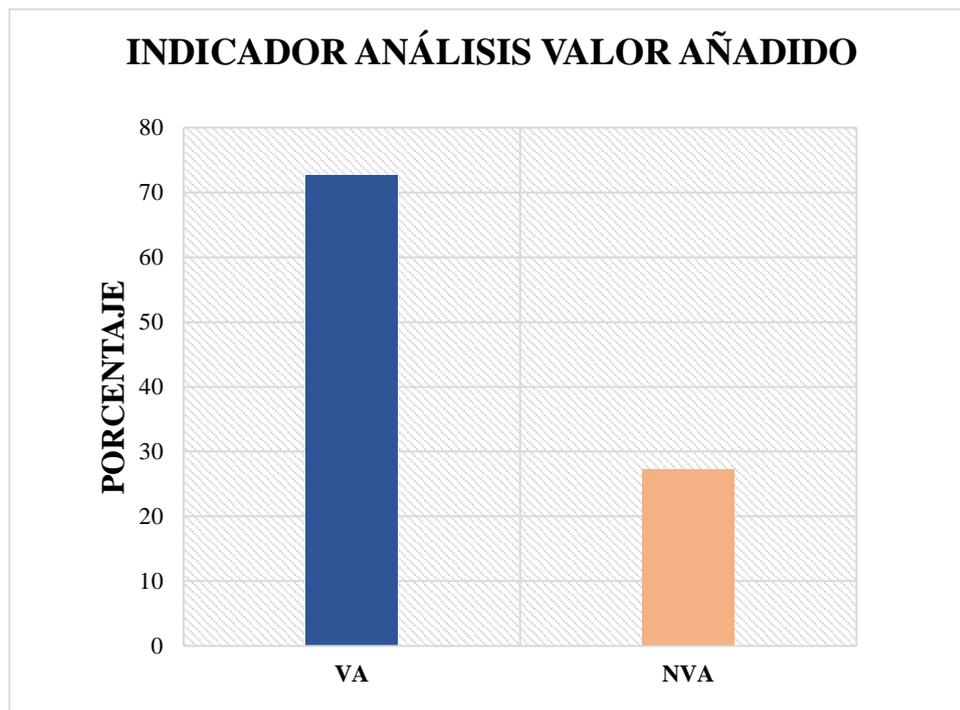


Figura 93. Análisis valor añadido – elaboración del sistema de control y acabados - proceso mejorado

La actividad analizada, después de la implementación de las herramientas de manufactura esbelta está conformada por un total de 22 elementos de los cuales 16 generan valor agregado o añadido al producto y 6 no lo hacen, correspondiendo así respectivamente a 72,72% y 27,27%.

Antes de la implementación de las herramientas de manufactura esbelta esta actividad estaba conformada por un total de 24 elementos de los cuales 16 generaban valor agregado o añadido al producto y 8 no lo hacían, correspondiendo así respectivamente a 66,67% y 33,33%.

A continuación, se presente una tabla comparativa del sistema de indicadores de seguimiento del proyecto, la cual permite visualizar de mejor manera todas las ventajas expresadas de forma cuantitativa que fueron conseguidas en base a la implementación de las herramientas de manufactura esbelta, mismas que sin lugar a duda nos llevaron a la mejora de la capacidad productiva en la construcción de la caldera generadora de vapor serie GN.1001 – LTJ.

Tabla 70. Resumen comparativo actual- mejorado del sistema de indicadores de seguimiento del proyecto

| RESUMEN COMPARATIVO DEL SISTEMA DE INDICADORES DE SEGUIMIENTO DEL PROYECTO | | | | |
|---|---------------|-----------------|----------------|-------------|
| Indicadores Generales | | | | |
| Indicador | Actual | Mejorado | Mejora | |
| Lead Time | 65,46 h | 57,77 h | 7,69 h (-) | 7 h 41 min |
| Ratio de valor añadido (RVA) | 3,1 | 3,21 | 0,11 (+) | |
| Indicadores puntos susceptibles de mejora | | | | |
| <u>Tiempo de ciclo, valor añadido y no valor añadido</u> | | | | |
| Indicador | Actual | Mejorado | Mejora | |
| “CECT” | | | | |
| Tiempo valor añadido (TVA) | 1164,92 min | 893,93 min | 270,99 min (-) | 4 h 31 min |
| Tiempo no valor añadido (TNVA) | 190,25 min | 94,39 min | 95,86 min (-) | 1 h 36 min |
| “ESCA” | | | | |
| Tiempo valor añadido (TVA) | 847,06 min | 792,32 min | 54,74 min (-) | 54 min 44 s |
| Tiempo no valor añadido (TNVA) | 159,59 min | 119,65 min | 39,94 min (-) | 39 min 56 s |
| <u>Ratios de operación</u> | | | | |
| Indicador | Actual | Mejorado | Mejora | |
| “CECT” | | | | |
| Ratio de operación – actividades (Roa) | 68,09% | 70,45% | 2,36% (+) | |
| Ratio de operación – tiempos (ROt) | 89% | 92,40% | 3,40% (+) | |
| “ESCA” | | | | |
| Ratio de operación – actividades (Roa) | 66,67% | 72,73% | 6,06% (+) | |
| Ratio de operación – tiempos (ROt) | 84,15% | 86,88% | 2,73% (+) | |
| <u>Análisis valor añadido (en conjunto)</u> | | | | |
| Indicador | Actual | Mejorado | Mejora | |
| “CECT” y “ESCA” | | | | |
| Elementos valor añadido (VA) | 57,75% | 62,12% | 4,37% (+) | |
| Elementos no valor añadido (NVA) | 42,25% | 37,88% | 4,37% (-) | |

Resumen comparativo actual- mejorado del sistema de indicadores de seguimiento del proyecto (continuación 1)

| Continuación | | | | |
|---|--------|----------|-----------|--|
| <u>Análisis valor añadido (por separado)</u> | | | | |
| Indicador | Actual | Mejorado | Mejora | |
| “CECT” | | | | |
| Elementos valor añadido (VA) | 53,19% | 56,82% | 3,63% (+) | |
| Elementos no valor añadido (NVA) | 46,81% | 43,18% | 3,63% (-) | |
| “ESCA” | | | | |
| Elementos valor añadido (VA) | 66,67% | 72,72% | 6,05% (+) | |
| Elementos no valor añadido (NVA) | 33,33% | 27,27% | 6,05% (-) | |
| CECT = Construcción/Ensamble cámara de tubos | | | | |
| ESCA = Elaboración del sistema de control y acabados | | | | |
| (+)= más | | | | |
| (-)= menos | | | | |

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. Conclusiones

El primer acercamiento al proceso constructivo de las calderas generadoras de vapor en la empresa Gilberto Narváez Mecánica y Electricidad Industrial o también denominada GN industrial se da a través de la introducción a la organización, iniciando mediante la aplicación de una entrevista al gerente de la empresa y de manera fundamental con observación directa por parte del investigador, siendo estas herramientas las que permitieron de forma general evidenciar falencias en el proceso analizado, así como también el total desconocimiento de los beneficios que ofrece el sistema de manufactura esbelta, como un opción viable en pro de conseguir mejoras significativas para la empresa.

La organización construye calderas que van desde los 2BHP hasta los 30BHP de potencia, siendo un total de 7 productos en la rama de calderería los ofertados por la empresa; de estas 7 calderas 3 corresponden a la clase A, esto de acuerdo al análisis de Pareto o ABC y significan el 73,89% del consumo correspondiente al periodo de tiempo analizado (años 2018-2019), de estas tres calderas la que mayor redito económico produce para la empresa de acuerdo a los resultados de valorización obtenidos es la que lleva por código serial GN.1001-LTJ, generando para el periodo de tiempo en estudio 34200 dólares y correspondiéndole un porcentaje de consumo del 31,67%, valor predominante en relación a los otras 2 calderas de clase A que tienen 22,78% y 19,44% respectivamente; siendo entonces la caldera generadora de vapor de mayor impacto la GN.1001-LTJ tomando en cuenta que para este caso en particular la caldera con mayor porcentaje de consumo coincide con ser el producto que mayor redito económico deja a la empresa, situación que no siempre es así.

Para profundizar específicamente en el análisis de la situación actual del proceso constructivo de la caldera generadora de vapor serie GN.1001-LTJ se registró por

observación directa el proceso, primero analizándolo por partes o actividades y después en su totalidad durante el ensamble de las partes; utilizando para esto técnicas adecuadas como la descripción general del proceso de construcción, cursogramas sinópticos y analíticos, además del examen con espíritu crítico de las actividades, siendo este último el medio que permitió diferenciar los elementos productivos de los no productivos dentro de cada cursograma analítico; es decir, el análisis de la situación actual del proceso de construcción se basa en el registro del proceso mediante técnicas adecuadas, siendo este el paso previo a la elaboración del estudio de tiempos; estudio donde se obtuvo el tiempo estándar para cada actividad o parte de la caldera GN.1001-LTJ y por ende se determinó también el tiempo estándar total de ciclo, siendo este 3927,66 min lo que corresponde a 65,46 horas; entiéndase como tiempo total de ciclo al tiempo total necesario para obtener una unidad de producción, en este caso en particular una caldera serie GN.1001-LTJ.

En base al análisis de la situación actual del proceso de construcción de la caldera serie GN.1001-LTJ se identificó aquellas actividades o partes de la caldera que controlan el proceso constructivo debido a su excesivo tiempo de ciclo, siendo estas las actividades denominadas: construcción ensamble de la cámara de tubos y la elaboración del sistema de control y acabados, con un tiempo de ciclo de 1355,17min y 1006,65min respectivamente, tomándose estas dos actividades como puntos susceptibles de mejora, es decir, sobre estas se centró la ruta de implantación del sistema de manufactura esbelta; es importante tener presente que los puntos susceptibles de mejora están conformados por varios elementos tanto productivos como no productivos.

Se tomó como la forma más efectiva de diagnóstico el VSM, a través del cual se determinó el tiempo total actual de valor agregado y no agregado del proceso constructivo de la caldera GN.1001-LTJ, siendo estos 2968,85 min y 958,81 min respectivamente; específicamente para los puntos susceptibles de mejora el VA o tiempo valor agregado y el NVA o tiempo no valor agregado corresponden a 1164,92 min y 190,25 min para la construcción ensamble de la cámara de tubos, mientras que, para la elaboración del sistema de control y acabados corresponden a 847,06 min y

159,59 min; además de que en el mapa de la cadena de valor actual se especificó también los desperdicios presentes en los puntos susceptibles de mejora, los cuales fueron: esperas o demoras, movimientos innecesarios y procesos inapropiados; partiendo de la información anterior se expuso un VSM con las soluciones o herramientas de manufactura esbelta, más efectivas para cada tipo de desperdicio antes localizado en los dos puntos susceptibles de mejora, las herramientas seleccionadas fueron 5S, SMED, estandarización, poka-Yoke, control visual y Jidoka.

A continuación, se exponen los valores de los indicadores más representativos calculados para la situación actual del proceso: lead time igual a 65,46h u 8 días de trabajo más 1 hora 28 minutos de un noveno día, considerando que para todos los análisis se entiende que el día de trabajo corresponde a las 8 horas diarias que la empresa labora; en el indicador denominado “análisis de valor añadido” se determinó que los dos puntos susceptibles de mejora están conformados por un total de 71 elementos de los cuales 41 generan valor agregado o añadido al producto y 30 no lo hacen, correspondiendo respectivamente a 57,75% y 42,25%. Después de la implantación del sistema de manufactura, es decir, en la situación mejorada del proceso, se obtuvo un lead time igual a 57,77h o 7 días de trabajo más 1 hora 46 minutos de un octavo día, presentando una reducción de tiempo en relación al proceso constructivo original de 7,69h lo que equivale a 7 horas de trabajo más 41 minutos; mientras que en el análisis de valor añadido del proceso mejorado se evidencia que el número total de elementos decreció a 66 de los cuales 41 generan valor agregado o añadido al producto y 25 no lo hacen, correspondiendo así respectivamente a 62,12% y 37,88% presentando una mejora del 4,37% en relación al proceso original, disminuyendo el tiempo total de ciclo del proceso constructivo de una caldera serie GN.1001-LTJ, consiguiendo mejorar la productividad de la organización en el área de calderería; la tabla 62 expone en totalidad el sistema de indicadores de seguimiento del proyecto.

4.2. Recomendaciones

Tener presente que esta investigación es solo el inicio de un cambio que debería ser perdurable en el tiempo ya que la cultura de la manufactura esbelta no es algo que inicie y acabe, al contrario, debe ser manejada como una transformación constante con la finalidad de que sea duradera y sostenible, de no tomarse en cuenta esto, todo lo realizado en esta investigación a la postre no habrá servido de mucho.

Se sugiere que todos quienes forman parte de la empresa y en especial los altos mandos y directivos de la organización se comprometan personalmente en el proceso de cambio cultural con la finalidad de generar un sistema sostenible en el tiempo y en constante crecimiento.

Ampliar la aplicación del sistema de manufactura esbelta al proceso constructivo de las otras dos calderas categorizadas como clase A de acuerdo al análisis de Pareto o ABC, ya que, son estas las que después de la caldera serie GN.1001-LTJ brindan mayor redito económico a la organización y tienen un alto porcentaje de consumo, por ende, el actuar sobre estas traería beneficios notables para la empresa.

Acoger a futuro como ruta de aplicación del sistema de manufactura esbelta en otras áreas y procesos, las metodologías expuestas por la Organización Internacional del Trabajo y por la Escuela de Organización Industrial, respectivamente, ya que son estas las que dictan un orden secuencial de cómo conseguir el cometido final y además fueron las aplicadas en esta investigación.

Si se amplía el sistema de manufactura esbelta a otra área o proceso es importante tener en consideración empezar la aplicación del mismo por aquellas técnicas y métodos que modifican sustancialmente, y, sobre todo, rápidamente las formas de trabajo y que además son de sencilla aplicación como por ejemplo las herramientas 5S y SMED, generando, así como punto de inicio un sistema de fácil aplicación, llevadero y que produce beneficios notables.

Referencias Bibliográficas

- [1] L. M. Pedraza, “Mejoramiento productivo aplicando herramientas de manufactura esbelta *,” pp. 175–190, 2010.
- [2] N. Marmolejo, A. Mejía, and I. Pérez, “Mejoramiento mediante herramientas de la manufactura esbelta, en una Empresa de Confecciones,” 2016.
- [3] Cámara de Industrias de Tungurahua, “70% de la Industria Carrocera es Tungurahuense,” 2016. [Online]. Available: <https://camaradeindustriasdetungurahua.wordpress.com/2016/02/24/70-de-la-industria-carrocera-es-tungurahuense/>.
- [4] C. Quispe and F. Tigre, “Mejoramiento de la capacidad de producción aplicando herramientas lean manufacturing en carrocerías Los Andes,” 2018.
- [5] R. Morales, “Calidad y Productividad,” *Espiraes Revista multidisciplinaria de investigación*, pp. 1–6, Jul-2018.
- [6] D. Domínguez, “Estudio de tiempos y movimientos para mejorar el proceso de producción de la empresa CEPESA,” Universidad Técnica de Ambato, 2019.
- [7] Oficina Internacional del Trabajo, *Introducción al Estudio del Trabajo*, Cuarta. Ginebra: Kanawaty George, 1996.
- [8] Corporación Andina de Fomento, *Gestión de Manufactura Nuevos Enfoques de Racionalización*, Primera. La Galera de Artes Gráficas, 1991.
- [9] Corporación Andina de Fomento, *Indicadores de calidad y productividad en la empresa*, Primera. La Galera de Artes Gráficas, 1991.
- [10] Oficina Internacional del Trabajo, *Introducción al Estudio del Trabajo*, Segunda. Ginebra: Couleurs Weber, 1973.
- [11] J. Hernández and A. Vizán, *Lean Manufacturing Conceptos, técnicas e implantación*. Madrid: Escuela de organización industrial, 2015.
- [12] M. Vázquez and M. Prieto, “Indicadores de evaluación de la implementación del lean manufacturing en la industria,” Universidad de Valladolid, 2015.
- [13] V. H. Abril, “La Metodología de la Investigación,” in *Elaboración de*

Proyectos, pp. 31–36.

- [14] Industrial GN, “Gilberto Narváez Mecánica y Electricidad Industrial,” 2016. [Online]. Available: <https://www.gilbertonarvaez.com>.
- [15] M. Femxa, “Método ABC de la clasificación de productos,” *femxa.es*, 2018. [Online]. Available: <https://www.cursosfemxa.es/blog/metodo-abc-clasificacion-productos>.
- [16] E. Morales, “Caracteristicas principales de las calderas generadoras de vapor,” 2017.
- [17] C. Alberto and C. Zuluaga, “Clasificación ABC Multicriterio : Tipos de Criterios y Efectos en la Asignación de Pesos,” vol. 8, pp. 163–170, 2011.
- [18] R. Chase and R. Jacobs, “Manufactura Esbelta,” in *Administración de Operaciones Producción y Cadena de Suministros*, McGraw-Hill, Ed. Bogotá, 2000, pp. 402–423.

Anexos

Anexo 1. Modelo de entrevista

Entrevista aplicada al gerente de la organización

La entrevista fue dirigida directamente al gerente de la organización por ser él, sin duda, la persona con más años de experiencia en el área de construcción de calderas y quien nos podría brindar una panorámica bastante apegada a la realidad actual del proceso constructivo de las mismas.

1. De la línea de calderas que la empresa oferta, ¿cuál considera usted que es la de mayor impacto en el mercado?

Los últimos años y debido principalmente al crecimiento de la industria textil en el país, la caldera que más ha salido al mercado es la de 2BHP serie GN.1001-LTJ, mismas que dentro de la industria antes mencionada es utilizada en el proceso de planchado de las prendas.

2. ¿Cómo da inicio el proceso de construcción de una caldera en la empresa?

Netamente en la organización trabajamos bajo pedido, es decir la construcción de un equipo, cualquiera que este sea, da inicio al finiquitar el contrato con el cliente; evitamos siempre el mantener inventario con equipos construidos, esto debido a varias razones y entre una de las principales está el hecho de que somos una pequeña empresa y no tenemos la capacidad de construir equipos para ponerlos en bodega porque esto sería tener un gran capital amortizado.

3. ¿Cuál considera usted que es el proceso que retrasa la construcción de una caldera?

No se ha realizado nunca un estudio para determinar con exactitud esto, pero es notorio que el proceso se retrasa durante la construcción de la cámara de tubos, especialmente por la preparación de los espejos para ser perforados.

4. ¿Qué medidas se han adoptado con la finalidad de disminuir este tipo de pérdidas de tiempo que generan retrasos en la producción?

Se opto por mejorar el orden de las herramientas y en general el orden del área donde se construyen las calderas, actualmente el proceso de construcción como usted puede ver se desarrolla en un área sumamente ordenada, con esto fue notorio que se disminuyó las pérdidas de tiempo, pero no podría decir con exactitud cuanto se ha mejorado ya que solo estoy hablando de estimados mas no en base a un estudio.

5. ¿Considera que los productos que la empresa fabrica, específicamente las calderas tienen un nivel de calidad aceptable?

Es importante entender que las calderas son equipos sumamente peligrosos por ello nos hemos preocupado siempre de sacar al mercado productos de calidad, de ahí que 3 veces al año se evalúan los equipos que en ese momento estén en construcción, mediante ensayos de tracción y ensayos no destructivos con tintas penetrantes, con la finalidad de verificar y asegurar que el soldador este realizando un excelente trabajo en cada uno de los equipos construidos, además de que cada caldera es sometida a otras pruebas que garantizan su calidad constructiva.

6. ¿Considera que la presente investigación es útil para la empresa en el cometido de mejorar la capacidad productiva?

Si, ya que nos permitirá conocer con datos exactos la realidad actual del proceso de construcción, así como también las falencias en éste y nos dará a conocer propuestas de mejora que sin duda serian útiles.

Anexo 2. Formato cursogramas sinópticos

| | | |
|-----------------------|-----------------------------|-----------------------------------|
| (logo) | CURSOGRAMA SINÓPTICO | |
| (componente) | | |
| Diagrama N° | Hoja: | Método: Actual / Propuesto |
| Realizado por: | Revisado por: | Aprobado por: |
| | | |

Anexo 3. Formato cursogramas analíticos

| CURSOGRAMA ANALÍTICO | | | | OPERARIO/MATERIAL/EQUIPO | | | | | | |
|-----------------------------|----------------------|---------------------|----------------|---------------------------------|---|---|---------------|----------------------|-------------------|----------------------|
| Diagrama N° | | Hoja N° | | ACTIVIDAD | | | Actual | Propuesto | | |
| Producto | | | | Operación | ○ | | | | | |
| | | | | Transporte | ⇒ | | | | | |
| Actividad | | | | Espera | D | | | | | |
| | | | | Inspección | □ | | | | | |
| Lugar | | | | Almacenamiento | ▽ | | | | | |
| | | | | Distancia (metros) | | | | | | |
| Método | | | | Tiempo (minutos) | | | | | | |
| Descripción | Distancia (m) | Tiempo (min) | Símbolo | | | | | Observaciones | Act. | |
| | | | ○ | ⇒ | D | □ | ▽ | | Productiva | No Productiva |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |

Anexo 4. Formato descripción de elementos

| DESCRIPCIÓN DE ELEMENTOS DE ACTIVIDAD | |
|--|-------------------|
| Actividad: Producto parcial: Material: Máquina: | ESTUDIO N° |
| | |
| | |

Anexo 5. Formulario estudio de tiempos

| ESTUDIO DE TIEMPOS | | | | | | | | | | |
|---|----------|---|---|---|-------|--------------------|---|----|---|----|
| ESTUDIO N°: | | | | | | | | | | |
| Actividad: | | | | | | Hoja: | | | | |
| Producto parcial: | | | | | | Fecha: | | | | |
| Tiempo: | | | | | | Observador: | | | | |
| N° | Elemento | 1 | 2 | 3 | Total | \bar{x} | V | TB | S | TE |
| 17 | A | | | | | | | | | |
| 18 | B | | | | | | | | | |
| 19 | C | | | | | | | | | |
| 20 | D | | | | | | | | | |
| 21 | E | | | | | | | | | |
| 22 | F | | | | | | | | | |
| 23 | G | | | | | | | | | |
| 24 | H | | | | | | | | | |
| 25 | I | | | | | | | | | |
| 26 | J | | | | | | | | | |
| 27 | K | | | | | | | | | |
| TOTAL (min) | | | | | | | | | | |
| NOTA: \bar{x} =Promedio V=Valoración TB=Tiempo Básico S=Suplementos TE=Tiempo Estándar | | | | | | | | | | |

Anexo 6. Historial de ventas correspondientes al año 2018 y 2019

Responsable: Pombasa Daniel Año: 2018



| CALDERAS GENERADORAS DE VAPOR | | | | | | | |
|-------------------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| HISTORIAL DE VENTAS | | | | | | | |
| | GN.1001 - LTJ | GN.1005 - LTJ | GN.1010 - LTJ | GN.1015 - LTJ | GN.1020 - LTJ | GN.1025 - LTJ | GN.1030 - LTJ |
| ENERO | | | | | / | / | / |
| FEBRERO | | | | | / | / | / |
| MARZO | | | | | / | / | / |
| ABRIL | | | | | / | / | / |
| MAYO | | | | | / | / | / |
| JUNIO | | | | | / | / | / |
| JULIO | | | | | / | / | / |
| AGOSTO | | | | | / | / | / |
| SEPTIEMBRE | | | | | / | / | / |
| OCTUBRE | | | | | / | / | / |
| NOVIEMBRE | | | | | / | / | / |
| DICIEMBRE | | | | | / | / | / |


 Responsable
 Ci: 180 380 6700


 GILBERTO NARVÁEZ
 170080388-3

*Cum 22/12/2018
 11 h. - a.m.*



Responsable: Guesca Julio

Año: 2019



| CALDERAS GENERADORAS DE VAPOR | | | | | | | |
|-------------------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| HISTORIAL DE VENTAS | | | | | | | |
| | GN.1001 - LTJ | GN.1005 - LTJ | GN.1010 - LTJ | GN.1015 - LTJ | GN.1020 - LTJ | GN.1025 - LTJ | GN.1030 - LTJ |
| ENERO | | | | / / / / / | 1 | ~ ~ ~ | ~ ~ ~ |
| FEBRERO | 11 | | | / / / / / | | ~ ~ ~ | ~ ~ ~ |
| MARZO | | 1 | | / / / / / | | ~ ~ ~ | ~ ~ ~ |
| ABRIL | 1 | | | / / / / / | | ~ ~ ~ | ~ ~ ~ |
| MAYO | | | | / / / / / | | ~ ~ ~ | ~ ~ ~ |
| JUNIO | 1 | 1 | | / / / / / | | ~ ~ ~ | ~ ~ ~ |
| JULIO | | | 1 | / / / / / | | ~ ~ ~ | ~ ~ ~ |
| AGOSTO | 1 | | | / / / / / | | ~ ~ ~ | ~ ~ ~ |
| SEPTIEMBRE | 1 | | | / / / / / | | ~ ~ ~ | ~ ~ ~ |
| OCTUBRE | | 1 | | / / / / / | | ~ ~ ~ | ~ ~ ~ |
| NOVIEMBRE | 11 | | | / / / / / | | ~ ~ ~ | ~ ~ ~ |
| DICIEMBRE | | | | / / / / / | | ~ ~ ~ | ~ ~ ~ |


Responsable
CI: 1803892528


GILBERTO NARVÁEZ
170080388-3
*Come 20/12/2019
11:30-AM*



Anexo 7. Estudio de tiempos del proceso constructivo de la caldera serie GN.1001-LTJ

Tabla 71. Valoración del ritmo de trabajo de la construcción de la cámara de fuego

| VALORACIÓN | | | |
|------------------------------|-----|----------|-----|
| Cámara de fuego o tubo hogar | | | |
| A | 100 | I | 100 |
| B | 100 | J | 100 |
| C | 100 | K | 100 |
| D | 100 | L | 100 |
| E | 100 | M | 100 |
| F | 100 | N | 100 |
| G | 100 | O | 100 |
| H | 100 | P | 100 |

Tabla 72. Suplementos por descanso para la construcción de la cámara de fuego

| Suplementos | | |
|-------------------------------|------------------------|-----------|
| Trabajador: | Hombre | |
| | | % |
| Suplementos constantes | Necesidades personales | 5 |
| | Fatiga | 4 |
| Suplementos variables | Trabajo de pie | 2 |
| | Uso de fuerza | 2 |
| | Ruido | 1 |
| TOTAL | | 14 |

Tabla 73. Estudio de tiempos de la construcción de la cámara de fuego o tubo hogar

| ESTUDIO DE TIEMPOS | | | | | | | | | | |
|---|----------|-------|-------|-------|-------|-------------------------------|-----|-------|------|-------|
| ESTUDIO N°: 1 | | | | | | | | | | |
| Actividad: Construcción cámara de fuego | | | | | | Hoja: 1/1 | | | | |
| Producto parcial: Cámara de fuego | | | | | | Fecha: | | | | |
| Tiempo: Minutos | | | | | | Observador: Fabricio Regalado | | | | |
| N° | Elemento | 1 | 2 | 3 | Total | \bar{x} | V | TB | S | TE |
| 1 | A | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 2 | B | 2,92 | 1,82 | 3,17 | 7,91 | 2,64 | 100 | 2,64 | 0,14 | 3,01 |
| 3 | C | 4,22 | 2,8 | 3,72 | 10,74 | 3,58 | 100 | 3,58 | 0,14 | 4,08 |
| 4 | D | 8,76 | 7,24 | 8,4 | 24,4 | 8,13 | 100 | 8,13 | 0,14 | 9,27 |
| 5 | E | 10,52 | 9,63 | 10,54 | 30,69 | 10,23 | 100 | 10,23 | 0,14 | 11,66 |
| 6 | F | 2,76 | 1,31 | 2,94 | 7,01 | 2,34 | 100 | 2,34 | 0,14 | 2,66 |
| 7 | G | 1,51 | 0,3 | 1,65 | 3,46 | 1,15 | 100 | 1,15 | 0,14 | 1,31 |
| 8 | H | 5,65 | 3,41 | 4,91 | 13,97 | 4,66 | 100 | 4,66 | 0,14 | 5,31 |
| 9 | I | 22,62 | 22,66 | 26,01 | 71,29 | 23,76 | 100 | 23,76 | 0,14 | 27,09 |
| 10 | J | 6,91 | 6,92 | 8,21 | 22,04 | 7,35 | 100 | 7,35 | 0,14 | 8,38 |
| 11 | K | 2,23 | 2,56 | 4,01 | 8,8 | 2,93 | 100 | 2,93 | 0,14 | 3,34 |
| 12 | L | 2,89 | 2,51 | 5,62 | 11,02 | 3,67 | 100 | 3,67 | 0,14 | 4,19 |
| 13 | M | 0,54 | 0,5 | 1,57 | 2,61 | 0,87 | 100 | 0,87 | 0,14 | 0,99 |
| 14 | N | 2,12 | 2,05 | 2,27 | 6,44 | 2,15 | 100 | 2,15 | 0,14 | 2,45 |
| 15 | O | 0,53 | 0,66 | 1,33 | 2,52 | 0,84 | 100 | 0,84 | 0,14 | 0,96 |
| 16 | P | 5,72 | 4,34 | 6,41 | 16,47 | 5,49 | 100 | 5,49 | 0,14 | 6,26 |
| TOTAL (min) | | | | | | | | 79,79 | | 90,96 |
| NOTA: \bar{x} =Promedio V=Valoración TB=Tiempo Básico S=Suplementos TE=Tiempo Estándar | | | | | | | | | | |

Tabla 74. Resumen de tiempos de la construcción de la cámara de fuego o tubo hogar

| RESUMEN DE TIEMPOS (min) | |
|--------------------------|-------|
| Tiempo Básico | 79,79 |
| Suplementos | 0,14 |
| Tiempo Estándar | 90,96 |

Tabla 75. Valoración del ritmo de trabajo del corte y ensamble de la rodela de cierre

| VALORACIÓN | | | |
|--------------------------------------|-----|---|-----|
| Corte y ensamble de rodela de cierre | | | |
| A | 105 | G | 105 |
| B | 105 | H | 105 |
| C | 105 | I | 105 |
| D | 105 | J | 105 |
| E | 105 | K | 105 |
| F | 105 | | |

Tabla 76. Suplementos por descanso para el corte y ensamble de la rodela de cierre

| Suplementos | | |
|-------------------------------|------------------------|-----------|
| Trabajador: | Hombre | |
| | | % |
| Suplementos constantes | Necesidades personales | 5 |
| | Fatiga | 4 |
| Suplementos variables | Trabajo de pie | 2 |
| | Uso de fuerza | 1 |
| | Ruido | 1 |
| TOTAL | | 13 |

Tabla 77. Estudio de tiempos del corte y ensamble de la rodela de cierre

| ESTUDIO DE TIEMPOS | | | | | | | | | | |
|---|----------|-------|-------|-------|--------------------------------------|-----------|-----|-------|------|-------|
| ESTUDIO N°: 1 | | | | | | | | | | |
| Actividad: Corte y ensamble rodela de cierre | | | | | Hoja: 1/1 | | | | | |
| Producto parcial: Rodela de cierre | | | | | Fecha: | | | | | |
| Tiempo: Minutos | | | | | Observador: Fabricio Regalado | | | | | |
| N° | Elemento | 1 | 2 | 3 | Total | \bar{x} | V | TB | S | TE |
| 17 | A | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 18 | B | 1,26 | 0,86 | 1,81 | 3,93 | 1,31 | 105 | 1,38 | 0,13 | 1,55 |
| 19 | C | 3,1 | 2,08 | 2,27 | 7,45 | 2,48 | 105 | 2,61 | 0,13 | 2,95 |
| 20 | D | 2,4 | 1,58 | 2,76 | 6,74 | 2,25 | 105 | 2,36 | 0,13 | 2,67 |
| 21 | E | 1,68 | 0,84 | 1,33 | 3,85 | 1,28 | 105 | 1,35 | 0,13 | 1,52 |
| 22 | F | 12,78 | 10,08 | 12,64 | 35,5 | 11,83 | 105 | 12,43 | 0,13 | 14,04 |
| 23 | G | 13,63 | 11,91 | 14,25 | 39,79 | 13,26 | 105 | 13,93 | 0,13 | 15,74 |
| 24 | H | 2,19 | 1,16 | 2,79 | 6,14 | 2,05 | 105 | 2,15 | 0,13 | 2,43 |
| 25 | I | 1,09 | 0,11 | 0,88 | 2,08 | 0,69 | 105 | 0,73 | 0,13 | 0,82 |
| 26 | J | 4,53 | 3,94 | 4,2 | 12,67 | 4,22 | 105 | 4,43 | 0,13 | 5,01 |
| 27 | K | 4,54 | 1,27 | 4,61 | 10,42 | 3,47 | 105 | 3,65 | 0,13 | 4,12 |
| TOTAL (min) | | | | | | | | 45,00 | | 50,85 |
| NOTA: \bar{x} =Promedio V=Valoración TB=Tiempo Básico S=Suplementos TE=Tiempo Estándar | | | | | | | | | | |

Tabla 78. Resumen de tiempos del corte y ensamble de la rodela de cierre

| RESUMEN DE TIEMPOS (min) | |
|---------------------------------|-------|
| Tiempo Básico | 45,00 |
| Suplementos | 0,13 |
| Tiempo Estándar | 50,85 |

Tabla 79. Valoración del ritmo de trabajo de la construcción y ensamble del cuerpo de la caldera

| VALORACIÓN | | | |
|---|-----|-----------|-----|
| Construcción y ensamble de cuerpo de la caldera | | | |
| A | 100 | Q | 100 |
| B | 100 | R | 100 |
| C | 100 | S | 100 |
| D | 100 | T | 100 |
| E | 100 | U | 100 |
| F | 100 | V | 100 |
| G | 100 | W | 100 |
| H | 100 | X | 100 |
| I | 100 | Y | 100 |
| J | 100 | Z | 100 |
| K | 100 | A1 | 100 |
| L | 100 | B1 | 100 |
| M | 100 | C1 | 100 |
| N | 100 | D1 | 100 |
| O | 100 | E1 | 100 |
| P | 100 | F1 | 100 |

Tabla 80. suplementos por descanso para construcción y ensamble del cuerpo de la caldera

| Suplementos | | |
|-------------------------------|------------------------|-----------|
| Trabajador: | Hombre | |
| | | % |
| Suplementos constantes | Necesidades personales | 5 |
| | Fatiga | 4 |
| Suplementos variables | Trabajo de pie | 2 |
| | Uso de fuerza | 2 |
| | Ruido | 1 |
| | Postura anormal | 2 |
| TOTAL | | 16 |

Tabla 81. Estudio de tiempos de la construcción y ensamble del cuerpo de la caldera

| ESTUDIO DE TIEMPOS | | | | | | | | | | |
|---|----------|-------|-------|-------|-------|--------------------------------------|-----|--------|------|--------|
| ESTUDIO N°: 1 | | | | | | | | | | |
| Actividad: Construcción y ensamble cuerpo de la caldera | | | | | | Hoja: 1/1 | | | | |
| Producto parcial: Cuerpo de la caldera | | | | | | Fecha: | | | | |
| Tiempo: Minutos | | | | | | Observador: Fabricio Regalado | | | | |
| N° | Elemento | 1 | 2 | 3 | Total | \bar{x} | V | TB | S | TE |
| 75 | A | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 76 | B | 5,21 | 4,94 | 5,73 | 15,88 | 5,29 | 100 | 5,29 | 0,16 | 6,14 |
| 77 | C | 4,02 | 2,56 | 3,71 | 10,29 | 3,43 | 100 | 3,43 | 0,16 | 3,98 |
| 78 | D | 10,2 | 7,89 | 9,86 | 27,95 | 9,32 | 100 | 9,32 | 0,16 | 10,81 |
| 79 | E | 11,32 | 8,56 | 11,08 | 30,96 | 10,32 | 100 | 10,32 | 0,16 | 11,97 |
| 80 | F | 3,09 | 2,37 | 3,06 | 8,52 | 2,84 | 100 | 2,84 | 0,16 | 3,29 |
| 81 | G | 14,72 | 13,56 | 14,27 | 42,55 | 14,18 | 100 | 14,18 | 0,16 | 16,45 |
| 82 | H | 1,42 | 0,64 | 1,67 | 3,73 | 1,24 | 100 | 1,24 | 0,16 | 1,44 |
| 83 | I | 6,26 | 5,91 | 6,07 | 18,24 | 6,08 | 100 | 6,08 | 0,16 | 7,05 |
| 84 | J | 24,22 | 22,1 | 24,02 | 70,34 | 23,45 | 100 | 23,45 | 0,16 | 27,20 |
| 85 | K | 9,67 | 9,02 | 10,16 | 28,85 | 9,62 | 100 | 9,62 | 0,16 | 11,16 |
| 86 | L | 4,8 | 3,53 | 4,99 | 13,32 | 4,44 | 100 | 4,44 | 0,16 | 5,15 |
| 87 | M | 6,63 | 6,18 | 7,57 | 20,38 | 6,79 | 100 | 6,79 | 0,16 | 7,88 |
| 88 | N | 1,28 | 0,69 | 0,99 | 2,96 | 0,99 | 100 | 0,99 | 0,16 | 1,14 |
| 89 | O | 3,81 | 2,57 | 3,72 | 10,1 | 3,37 | 100 | 3,37 | 0,16 | 3,91 |
| 90 | P | 2,15 | 1,46 | 1,66 | 5,27 | 1,76 | 100 | 1,76 | 0,16 | 2,04 |
| 91 | Q | 6,24 | 3,62 | 6,59 | 16,45 | 5,48 | 100 | 5,48 | 0,16 | 6,36 |
| 92 | R | 11,65 | 9,93 | 11,22 | 32,8 | 10,93 | 100 | 10,93 | 0,16 | 12,68 |
| 93 | S | 23,46 | 20,51 | 23,61 | 67,58 | 22,53 | 100 | 22,53 | 0,16 | 26,13 |
| 94 | T | 19,53 | 15,58 | 19,93 | 55,04 | 18,35 | 100 | 18,35 | 0,16 | 21,28 |
| 95 | U | 28,84 | 26,65 | 29,06 | 84,55 | 28,18 | 100 | 28,18 | 0,16 | 32,69 |
| 96 | V | 27,12 | 20,7 | 27,2 | 75,02 | 25,01 | 100 | 25,01 | 0,16 | 29,01 |
| 97 | W | 4,74 | 3,09 | 4,41 | 12,24 | 4,08 | 100 | 4,08 | 0,16 | 4,73 |
| 98 | X | 7,46 | 6,28 | 7,79 | 21,53 | 7,18 | 100 | 7,18 | 0,16 | 8,32 |
| 99 | Y | 22,84 | 20,44 | 23,14 | 66,42 | 22,14 | 100 | 22,14 | 0,16 | 25,68 |
| 100 | Z | 6,96 | 5,2 | 6,97 | 19,13 | 6,38 | 100 | 6,38 | 0,16 | 7,40 |
| 101 | A1 | 1,62 | 0,68 | 1,69 | 3,99 | 1,33 | 100 | 1,33 | 0,16 | 1,54 |
| 102 | B1 | 5,25 | 3,52 | 4,58 | 13,35 | 4,45 | 100 | 4,45 | 0,16 | 5,16 |
| 103 | C1 | 18,23 | 15,9 | 18,5 | 52,63 | 17,54 | 100 | 17,54 | 0,16 | 20,35 |
| 104 | D1 | 23,31 | 20,95 | 22,91 | 67,17 | 22,39 | 100 | 22,39 | 0,16 | 25,97 |
| 105 | E1 | 23,95 | 22,73 | 24,44 | 71,12 | 23,71 | 100 | 23,71 | 0,16 | 27,50 |
| 106 | F1 | 27,8 | 24,43 | 27,31 | 79,54 | 26,51 | 100 | 26,51 | 0,16 | 30,76 |
| TOTAL (min) | | | | | | | | 349,30 | | 405,19 |
| NOTA: \bar{x} =Promedio V=Valoración TB=Tiempo Básico S=Suplementos TE=Tiempo Estándar | | | | | | | | | | |

Tabla 82. Resumen de tiempos de la construcción y ensamble del cuerpo de la caldera

| RESUMEN DE TIEMPOS (min) | |
|---------------------------------|--------|
| Tiempo Básico | 349,30 |
| Suplementos | 0,16 |
| Tiempo Estándar | 405,19 |

Tabla 83. Valoración del ritmo de trabajo de la construcción y ensamble de las rodela de salida humo

| VALORACIÓN | | | |
|---|-----|-----------|-----|
| Construcción y ensamble de rodela de salida de humo | | | |
| Rodela fija | | | |
| A | 105 | D | 105 |
| B | 105 | E | 105 |
| C | 105 | F | 105 |
| Rodela extraíble | | | |
| A | 105 | E | 105 |
| B | 105 | F | 105 |
| C | 105 | G | 105 |
| D | 105 | H | 105 |
| Preensamble rodela | | | |
| A | 105 | D | 105 |
| B | 105 | E | 105 |
| C | 105 | | |
| Salida de humos | | | |
| A | 105 | Q | 105 |
| B | 105 | R | 105 |
| C | 105 | S | 105 |
| D | 105 | T | 105 |
| E | 105 | U | 105 |
| F | 105 | V | 105 |
| G | 105 | W | 105 |
| H | 105 | X | 105 |
| I | 105 | Y | 105 |
| J | 105 | Z | 105 |
| K | 105 | A1 | 105 |
| L | 105 | B1 | 105 |
| M | 105 | C1 | 105 |
| N | 105 | D1 | 105 |
| O | 105 | E1 | 105 |
| P | 105 | | 105 |

Tabla 84. Suplementos por descanso para la construcción y ensamble de las rodela de salida de humo

| Suplementos | | |
|-------------------------------|------------------------|-----------|
| Trabajador: | Hombre | |
| | | % |
| Suplementos constantes | Necesidades personales | 5 |
| | Fatiga | 4 |
| | | |
| Suplementos variables | Trabajo de pie | 2 |
| | Ruido | 1 |
| | Postura anormal | 2 |
| TOTAL | | 14 |

Tabla 85. Estudio de tiempos de la construcción y ensamble de las rodelas de salida de humo

| ESTUDIO DE TIEMPOS | | | | | | | | | | |
|--|------------------|-------|-------|-------|-------------------------------|-----------|-----|-------|------|-------|
| ESTUDIO N°: 1 | | | | | | | | | | |
| Actividad: Construcción/ensamble rodelas salida de humo | | | | | Hoja: 1/2 | | | | | |
| Producto parcial: Rodelas salida de humo | | | | | Fecha: | | | | | |
| Tiempo: Minutos | | | | | Observador: Fabricio Regalado | | | | | |
| N° | Elemento | 1 | 2 | 3 | Total | \bar{x} | V | TB | S | TE |
| | Rodela fija | | | | | | | | | |
| 107 | A | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 108 | B | 1,8 | 1,17 | 1,45 | 4,42 | 1,47 | 105 | 1,55 | 0,14 | 1,76 |
| 109 | C | 0,87 | 0,11 | 0,63 | 1,61 | 0,54 | 105 | 0,56 | 0,14 | 0,64 |
| 110 | D | 10,58 | 9,18 | 10,8 | 30,56 | 10,19 | 105 | 10,70 | 0,14 | 12,19 |
| 111 | E | 12,93 | 10,22 | 13,2 | 36,35 | 12,12 | 105 | 12,72 | 0,14 | 14,50 |
| 112 | F | 4,61 | 3,67 | 4,47 | 12,75 | 4,25 | 105 | 4,46 | 0,14 | 5,09 |
| | Rodela extraíble | | | | | | | | | |
| 113 | A | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 114 | B | 1,43 | 0,65 | 1,73 | 3,81 | 1,27 | 105 | 1,33 | 0,14 | 1,52 |
| 115 | C | 1,65 | 0,91 | 1,81 | 4,37 | 1,46 | 105 | 1,53 | 0,14 | 1,74 |
| 116 | D | 1,1 | 0,11 | 0,98 | 2,19 | 0,73 | 105 | 0,77 | 0,14 | 0,87 |
| 117 | E | 19,72 | 17,79 | 19,98 | 57,49 | 19,16 | 105 | 20,12 | 0,14 | 22,94 |
| 118 | F | 3,8 | 1,8 | 3,26 | 8,86 | 2,95 | 105 | 3,10 | 0,14 | 3,54 |
| 119 | G | 10,99 | 10,16 | 10,8 | 31,95 | 10,65 | 105 | 11,18 | 0,14 | 12,75 |
| 120 | H | 3,18 | 1,65 | 2,57 | 7,4 | 2,47 | 105 | 2,59 | 0,14 | 2,95 |
| | Preensamble | | | | | | | | | |
| 121 | A | 1,66 | 1,58 | 2,33 | 5,57 | 1,86 | 105 | 1,95 | 0,14 | 2,22 |
| 122 | B | 0,29 | 0,11 | 0,35 | 0,75 | 0,25 | 105 | 0,26 | 0,14 | 0,30 |
| 123 | C | 2,36 | 0,9 | 1,49 | 4,75 | 1,58 | 105 | 1,66 | 0,14 | 1,90 |
| 124 | D | 28,06 | 26,3 | 27,6 | 81,96 | 27,32 | 105 | 28,69 | 0,14 | 32,70 |
| 125 | E | 1,48 | 0,64 | 0,94 | 3,06 | 1,02 | 105 | 1,07 | 0,14 | 1,22 |
| | Salida de humos | | | | | | | | | |
| 126 | A | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 127 | B | 0,85 | 0,44 | 1,35 | 2,64 | 0,88 | 105 | 0,92 | 0,14 | 1,05 |
| 128 | C | 5,63 | 4,4 | 5,15 | 15,18 | 5,06 | 105 | 5,31 | 0,14 | 6,06 |
| 129 | D | 3,45 | 1,8 | 4,28 | 9,53 | 3,18 | 105 | 3,34 | 0,14 | 3,80 |
| 130 | E | 1,44 | 0,37 | 0,91 | 2,72 | 0,91 | 105 | 0,95 | 0,14 | 1,09 |
| 131 | F | 6,79 | 6,74 | 7,18 | 20,71 | 6,90 | 105 | 7,25 | 0,14 | 8,26 |
| 132 | G | 8,56 | 7,18 | 8,35 | 24,09 | 8,03 | 105 | 8,43 | 0,14 | 9,61 |
| 133 | H | 4,1 | 1,08 | 3,44 | 8,62 | 2,87 | 105 | 3,02 | 0,14 | 3,44 |
| 134 | I | 6,03 | 5,62 | 6,04 | 17,69 | 5,90 | 105 | 6,19 | 0,14 | 7,06 |
| 135 | J | 8,64 | 6,9 | 8,31 | 23,85 | 7,95 | 105 | 8,35 | 0,14 | 9,52 |
| 136 | K | 1,41 | 0,38 | 0,96 | 2,75 | 0,92 | 105 | 0,96 | 0,14 | 1,10 |

Estudio de tiempos de la construcción y ensamble de las rodelas de salida de humo
(Continuación 1)

| Hoja: 2/2 | | | | | | Continuación 1 | | | | |
|---|-----------|-------|-------|-------|-------|----------------|-----|--------|------|--------|
| 137 | L | 3,51 | 2,37 | 3,81 | 9,69 | 3,23 | 105 | 3,39 | 0,14 | 3,87 |
| 138 | M | 1,47 | 1,07 | 2,08 | 4,62 | 1,54 | 105 | 1,62 | 0,14 | 1,84 |
| 139 | N | 1,11 | 0,55 | 1,22 | 2,88 | 0,96 | 105 | 1,01 | 0,14 | 1,15 |
| 140 | O | 8,26 | 6,71 | 7,79 | 22,76 | 7,59 | 105 | 7,97 | 0,14 | 9,08 |
| 141 | P | 8,14 | 7,14 | 8,13 | 23,41 | 7,80 | 105 | 8,19 | 0,14 | 9,34 |
| 142 | Q | 3,17 | 2,68 | 3,67 | 9,52 | 3,17 | 105 | 3,33 | 0,14 | 3,80 |
| 143 | R | 6,89 | 5,69 | 6,62 | 19,2 | 6,40 | 105 | 6,72 | 0,14 | 7,66 |
| 144 | S | 1,51 | 0,89 | 1,99 | 4,39 | 1,46 | 105 | 1,54 | 0,14 | 1,75 |
| 145 | T | 2,85 | 1,28 | 3,14 | 7,27 | 2,42 | 105 | 2,54 | 0,14 | 2,90 |
| 146 | U | 7,77 | 6,33 | 7,74 | 21,84 | 7,28 | 105 | 7,64 | 0,14 | 8,71 |
| 147 | V | 15,01 | 13,79 | 14,46 | 43,26 | 14,42 | 105 | 15,14 | 0,14 | 17,26 |
| 148 | W | 3,22 | 1,74 | 2,27 | 7,23 | 2,41 | 105 | 2,53 | 0,14 | 2,88 |
| 149 | X | 1,61 | 0,57 | 0,87 | 3,05 | 1,02 | 105 | 1,07 | 0,14 | 1,22 |
| 150 | Y | 14,11 | 12,22 | 14,75 | 41,08 | 13,69 | 105 | 14,38 | 0,14 | 16,39 |
| 151 | Z | 5,37 | 4,31 | 5,33 | 15,01 | 5,00 | 105 | 5,25 | 0,14 | 5,99 |
| 152 | A1 | 17,03 | 14,31 | 16,07 | 47,41 | 15,80 | 105 | 16,59 | 0,14 | 18,92 |
| 153 | B1 | 3,93 | 2,99 | 3,54 | 10,46 | 3,49 | 105 | 3,66 | 0,14 | 4,17 |
| 154 | C1 | 3,2 | 1,07 | 2,92 | 7,19 | 2,40 | 105 | 2,52 | 0,14 | 2,87 |
| 155 | D1 | 11,81 | 9,08 | 12,12 | 33,01 | 11,00 | 105 | 11,55 | 0,14 | 13,17 |
| 156 | E1 | 16,6 | 14,65 | 17,21 | 48,46 | 16,15 | 105 | 16,96 | 0,14 | 19,34 |
| TOTAL (min) | | | | | | | | 282,58 | | 322,14 |
| NOTA: \bar{x} =Promedio V=Valoración TB=Tiempo Básico S=Suplementos TE=Tiempo Estándar | | | | | | | | | | |

Tabla 86. Resumen de tiempos de la construcción y ensamble de las rodelas de salida de humo

| RESUMEN DE TIEMPOS (min) | |
|---------------------------------|--------|
| Tiempo Básico | 282,58 |
| Suplementos | 0,14 |
| Tiempo Estándar | 322,14 |

Tabla 87. Valoración del ritmo de trabajo del proceso de verificación total de soldadura

| VALORACIÓN | | | |
|---------------------------------|-----|----------|-----|
| Verificación total de soldadura | | | |
| A | 105 | F | 105 |
| B | 105 | G | 105 |
| C | 105 | H | 105 |
| D | 105 | I | 105 |
| E | 105 | | |

Tabla 88. Suplementos por descanso para la verificación total de soldadura

| Suplementos | | |
|-------------------------------|------------------------|-----------|
| Trabajador: | Hombre | |
| | | % |
| Suplementos constantes | Necesidades personales | 5 |
| | Fatiga | 4 |
| Suplementos variables | Trabajo de pie | 2 |
| | Ruido | 1 |
| | Concentración intensa | 1 |
| TOTAL | | 13 |

Tabla 89. Estudio de tiempos de la verificación total de soldadura

| ESTUDIO DE TIEMPOS | | | | | | | | | | |
|---|----------|-------|-------|-------|-------|--------------------------------------|-----|--------|------|--------|
| ESTUDIO N°: 1 | | | | | | | | | | |
| Actividad: Verificación total de soldadura | | | | | | Hoja: 1/1 | | | | |
| Producto parcial: Estructura caldera GN.1001 - LTJ | | | | | | Fecha: | | | | |
| Tiempo: Minutos | | | | | | Observador: Fabricio Regalado | | | | |
| N° | Elemento | 1 | 2 | 3 | Total | \bar{x} | V | TB | S | TE |
| 157 | A | 12,7 | 11,77 | 12,16 | 36,63 | 12,21 | 105 | 12,82 | 0,13 | 14,49 |
| 158 | B | 9,93 | 8,4 | 9,68 | 28,01 | 9,34 | 105 | 9,80 | 0,13 | 11,08 |
| 159 | C | 4,67 | 3,43 | 4,8 | 12,9 | 4,30 | 105 | 4,52 | 0,13 | 5,10 |
| 160 | D | 11,71 | 10,01 | 11,49 | 33,21 | 11,07 | 105 | 11,62 | 0,13 | 13,13 |
| 161 | E | 18,47 | 15,72 | 18,46 | 52,65 | 17,55 | 105 | 18,43 | 0,13 | 20,82 |
| 162 | F | 120 | - | - | 120 | 120,00 | 105 | 126,00 | 0,13 | 142,38 |
| 163 | G | 6,92 | 4,59 | 6,77 | 18,28 | 6,09 | 105 | 6,40 | 0,13 | 7,23 |
| 164 | H | 9,78 | 8,85 | 9,68 | 28,31 | 9,44 | 105 | 9,91 | 0,13 | 11,20 |
| 165 | I | 7,63 | 6,72 | 7,71 | 22,06 | 7,35 | 105 | 7,72 | 0,13 | 8,72 |
| TOTAL (min) | | | | | | | | 207,22 | | 234,16 |
| NOTA: \bar{x} =Promedio V=Valoración TB=Tiempo Básico S=Suplementos TE=Tiempo Estándar | | | | | | | | | | |

Tabla 90. Resumen de tiempos de la verificación total de soldadura

| RESUMEN DE TIEMPOS (min) | |
|---------------------------------|--------|
| Tiempo Básico | 207,22 |
| Suplementos | 0,13 |
| Tiempo Estándar | 234,16 |

Tabla 91. Valoración del ritmo de trabajo de la colocación del aislamiento térmico

| VALORACIÓN | | | |
|-----------------------------------|-----|----------|-----|
| Colocación de aislamiento térmico | | | |
| Forro lana de vidrio | | | |
| A | 95 | D | 95 |
| B | 95 | E | 95 |
| C | 95 | | |
| Forro tool galvanizado | | | |
| A | 100 | J | 100 |
| B | 100 | K | 100 |
| C | 100 | L | 100 |
| D | 100 | M | 100 |
| E | 100 | N | 100 |
| F | 100 | O | 100 |
| G | 100 | P | 100 |
| H | 100 | Q | 100 |
| I | 100 | | |

Tabla 92. Suplementos por descanso para la colocación del aislamiento térmico

| Suplementos | | |
|-------------------------------|------------------------|-----------|
| Trabajador: | Hombre | |
| | | % |
| Suplementos constantes | Necesidades personales | 5 |
| | Fatiga | 4 |
| Suplementos variables | Trabajo de pie | 2 |
| | Ruido | 1 |
| TOTAL | | 12 |

Tabla 93. Estudio de tiempos de la colocación de aislamiento térmico

| ESTUDIO DE TIEMPOS | | | | | | | | | | |
|---|----------------------|-------|-------|-------|--------|-------------------------------|-----|--------|------|--------|
| ESTUDIO N°: 1 | | | | | | | | | | |
| Actividad: Colocación de aislamiento térmico | | | | | | Hoja: 1/1 | | | | |
| Producto parcial: Estructura caldera con aislamiento | | | | | | Fecha: | | | | |
| Tiempo: Minutos | | | | | | Observador: Fabricio Regalado | | | | |
| N° | Elemento | 1 | 2 | 3 | Total | \bar{x} | V | TB | S | TE |
| | Forro lana de vidrio | | | | | | | | | |
| 166 | A | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 167 | B | 2,27 | 0,82 | 1,66 | 4,75 | 1,58 | 95 | 1,50 | 0,12 | 1,68 |
| 168 | C | 8,3 | 7,63 | 8,29 | 24,22 | 8,07 | 95 | 7,67 | 0,12 | 8,59 |
| 169 | D | 15,1 | 12,22 | 15,34 | 42,66 | 14,22 | 95 | 13,51 | 0,12 | 15,13 |
| 170 | E | 12,87 | 11,67 | 12,36 | 36,9 | 12,30 | 95 | 11,69 | 0,12 | 13,09 |
| | Tool galvanizado | | | | | | | | | |
| 171 | A | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 172 | B | 4,98 | 4,17 | 4,7 | 13,85 | 4,62 | 100 | 4,62 | 0,12 | 5,17 |
| 173 | C | 17,57 | 16,48 | 17,86 | 51,91 | 17,30 | 100 | 17,30 | 0,12 | 19,38 |
| 174 | D | 36,27 | 34,57 | 36,83 | 107,67 | 35,89 | 100 | 35,89 | 0,12 | 40,20 |
| 175 | E | 27,66 | 27,32 | 28,45 | 83,43 | 27,81 | 100 | 27,81 | 0,12 | 31,15 |
| 176 | F | 1,85 | 0,81 | 1,3 | 3,96 | 1,32 | 100 | 1,32 | 0,12 | 1,48 |
| 177 | G | 11,93 | 9,18 | 11,16 | 32,27 | 10,76 | 100 | 10,76 | 0,12 | 12,05 |
| 178 | H | 1,65 | 0,53 | 1,56 | 3,74 | 1,25 | 100 | 1,25 | 0,12 | 1,40 |
| 179 | I | 19,52 | 18,47 | 19,65 | 57,64 | 19,21 | 100 | 19,21 | 0,12 | 21,52 |
| 180 | J | 6,79 | 5,17 | 6,72 | 18,68 | 6,23 | 100 | 6,23 | 0,12 | 6,97 |
| 181 | K | 8,23 | 6,86 | 8,35 | 23,44 | 7,81 | 100 | 7,81 | 0,12 | 8,75 |
| 182 | L | 8,58 | 6,75 | 9,46 | 24,79 | 8,26 | 100 | 8,26 | 0,12 | 9,25 |
| 183 | M | 7,2 | 5,46 | 7,42 | 20,08 | 6,69 | 100 | 6,69 | 0,12 | 7,50 |
| 184 | N | 13,04 | 11,06 | 13,3 | 37,4 | 12,47 | 100 | 12,47 | 0,12 | 13,96 |
| 185 | O | 2,21 | 1,68 | 2,39 | 6,28 | 2,09 | 100 | 2,09 | 0,12 | 2,34 |
| 186 | P | 29,03 | 27,02 | 29,04 | 85,09 | 28,36 | 100 | 28,36 | 0,12 | 31,77 |
| 187 | Q | 13,84 | 12,26 | 13,25 | 39,35 | 13,12 | 100 | 13,12 | 0,12 | 14,69 |
| TOTAL (min) | | | | | | | | 237,56 | | 266,07 |
| NOTA: \bar{x} =Promedio V=Valoración TB=Tiempo Básico S=Suplementos TE=Tiempo Estándar | | | | | | | | | | |

Tabla 94. Resumen de tiempos de la colocación de aislamiento térmico

| RESUMEN DE TIEMPOS (min) | |
|--------------------------|--------|
| Tiempo Básico | 237,56 |
| Suplementos | 0,12 |
| Tiempo Estándar | 266,07 |

Tabla 95. Valoración del ritmo de trabajo de la colocación de accesorios, válvulas e instrumentos

| VALORACIÓN | | | |
|--|-----|----------|-----|
| Colocación de accesorios válvulas e instrumentos | | | |
| A | 105 | J | 105 |
| B | 105 | K | 105 |
| C | 105 | L | 105 |
| D | 105 | M | 105 |
| E | 105 | N | 105 |
| F | 105 | O | 105 |
| G | 105 | P | 105 |
| H | 105 | Q | 105 |
| I | 105 | | |

Tabla 96. Suplementos por descanso para la colocación de accesorios, válvulas e instrumentos

| Suplementos | | |
|-------------------------------|------------------------|-----------|
| Trabajador: | Hombre | |
| | | % |
| Suplementos constantes | Necesidades personales | 5 |
| | Fatiga | 4 |
| Suplementos variables | Trabajo de pie | 2 |
| | Ruido | 1 |
| TOTAL | | 12 |

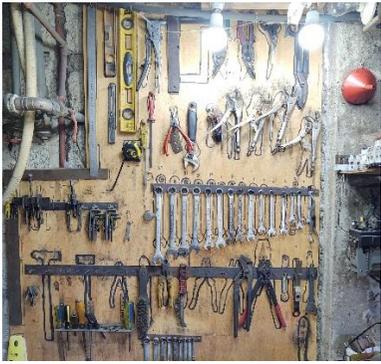
Tabla 97. Estudio de tiempos de la colocación de accesorios, válvulas e instrumentos

| ESTUDIO DE TIEMPOS | | | | | | | | | | |
|--|----------|-------|-------|-------|--------|-------------------------------|-----|--------|------|--------|
| ESTUDIO N°: 1 | | | | | | | | | | |
| Actividad: Colocación accesorios válvulas e instrumentos | | | | | | Hoja: 1/1 | | | | |
| Producto parcial: Caldera casi terminada | | | | | | Fecha: | | | | |
| Tiempo: Minutos | | | | | | Observador: Fabricio Regalado | | | | |
| N° | Elemento | 1 | 2 | 3 | Total | \bar{x} | V | TB | S | TE |
| 188 | A | 11,74 | 9,24 | 11,63 | 32,61 | 10,87 | 105 | 11,41 | 0,12 | 12,78 |
| 189 | B | 1,22 | 0,35 | 1,33 | 2,9 | 0,97 | 105 | 1,02 | 0,12 | 1,14 |
| 190 | C | 8,63 | 6,66 | 8,77 | 24,06 | 8,02 | 105 | 8,42 | 0,12 | 9,43 |
| 191 | D | 10,32 | 7,34 | 10,29 | 27,95 | 9,32 | 105 | 9,78 | 0,12 | 10,96 |
| 192 | E | 1,43 | 0,32 | 0,63 | 2,38 | 0,79 | 105 | 0,83 | 0,12 | 0,93 |
| 193 | F | 16,56 | 15,54 | 16,35 | 48,45 | 16,15 | 105 | 16,96 | 0,12 | 18,99 |
| 194 | G | 2,1 | 2,46 | 2,54 | 7,1 | 2,37 | 105 | 2,49 | 0,12 | 2,78 |
| 195 | H | 3,76 | 2,15 | 2,86 | 8,77 | 2,92 | 105 | 3,07 | 0,12 | 3,44 |
| 196 | I | 6,87 | 6,1 | 6,97 | 19,94 | 6,65 | 105 | 6,98 | 0,12 | 7,82 |
| 197 | J | 14,51 | 12,37 | 14,63 | 41,51 | 13,84 | 105 | 14,53 | 0,12 | 16,27 |
| 198 | K | 4,53 | 3,63 | 4,73 | 12,89 | 4,30 | 105 | 4,51 | 0,12 | 5,05 |
| 199 | L | 7,5 | 5,05 | 7,73 | 20,28 | 6,76 | 105 | 7,10 | 0,12 | 7,95 |
| 200 | M | 8,94 | 7,01 | 8,35 | 24,3 | 8,10 | 105 | 8,51 | 0,12 | 9,53 |
| 201 | N | 2,42 | 0,87 | 2,04 | 5,33 | 1,78 | 105 | 1,87 | 0,12 | 2,09 |
| 202 | O | 12,28 | 9,16 | 12,71 | 34,15 | 11,38 | 105 | 11,95 | 0,12 | 13,39 |
| 203 | P | 47,4 | 45,76 | 47,52 | 140,68 | 46,89 | 105 | 49,24 | 0,12 | 55,15 |
| 204 | Q | 16,59 | 14,05 | 17,27 | 47,91 | 15,97 | 105 | 16,77 | 0,12 | 18,78 |
| TOTAL (min) | | | | | | | | 175,42 | | 196,47 |
| NOTA: \bar{x} =Promedio V=Valoración TB=Tiempo Básico S=Suplementos TE=Tiempo Estándar | | | | | | | | | | |

Tabla 98. Resumen de tiempos de la colocación de accesorios, válvulas e instrumentos

| RESUMEN DE TIEMPOS (min) | |
|--------------------------|--------|
| Tiempo Básico | 175,42 |
| Suplementos | 0,12 |
| Tiempo Estándar | 196,47 |

Anexo 8. Hoja de instrucciones para la construcción y ensamble de la cámara de tubos

|  | | <p style="text-align: center;">HOJA DE INSTRUCCIONES Construcción/ensamble cámara de tubos</p> | | | | |
|---|--|---|--|---|--------------|----|
| Fecha: | | Operario: | | Responsable: | | |
| | Descripción | Observaciones | Instrucciones | Ilustración | Cumplimiento | |
| Espejos | | | | | SI | NO |
| 1 | Almacenamiento de materia prima | Plancha de acero A36 de 5mm de espesor | |  | | |
| 2 | Transporte a corte | Manual, 1 uds | Transportar de una vez retazo de plancha de acero A36 de 10mm de espesor para elaboración de gancho. | | | |
| 3 | Preparación de herramientas medición/trazado | espejos y gancho | Al concluir la medición y trazado, colocar las herramientas en el tablero organizador. |  | | |

| | | | | | | |
|----|--|---|---|---|--|--|
| 4 | Corte de espejos y gancho | Gancho en plancha de acero A36 de 10mm de espesor | | | | |
| 5 | Limpieza de escoria | Efecto del corte | | | | |
| 6 | Apuntar espejos uno sobre otro | MIG | | | | |
| 7 | Colocación de guía para ubicación de tubos | | Hacer uso de molde |  | | |
| 8 | Realización de huecos guías sobre espejos | 31 guías con broca de 28mm | | | | |
| 9 | Transporte de espejos a área de rolado y perforado | Manual, 1 par de espejos. | | | | |
| 10 | Perforado de espejos | 31 perforaciones en acero A36 10mm de espesor | Hacer las perforaciones mediante avance automático del husillo específicamente en 1ra marcha. |  | | |

| | | | | | | |
|-------|--|---------------------------------------|---|--|--|--|
| 11 | Desmontaje de espejos y limpieza de taladro de columna | | Dejar completamente listo el taladro de columna para su siguiente uso, esto incluye mesa, rieles de mesa, altura de mesa, sistema de refrigeración, brocas en su lugar asignado, entre otros. |  | | |
| 12 | Transporte de espejos área de corte | | | | | |
| Tubos | | | | | | |
| 13 | Preparación de herramientas | | | | | |
| 14 | Corte de tubos de 40cm de longitud | 31 uds, HN, 3/4", sin costura, SCH 40 | Hacer uso de molde, con la finalidad de evitar el manejo continuo de flexómetro |  | | |

| | | | | | | |
|-----------------------|--|---|---|--|--|--|
| 15 | Desbarbado de tubos | 31 uds por ambos lados | Desbarbar cada lado del tubo por un lapso de tiempo de 30seg; tiempo comprobado con el que el desbarbado obtenido es de calidad (Usar reloj colocado frente a máquina de desbarbado). |  | | |
| Ensamble espejo/tubos | | | | | | |
| 16 | Separar espejos uno del otro | Puliendo puntos de suelda | | | | |
| 17 | Centrar espejos insertando tubos guías | Apuntado 4 tubos | | | | |
| 18 | Insertar el resto de tubos y apuntar | MIG, 27 uds, apuntadas a ambos lados contra espejos | Hacer uso de rodela que da el alto adecuado de ubicación de los tubos de la cámara. |  | | |
| 19 | Apuntar gancho sobre espejo superior | MIG, En el centro del espejo | | | | |
| | Soldadura | | | | | |
| 20 | Transporte área ensamble/soldadura | Tecla de pluma y sogas | | | | |

| | | | | | | |
|----|--|--|--|--|--|--|
| 21 | Preparación de soldadora, electrodos y EPP | SMAW, electrodos E-6011/E-6013 | <ul style="list-style-type: none"> - Mantener la soldadora siempre conectada a la toma de energía y en su sitio establecido - Tener los electrodos sobre la soldadora en recipientes diferenciados por color: Café – 6011 y Amarillo – 6013 - Definir un sitio único para EPP de soldadura. |  | | |
| 22 | Preparar dos bancos de trabajo uno junto al otro | Para soldadura de tubos contra espejos | <ul style="list-style-type: none"> - Colocar bancos de trabajo bajo tecele - Colocar cámara de tubos sobre uno de los bancos dejando hacia arriba el espejo superior |  | | |
| 23 | Soldadura de tubos contra espejo superior | Electrodos E-6011 | | | | |

| | | | | | | |
|----|---|-------------------------|---|---|--|--|
| 24 | Voltear cámara de tubos | | -. Haciendo uso de los guantes para soldar voltear cámara de tubos haciéndola pasar de un banco de trabajo a otro |  | | |
| 25 | Soldadura de tubos contra espejo inferior | Electrodos E-6011 | | | | |
| 26 | Voltear cámara de tubos | | -. Haciendo uso de los guantes para soldar voltear cámara de tubos haciéndola pasar de un banco de trabajo a otro | | | |
| 27 | Soldadura final de tubos contra espejo superior | Electrodos E-6013 | | | | |
| 28 | Voltear cámara de tubos | | -. Haciendo uso de los guantes para soldar voltear cámara de tubos haciéndola pasar de un banco de trabajo a otro | | | |
| 29 | Soldadura final de tubos contra espejo inferior | Electrodos E-6013 | | | | |
| 30 | Voltear cámara de tubos | | -. Haciendo uso de los guantes para soldar voltear cámara de tubos haciéndola pasar de un banco de trabajo a otro | | | |
| 31 | Soldadura de gancho a espejo superior | Electrodos E-6011/E6013 | | | | |

| | | | | | | |
|----|--|--------------------------------|---|--|--|--|
| 32 | Elevar cámara de tubos con tecla | | - Todo el proceso de soldadura se realiza bajo el tecla; y ya soldado el gancho solo queda anclar la cámara a la cadena y elevarla | | | |
| 33 | Centrar cámara de tubos sobre cámara de fuego | | | | | |
| 34 | Apuntar espejo inferior de cámara de tubos con cámara de fuego | MIG | | | | |
| 35 | Preparación de soldadora, electrodos y EPP | SMAW, electrodos E-6011/E-6013 | <p>- Mantener la soldadora siempre conectada a la toma de energía y en su sitio establecido</p> <p>- Tener los electrodos sobre la soldadora en recipientes diferenciados por color: Café – 6011 y Amarillo – 6013</p> <p>- Definir un sitio único para EPP de soldadura.</p> |  | | |
| 36 | Soldadura de la cámara de fuego con espejo inferior de cámara de tubos | SMAW Electrodo E-6011 | | | | |
| 37 | Soldadura final de la cámara de fuego con | SMAW Electrodo E-6013 | | | | |

| | | | | | | |
|-----------|---|-----------------------|--|--|--|--|
| | espejo inferior de cámara de tubos | | | | | |
| 38 | Soldadura de rodela de cierre contra cámara de fuego | SMAW Electrodo E-6011 | | | | |
| 39 | Soldadura final de rodela de cierre contra cámara de fuego | SMAW Electrodo E-6013 | | | | |
| 40 | Elevar haz tubular y cámara de fuego con tecla | | | | | |
| 41 | Colocar de forma horizontal estructura sobre mesa de trabajo | | | | | |
| 42 | Soldadura de cierre del cilindro de cámara de fuego | SMAW Electrodo E-6011 | | | | |
| 43 | Soldadura final de cierre de cilindro de cámara de fuego | SMAW Electrodo E-6013 | | | | |
| 44 | Elevar estructura con tecla y quitar mesa de trabajo para colocar la estructura al piso | | | | | |

Anexo 9. Hoja de instrucciones para la elaboración del sistema de control y acabados

|  | | <h2 style="text-align: center;">HOJA DE INSTRUCCIONES</h2> <h3 style="text-align: center;">Elaboración del sistema de control y acabados</h3> | | | | |
|---|--|---|---|--|--------------|----|
| Fecha: | | Operario: | | Responsable: | | |
| Nº | Descripción | Observaciones | Instrucciones | Ilustración | Cumplimiento | |
| | | | | | SI | NO |
| 1 | Almacenamiento de gabinetes eléctricos y placas extraíbles | | | | | |
| 2 | Selección de gabinete eléctrico y placa extraíble | 30cm x 30cm | -. Recurrir a bodega, específicamente a la percha donde se almacenan los gabinetes eléctricos para calderas -. También tomar de bodega una placa extraíble |  | | |
| 3 | Perforación de gabinete eléctrico | 3 agujeros, taladro de mano | | | | |
| 4 | Adaptación de válvula de gas y módulo | | En gabinete eléctrico y placa extraíble respectivamente | | | |
| 5 | Acoplamiento de termostato y adaptador | | En placa extraíble. | | | |
| 6 | Fijar gabinete eléctrico a tool de forro de la caldera | 3 tornillos auto-roscantes | | | | |

| | | | | | | |
|----|--|--|--|---|--|--|
| 7 | Corte de canaleta ranurada | | Cortar 57cm de canaleta ranurada |  | | |
| 8 | Se coloca canaleta | Fijándola al tool de la caldera | | | | |
| 9 | Colocación de cañerías para transporte de gas | 2 cañerías, dentro de canaleta | | | | |
| 10 | Colocación de cables de alta tensión | 2 cables, dentro de canaleta, encargados de generar chispa | | | | |
| 11 | Colocar cañerías en válvula de gas | Una cañería a la entrada de la hornilla para sistema principal. Otra cañería controla la llama piloto del sistema. | | | | |
| 12 | Acertar cables de alta tensión en electrodos | En electrodos ubicados en la hornilla. | | | | |
| 13 | Almacenamiento de material para gabinete eléctrico | | | | | |
| 14 | Selección de material para automatización | | Recurrir a documento denominado "LISTADO DE MATERIAL - AUTOMATIZACIÓN" | | | |

| | | | | | | |
|----|---|---|--|--|--|--|
| 15 | Se realiza la automatización del equipo | | | | | |
| 16 | Colocación de placa extraíble en gabinete eléctrico | | | | | |
| 17 | Instalación de tanque de abastecimiento | 3 codos ½” 2 válvulas check 1 Nudo HN Neplos varios 1 Reductor de 1” a ½” | | | | |
| 18 | Conexión de instrumentos fijos de caldera a sistema de control | McDonnell Presostato Bomba de abastecimiento Cables de alta tensión a modulo | | | | |
| 19 | Prueba del sistema de vapor | Se comprueba el total y correcto funcionamiento del equipo | | | | |
| 20 | Transporte desde oficina de logotipo, placa técnica, etiqueta, señalética para gabinete eléctrico | | - . Buscar logotipo, placa técnica y etiquetas en el lugar y carpeta establecida dentro de la oficina. |  | | |

| | | | | | | |
|----|---|---|--|--|--|--|
| 21 | Se coloca logotipo, placa técnica, etiqueta, señalética para gabinete eléctrico | | | | | |
| 22 | Se embala equipo | Con papel rolo film se cubre gabinete eléctrico, presostato y manómetro | | | | |

Anexo 10. Listado de material para la elaboración del sistema de control

Nota: por cuestiones de confidencialidad de la empresa se expone únicamente parte del listado de materiales.

|  | | LISTADO DE MATERIAL SISTEMA DE CONTROL | | |
|---|--|--|--------------|----|
| CANT. | DESCRIPCIÓN | ILUSTRACIÓN | CUMPLIMIENTO | |
| | | | SI | NO |
| 1 | Rollo de alambre AWG 18 |  | | |
| 3 | Luces piloto verde a --Voltios |  | | |
| 1 | Luz piloto amarilla a --Voltios |  | | |
| 1 | Selector de una posición |  | | |
| 1 | Pulsador doble ON – OFF |  | | |
| 1 | Breaker riel din de 1 polo a --Amperes |  | | |