

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



**PROPUESTA DE MEJORA EN EL SISTEMA PRODUCTIVO DE
MUEBLES DE MELAMINA EN LA EMPRESA EDIFICACIONES
METÁLICAS SAVI S.A.C. PARA INCREMENTAR SU
PRODUCTIVIDAD**

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

AUTOR

LUCIA VANESSA SANCHEZ CELIZ

ASESOR

EDWARD FLORENCIO AURORA VIGO

<https://orcid.org/0000-0002-9731-4318>

Chiclayo, 2019

**PROPUESTA DE MEJORA EN EL SISTEMA PRODUCTIVO
DE MUEBLES DE MELAMINA EN LA EMPRESA
EDIFICACIONES METÁLICAS SAVI S.A.C. PARA
INCREMENTAR SU PRODUCTIVIDAD**

PRESENTADA POR:

LUCIA VANESSA SANCHEZ CELIZ

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

INGENIERO INDUSTRIAL

APROBADA POR:

Oscar Kelly Vásquez Gervasi
PRESIDENTE

Evans Nielander Llontop Salcedo
SECRETARIO

Edward Florencio Aurora Vigo
ASESOR

A mis abuelos, que se han sido unos padres en mi etapa universitaria.

A mis padres y hermanas.

A mis amigos Claudia, Sofía y Daniel.

RESUMEN

Edificaciones Metálicas SAVI S.A.C, es una empresa metalmecánica lambayecana dedicada a la fabricación y comercialización de muebles de melamina. Actualmente, cuenta con el principal problema en baja productividad en sus 3 principales productos (escritorio modelo lineal, estante modelo básico y módulo básico de cómputo), debido a causas como la falta de estandarización de tiempos, una línea de producción desbalanceada, demoras en espera de materiales y transportes excesivos. Esta baja productividad incurría costos en horas extras para poder cumplir la producción programada, con un costo de S/10 281,6 anual entre los 3 productos.

Se desarrolló una propuesta de mejora que abarca la redistribución de la planta mediante la metodología Systematic Layout Planning y Guerchet, la estandarización de tiempos mediante procedimientos operativos estándar y la propia estandarización en base al tiempo promedio de la mejora, realizando así un balance en la línea de producción. Esta estructura permitió maximizar los valores de los principales indicadores de productividad, incrementando la producción diaria de 4 a 7 escritorios modelo lineal, de 11 a 19 estantes modelo básico y de 5 a 8 módulos básico de cómputo, y la reducción de horas extra de trabajo en un 100% para los muebles objeto de estudio. Finalmente, realizando un análisis económico de la propuesta de mejora planteada, se proyectó una inversión de S/ 24 576,99, un VAN de S/ 116 823,76, un TIR de 129,81 % y un B/C de S/ 6,63, demostrando ser un proyecto factible y favorable para la empresa en estudio.

Palabras clave: Melamina, Estandarización, Balance de línea, Sistema productivo

ABSTRACT

Edificaciones Metálicas SAVI S.A.C, is a metalworking lambayecana dedicated to the manufacture and commercialization of melamine furniture. Currently, the main problem is low productivity in their 3 main products (desk linear model, shelf basic model and compute basic module), due to causes such as the lack of standardization of times, a production line of balance, delays in hopes of materials and transport excessive. This low productivity costs incurred in overtime in order to meet the programd production, at a cost annual of S/10 281,6 between 3 products.

Developed a proposal for improvement that covers the redistribution of the plant by Systematic Layout Planning methodology and Guerchet, standardization of times through standard operating procedures and standardization based on the average time of the improvement, thereby performing a balance in the production line. This structure made it possible to maximize the values of the main indicators of productivity, increasing the daily production of 4 to 7 desks linear model, of 11 to 19 shelves basic model and 5 to 8 basic modules of computation, and the reduction of overtime work in a 100% for furniture object of study. Finally, conducting an economic analysis of the proposal for improving project raised, an investment of S/ 24 576,99, an VAR of S/ 116 823,76, an TIR of 129,81 % and B/C of S/ 6,63, proving to be a feasible project and favorable to the company under study.

Keywords: Melamine, Standardization, Line balance, Productive system

ÍNDICE

I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MARCO TEÓRICO	3
2.1. Antecedentes	3
2.2. Bases teórico-científicas	7
2.2.1. Sistema productivo	7
2.2.2. Proceso de producción.....	7
2.2.3. Estudio del trabajo	8
2.2.4. Herramientas de Registro y Análisis de información.....	12
2.2.5. Balance de línea.....	14
2.2.6. Sistema Kanban	14
2.2.7. Distribución de planta.....	15
III. RESULTADOS	20
3.1. Diagnóstico de la situación actual de la empresa	20
3.1.1. La empresa.....	20
3.1.2. Descripción del sistema productivo.....	25
3.1.3. Recursos del Proceso	29
3.1.4. Descripción del proceso de producción.....	36
3.1.5. Análisis del diseño de trabajo.....	41
3.1.6. Análisis del proceso.....	46
3.1.7. Indicadores Actuales del Proceso	80
3.4. Desarrollo de propuesta en el sistema de producción.....	97
3.4.1. Mejora 1: Redistribución de planta	97
3.4.2. Mejora 2: Estandarización del método de trabajo	112
3.4.3. Mejora 3: Balance de línea	140
3.4.4. Nuevos indicadores de proceso	157
2.3. Análisis costo-beneficio de la propuesta.....	169
3.5.1. Inversión en la mejora	169
3.5.2. Ingresos de la mejora.....	173
IV. CONCLUSIONES.....	176
V. RECOMENDACIONES	178
VI. LISTA DE REFERENCIAS.....	179
VII. ANEXOS	182

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Factores de calificación a los operarios Sistema Westinghouse	10
Tabla 2. Factores de suplementos a los operarios – OIT.....	11
Tabla 3. Valores de relación del SLP	17
Tabla 4. Principales proveedores de la empresa.....	22
Tabla 5. Análisis ABC de productos a base de melamina en la empresa Edificaciones Metálicas SAVI S.A.C. Periodo enero-diciembre del 2018.....	23
Tabla 6. Días de producción de muebles en estudio en el año 2018.....	24
Tabla 7. Medidas del escritorio modelo lineal	26
Tabla 8. Medidas de módulo básico de cómputo	27
Tabla 9. Medidas del estante modelo básico	28
Tabla 10. Planchas de melamina necesaria para producción por producto.....	29
Tabla 11. Metros de tapacantos para escritorio modelo lineal	30
Tabla 12. Metros de tapacantos para módulo básico de cómputo.....	30
Tabla 13. Metros de tapacantos para estante modelo básico.....	30
Tabla 14. Materiales para escritorio modelo lineal	31
Tabla 15. Materiales para el módulo básico de cómputo	32
Tabla 16. Materiales para estante modelo básico	32
Tabla 17. Especificaciones técnicas de la cortadora Xenia 30.....	33
Tabla 18. Especificaciones técnicas del aspirador de polvo.....	34
Tabla 19. Ficha técnica de la enchapadora de cantos.....	34
Tabla 20. Ficha técnica del compresor de aire vertical	35
Tabla 21. Características de los operarios	35
Tabla 22. Determinación de número de muestra según General Electric	42
Tabla 23. Muestra de ciclos observados para el escritorio modelo lineal	43
Tabla 24. Muestra de ciclos observados para el estante modelo básico.....	44
Tabla 25. Muestra de ciclos observados para el módulo básico de cómputo.....	45
Tabla 26. Cuadro resumen de diagrama de operaciones escritorio modelo lineal	48
Tabla 27. Cuadro resumen de diagrama de análisis de proceso escritorio modelo lineal ...	50
Tabla 28. Cuadro resumen del cursograma analítico -Escritorio modelo lineal Operación de corte	53
Tabla 29. Cuadro resumen del cursograma analítico del escritorio modelo lineal -operación de canteado y lijado	55

Tabla 30. Cuadro resumen del cursograma analítico del escritorio modelo lineal -Operario de armado	57
Tabla 31. Cuadro resumen de diagrama de operaciones estante modelo básico.....	59
Tabla 32. Cuadro resumen de diagrama de análisis de proceso estante modelo básico.....	61
Tabla 33. Cuadro resumen del cursograma analítico Estante modelo básico-operación de selección y corte	64
Tabla 34. Cuadro resumen del cursograma analítico del estante modelo básico - operación de canteado y lijado	65
Tabla 35. Cuadro resumen del cursograma analítico del estante modelo básico-operario de armado	67
Tabla 36. Cuadro resumen de diagrama de operaciones módulo básico de cómputo	68
Tabla 37. Cuadro resumen de diagrama de análisis de proceso escritorio modelo lineal ...	71
Tabla 38. Cuadro resumen Cursograma analítico módulo básico de cómputo operación de selección y corte	74
Tabla 39. Cuadro resumen del cursograma analítico módulo básico de cómputo-operación de canteado	76
Tabla 40. Cuadro resumen del cursograma analítico módulo básico de cómputo -operario de armado	78
Tabla 41. Costo de energía eléctrica industrial	82
Tabla 42. Resumen de costos de mano de obra e insumos de los 3 productos.....	83
Tabla 43. Horas extras trabajadas para el escritorio modelo lineal en el año 2018.....	87
Tabla 44. Horas extras trabajadas para el estante modelo básico en el año 2018	88
Tabla 45. Horas extras trabajadas para el módulo básico de cómputo en el año 2018	88
Tabla 46. Cuadro resumen de indicadores de proceso actual.....	89
Tabla 47. Tiempos de transporte en la producción de los 3 muebles.....	91
Tabla 48. Pérdida económica por el problema de estudio.....	93
Tabla 49. Matriz de consistencia	94
Tabla 50. Ficha técnica de carretilla transportadora de planchas	98
Tabla 51. Altura de elementos en estación de corte	98
Tabla 52. Estimación de área de corte	99
Tabla 53. Altura de elementos en estación de canteado	99
Tabla 54. Estimación del área de canteado.....	100
Tabla 55. Altura de elementos en estación de canteado	101
Tabla 56. Estimación del área de ensamble.....	101

Tabla 57. Códigos de valores de proximidad	102
Tabla 58. Códigos de motivos	102
Tabla 59. Diagrama de relaciones de áreas	103
Tabla 60. Codificación de áreas	105
Tabla 61. Tiempos de transporte de la propuesta	108
Tabla 62. Ficha técnica de cinta reflectante blanca	111
Tabla 63. Ficha técnica de cinta reflectora amarilla.....	111
Tabla 64. Tiempos normales de producción en el escritorio modelo lineal	134
Tabla 65. Tiempos normales de producción en el estante modelo básico.....	135
Tabla 66. Tiempos normales de producción en el módulo básico de cómputo.....	136
Tabla 67. Tiempos estandarizados del escritorio modelo lineal.....	137
Tabla 68. Tiempos estandarizados del estante modelo básico	138
Tabla 69. Tiempos estandarizados del módulo básico de cómputo	139
Tabla 70. Asignación de operarios por actividad para la producción del escritorio modelo lineal- Tiempo estándar	140
Tabla 71. Asignación de operarios por actividad para la producción del estante modelo básico-Tiempo estándar.....	141
Tabla 72. Asignación de operarios por actividad para la producción del módulo básico de cómputo	143
Tabla 73. Número de Kanban por producto	148
Tabla 74. Costos en mano de obra e insumos de la mejora con tiempo promedio.....	160
Tabla 75. Costos en mano de obra e insumos de la mejora con tiempo estándar.....	160
Tabla 76. Cumplimiento con mejora con tiempo promedio de la demanda no atendida en la jornada laboral para el escritorio modelo lineal	164
Tabla 77. Cumplimiento con mejora con tiempo promedio de la demanda no atendida en la jornada laboral para el estante modelo básico	164
Tabla 78. Cumplimiento con mejora con tiempo promedio de la demanda no atendida en la jornada laboral para el módulo básico de cómputo	165
Tabla 79. Cumplimiento con mejora con tiempo estándar de la demanda no atendida en la jornada laboral para el escritorio modelo lineal	165
Tabla 80. Cumplimiento con mejora con tiempo estándar de la demanda no atendida en la jornada laboral para el estante modelo básico	166
Tabla 81. Cumplimiento con mejora con tiempo estándar de la demanda no atendida en la jornada laboral para el módulo básico de cómputo	167

Tabla 82. Comparación de indicadores para el escritorio modelo lineal.....	168
Tabla 83. Comparación de indicadores para el estante modelo básico	168
Tabla 84. Comparación de indicadores para el módulo básico de cómputo	169
Tabla 85. Cantidad de melamina a utilizar para carros de transporte.....	170
Tabla 86. Costos de materiales para contenedores y carretillas	170
Tabla 87. Costo de mano de obra para manufactura de carretillas y carrito transportador	171
Tabla 88. Costo de cintas reflectoras.....	171
Tabla 89. Costos de redistribución de planta.....	171
Tabla 90. Costos de equipos de protección personal.....	172
Tabla 91. Flujo de caja de la propuesta	174
Tabla 92. Tabla resumen de los indicadores financieros.....	175

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Conjunto de símbolos de diagrama de proceso de acuerdo con el estándar ASME	12
Figura 2. Diagrama de relaciones	16
Figura 3. Organigrama de la empresa.....	20
Figura 4. Ubicación de la empresa	21
Figura 5. Participación en ventas de melamina	24
Figura 6. Escritorio de modelo lineal	26
Figura 7. Módulo básico de cómputo	27
Figura 8. Estante modelo básico.....	28
Figura 9. Retazos sobrantes dispersos en la empresa	29
Figura 10. Tapacantos maderado.....	31
Figura 11. Almacén de melamina y planchas MDF	37
Figura 12. Corte de piezas	37
Figura 13. Armado de laterales.....	39
Figura 14. Diagrama de bloques general	40
Figura 15. Diagrama de operaciones de procesos para el escritorio modelo lineal.....	47
Figura 16. Diagrama de análisis de proceso del escritorio modelo lineal	49
Figura 17. Diagrama de recorrido de proceso del escritorio modelo lineal	51
Figura 18 . Cursograma analítico de proceso del escritorio modelo lineal-operario de cortado	52
Figura 19. Cursograma analítico de proceso del escritorio modelo lineal-operario de canteado y lijado.....	54
Figura 20. Cursograma analítico de proceso del escritorio modelo lineal- operación de armado	56
Figura 21. Diagrama de operaciones de procesos Estante modelo básico	58
Figura 22. Diagrama de análisis de proceso del estante modelo básico.....	60
Figura 23. Diagrama de recorrido de proceso del estante modelo básico	62
Figura 24. Cursograma analítico de proceso del estante modelo básico operación de corte	63
Figura 25. Cursograma analítico de proceso del estante modelo básico-operario de canteado	65
Figura 26. Cursograma analítico de proceso del estante modelo básico-operación de armado	66

Figura 27. Diagrama de operaciones de procesos del módulo de cómputo	68
Figura 28. Diagrama de análisis de proceso del módulo básico de cómputo	70
Figura 29. Diagrama de recorrido para el módulo básico de cómputo.....	72
Figura 30. Cursograma analítico de proceso del módulo básico de cómputo-operación de selección y corte	73
Figura 31. Cursograma analítico de proceso del módulo básico de cómputo-operación de canteado	75
Figura 32. Cursograma analítico de proceso del módulo básico de cómputo-operario de armado- pág. 1	77
Figura 33. Cursograma analítico de proceso del módulo básico de cómputo-operario de armado- pág. 2	78
Figura 34. Balance de línea actual del escritorio modelo lineal	85
Figura 35 . Balance de línea actual del estante modelo básico.....	85
Figura 36. Balance de línea actual del módulo básico de cómputo.....	85
Figura 37. Diagrama de Ishikawa.....	92
Figura 38. Matriz relacional	104
Figura 39. Diagrama de relación de actividades propuesto.....	105
Figura 40. Redistribución de planta propuesta	107
Figura 41. Estación de trabajo del cortado	109
Figura 42. Estación de canteado	110
Figura 43. Estación de trabajo armado	110
Figura 44. Procedimiento de corte - pág. 1.....	113
Figura 45. Procedimiento de corte -pág. 2.....	114
Figura 46. Procedimiento de corte - pág. 3.....	115
Figura 47. Procedimiento de corte -pág. 4.....	116
Figura 48. Procedimiento de canteado- pág. 1	117
Figura 49. Procedimiento de canteado –pág. 2.....	118
Figura 50. Procedimiento de canteado pág. 3.....	119
Figura 51. Procedimiento de canteado pág. 4.....	120
Figura 52. Procedimiento de armado del escritorio modelo lineal (Pag. 1)	121
Figura 53. Procedimiento de armado del escritorio modelo lineal (Pag. 2)	122
Figura 54. Procedimiento de armado del escritorio modelo lineal (Pag. 3)	123
Figura 55. Procedimiento de armado del escritorio modelo lineal (Pag. 4)	124
Figura 56. Procedimiento de armado del estante modelo básico (Pag. 1).....	125

Figura 57. Procedimiento de armado del estante modelo básico (Pag. 2).....	126
Figura 58. Procedimiento de armado del estante modelo básico (Pag. 3).....	127
Figura 59. Procedimiento de armado del módulo básico de cómputo (Pag. 1).....	128
Figura 60. Procedimiento de armado del módulo básico de cómputo (Pag. 2).....	129
Figura 61. Procedimiento de armado del módulo básico de cómputo (Pag. 3).....	130
Figura 62. Procedimiento de armado del módulo básico de cómputo (Pag. 4).....	131
Figura 63. Procedimiento de armado del módulo básico de cómputo (Pag. 5).....	132
Figura 64. Balance de línea para el escritorio modelo lineal- Tiempo estándar	141
Figura 65. Balance de línea para el estante modelo básico-Tiempo estándar	142
Figura 66. Balance de línea para el módulo básico de cómputo- Tiempo estándar	143
Figura 67. Balance de línea para el escritorio modelo lineal- Tiempo promedio	144
Figura 68. Balance de línea para el estante modelo básico- Tiempo promedio	144
Figura 69. Balance de línea para el módulo básico de cómputo- Tiempo promedio	145
Figura 70. Tarjeta Kanban proceso de corte del escritorio modelo lineal.....	149
Figura 71. Tarjeta Kanban proceso de corte del estante modelo básico.....	149
Figura 72. Tarjeta Kanban proceso de corte del módulo básico de cómputo.....	149
Figura 73. Tarjeta Kanban proceso de canteado del escritorio modelo lineal.....	150
Figura 74. Tarjeta Kanban proceso de canteado del estante modelo básico	150
Figura 75. Tarjeta Kanban proceso de canteado del módulo básico de cómputo	150
Figura 76. Diagrama de análisis de procesos propuesto del escritorio modelo lineal-Tiempo estándar.....	152
Figura 77. Diagrama de análisis de procesos propuesto del estante modelo básico- Tiempo estándar.....	153
Figura 78. Diagrama de análisis de procesos propuesto del módulo básico de cómputo-Tiempo estándar	154
Figura 79. Diagrama de recorrido propuesto para el escritorio modelo lineal y el módulo básico de cómputo	155
Figura 80. Diagrama de recorrido propuesto para el estante modelo básico.....	156

I. INTRODUCCIÓN

En la actualidad, es esencial para una empresa el buscar la competitividad en el mercado, esto va de la mano con el buscar mejorar sus productos, procesos y poder aprovechar todas las oportunidades de crecimiento que se ofrezca. La demanda insatisfecha de madera en sector de muebles ha generado una gran oportunidad de crecimiento para aquellos materiales sustitutos que resultan ser un enorme potencial en términos de amueblamientos. Según la reconocida revista de investigación Lignum, la melamina está tomando gran parte del protagonismo en el ámbito de muebles de alta gama, adaptando ahora los parámetros de la moda no solo en países desarrollados, si no alrededor de todo el mundo. La melamina ha innovado la industria del mueble y ha evolucionado gracias a las características estéticas que ofrece la evolución de tecnologías. [1]

El diario El Comercio comenta que PRODUCE brindó datos en cuanto al porcentaje de producción en muebles, incrementándose en un 10,4% en el año 2018 [2] y la melamina se ha convertido en una competencia directa con la madera, debido a sus bajos costos y facilidad de manejo, de tal manera que se ha creado una especialidad para el uso de este material. Gracias a esto, la mayor parte del mercado peruano ha preferido en su mayoría, adquirir sus muebles de melamina.

Edificaciones Metálicas SAVI S.A.C, es una empresa que labora hace 7 años en la industria de productos hechos a base de melamina y metal en Chiclayo, y se encarga de la producción y comercialización de muebles de casa y oficina, elaborando sus productos según el pedido requerido por sus clientes. La empresa cuenta con dos áreas de trabajo independientes, clasificadas por el tipo de material con el que se trabaja: melamina y metal. Se cuenta además con la disposición de 11 trabajadores, de los cuales 5 se encuentran en el área de ventas y administración, y los otros 6 en el área de producción: 3 trabajadores en el área de metal y 3 en el área de melamina, donde cada uno de ellos se encarga de la elaboración del producto requerido. Se tiene una jornada laboral de 6 días a la semana con 8 horas al día de trabajo de lunes a sábado. Desde enero del 2018 hasta diciembre del 2018, la empresa no pudo cumplir con toda la demanda solicitada en el tiempo programado de producción, teniendo que recurrir a horas extra de trabajo para poder cubrir su demanda. La investigación se delimitará en el estudio del área de melamina, donde los trabajadores del

área carecen de un sistema de estandarización de trabajo, laborando de forma empírica y esto conlleva a que los ciclos de trabajo por unidad sean variables y no se pueda seguir con un ritmo de producción predecible, además de contar con un cuello de botella en la estación final del proceso: el armado.

Frente a lo descrito anteriormente surge la pregunta ¿En qué medida una propuesta de mejora en el sistema productivo permitirá incrementar la productividad de muebles de melamina en la empresa Edificaciones Metálicas SAVI S. A. C.? Para atender el problema identificado se planteó la siguiente hipótesis: La aplicación de una propuesta de mejora en el sistema productivo en la empresa SAVI S.A.C. incrementará su productividad. Se definió como objetivo principal proponer una mejora en el sistema productivo de muebles de melamina en la empresa Edificaciones Metálicas SAVI S.A.C. para el incremento en su productividad y así poder cumplir con los pedidos en las horas de trabajo normales. Así mismo, se establecieron los siguientes objetivos específicos: Realizar un diagnóstico del sistema productivo en la empresa, elaborar un plan de mejora para el sistema de producción en la empresa para poder incrementar su productividad y por último plantear un análisis costo-beneficio de la propuesta de mejora.

La demanda de muebles de melamina viene creciendo gracias a las necesidades del mercado, además la empresa se ve afectada económicamente en gran magnitud por no poder satisfacer sus pedidos por completo. La investigación permitirá a la empresa Edificaciones Metálicas SAVI S.A.C, solucionar su problemática a través de la mejora del sistema productivo, estandarizando y mejorando los métodos de trabajo de los operarios del área de melamina, para así poder aumentar la productividad en la empresa. Es fundamental en esta propuesta, estandarizar tiempos y reducir las variaciones de trabajo, que permita atender los pedidos en el tiempo de producción establecido por la empresa.

II. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

N. Tass et al. [3] en su investigación “Estudio de tiempos y movimientos en la línea de producción de block en la fábrica AREVALO”, desarrollado en una fábrica que se dedicaba a la venta de materia prima para la construcción, tenía como problema principal que en el 2015, su cartera de clientes disminuyó considerablemente en un 34% (68 clientes), debido a la inexistencia de stock, la producción tardía del personal y la entrega del producto fuera de tiempo al cliente. La empresa no contaba con estudios previos a sus métodos de trabajo y por lo tanto no contaba con un método establecido de trabajo para el desarrollo de sus actividades, generando que se desconozca su capacidad de producción. Así pues, se realizó un estudio de tiempos y movimientos para la estandarización de tiempos de producción del block tipo 1, determinando los tiempos estándar de trabajo e implementando un diagrama hombre-máquina, diagramas de flujo del proceso, diagramas de recorrido y por último el analizar los métodos de trabajo. Tras esto se obtuvo como resultado la reducción de todos los movimientos innecesarios en su proceso productivo, reduciendo el tiempo de ejecución de las actividades, y aumentando así la producción, con unas cifras que ascendieron de 343 a 399 tablas diarias, superando incluso la producción solicitada en un nivel de servicio del 85%. La investigación justifica que, con la implementación de un estudio de métodos de estandarización de trabajo, se puede lograr a reducir de forma considerable las actividades, aumentando la producción y así, satisfacer la demanda.

S. Guaraca [4], en su informe de investigación “Mejora de la productividad, en la sección de prensado de pastillas, mediante el estudio de métodos y la medición del trabajo, de la fábrica de frenos automotrices Edgar S.A.” identificó mediante un cursograma hombre máquina las actividades que limitan la productividad, y se concluyó que el método de trabajo trabajado hacía que la prensa con la que se trabajaba este parada en un 50 % del ciclo. Por lo tanto, se propuso la implementación de un elevador, adecuar una mesa móvil para el traslado y almacenado de los respaldos metálicos, reduciendo así los tiempos de trabajo improductivos, incrementando los valores de productividad en un 25%, con una producción que aumentó de 108 a 136 pastillas/hombre.hora, respaldando así la demanda de 2500 juegos de pastillas/mes. Gracias a la investigación realizada por Guaraca, se puede decir que es

posible incrementar de manera importante, con la menor inversión posible, identificando aquellas actividades que limitan la productividad, como en su caso fue el método de trabajo que se desarrollaba. A partir de eso, se implementó la mejora con la ayuda de herramientas propias a la ingeniería de métodos ya mencionadas.

En el estudio realizado por **Orejuela** [5] “Diseño e implementación de un programa de ingeniería de métodos, basado en la medición del trabajo y productividad, en el área de producción de la empresa Servicios Industriales Metalmecánicos Orejuela SEIMCO durante el año 2015”, tuvo como objetivo aumentar la productividad en la empresa que se dedicaba a la producción de bisagras de pistón. En primer lugar evaluando aquellas actividades que limitan, se realizó análisis del producto evaluando si se podía modificar su forma, en cuanto no varíe su calidad y funcionalidad y así reducir los tiempos de operación. En segundo lugar, la incorporación de máquinas necesarias en el proceso de producción que contribuya a mejorar el proceso de producción en el desarrollo operacional, y por último la redistribución de los centros de trabajo para disminuir los tiempos de movilización del operario. La implementación de la mejora permitió a la empresa aumentar la productividad en un 34 %, llegando así a la meta del departamento de ventas de la empresa de un aumento de producción del 20 % que corresponde a 29 974 unidades al mes. La presente investigación contribuirá de forma en que servirá como guía, ya que se desarrolla en una empresa metalmecánica, apoyado en que se implementó un rediseño de planta y así llegar a una reducción de tiempos en cuestión de diseño del mismo producto, teniendo como resultados un alto incremento en la productividad en la misma jornada de trabajo.

M. Singh and H. Yadav [6], in their research "Improvement in the process industries by using of work study methods: A case study" The method of studying the times to reduce process times, costs of labor and production costs in a small manufacturing industry, taking into account that the acquisition of a new production line or a machine generating excessive costs compared to the risk that the improvements do not justify the time and money spent. A load and its work team were discussed with the engineer, and thus became tools of design, study of methods, flow of processing graphics and flow diagrams, thus reducing the cost of production, process time, cost and consumption of energy.

M. Singh y H. Yadav [6] , en su investigación “Mejora en las industrias de proceso mediante el uso de métodos de estudio del trabajo: Caso de estudio” Se utilizó el método de estudio de tiempos para reducir los tiempos de proceso, costos de mano de obra y costo de producción en una pequeña industria manufacturera, tomando en cuenta que la adquisición de una nueva línea de producción o una máquina genere costos excesivos en comparación del riesgo de que aquellas mejoras no justifiquen el tiempo y dinero gastado. Se discutió con el ingeniero a cargo y su equipo de trabajo, y así se implementaron herramientas de diseño, estudio de métodos, flujo de gráficos de proceso y diagramas de flujo, reduciendo así el costo de producción, tiempo de proceso, costo y consumo de energía. La investigación demostró que no se estaba trabajando con el método óptimo y a partir de esto, se propuso la mejora, sirviendo como base de estudio en cuanto a la elaboración de herramientas como diagramas de proceso y flujo.

In the research carried out by **C. Duran, A. Cetindere and A. Yunus** [7]" Productivity Improvement by Work and Time Study Technique for Earth Energy-glass Manufacturing Company", opportunities for growth of production and trade caused by globalization and increased competition, productivity growth requires in business. The sources decreased with each passing day, with constantly increasing needs. This in turn increases the need for Companies to use resources more efficiently. Work study techniques and time increase the efficiency of factor utilization of production have been used for all manufacturing and service sectors as a scientific approach. In the content of the study a company that Tea glass production is analyzed in terms of work / time during the production process of the model. To measure the effectiveness of tea Glass models, time survey is performed and with the help of that method the standardized time is calculated. Real and standardized time is compared and, as a result, it is intended to measure the inevitable times and take the necessary precautions against them. As a result of the study, the waiting time causes inefficiency in the work of the molder and in the content of the work / time, the efficiency increases 53 % and the production capacity of the model is reached at 237.

En la investigación realizada por **C. Duran, A. Cetindere y A. Yunus** [7] “Mejora de la productividad mediante el trabajo y la técnica de estudio de tiempo para la empresa de fabricación de vidrio y energía de la tierra”, se describen los estudios de trabajo implementados en una empresa de fabricación de vidrio donde se examinan la forma en que

se lleva a cabo las actividades, simplificando o modificando el método de operación para reducir el trabajo innecesario o excesivo, o el uso derrochador de recursos y la creación de un estándar de tiempo, con el uso de estudio de método (estudio de movimiento) y estudio de tiempo (medición de trabajo). Con esto se logró la reducción de tiempos de producción de un 53 %, como resultado de una reorganización de los métodos de operación sin gastos adicionales, y con esto el aumento de la productividad en un 20 %. Gracias a la investigación, se pueden tomar los métodos desarrollados para así, poder analizar de manera efectiva el desarrollo actual de actividades en la empresa, y a partir de ello, proponer una mejora reduciendo actividades innecesarias y recursos.

According to **L. Qin et al.** [8] in his research "Application of the SLP Method in the Design of Disposition of Installations in a Workshop". Describe the extensions of logistics routes through which a mechanism of machining of tension bars to obtain the finished product, this workshop is comprised of 13 work areas and different machineries such as shapers, milling machines, grooves, among others, for this a new design of the workshop facilities through the SLP method, opting for the redistribution of the position of two machineries, the position of the reception areas of the raw material and the product in the process and the washing area. The purpose of this process is not limited to the "L" shape. I work improving the handling of the materials and the efficiency of the production inside the machining workshop.

De acuerdo con **L. Qin et al.** [8] en su investigación "*Application of SLP Method in Design of Facilities Layout in Workshop*". Describe las extensas rutas logísticas por las que atraviesa un taller de mecanizado de barras de tensión para obtener el producto terminado, dicho taller está conformado por 13 áreas de trabajo y distintas maquinarias como talladoras, fresadoras, ranuradoras, entre otras. Para ello propone la aplicación de un nuevo diseño de las instalaciones del taller a través del método SLP, optando por la redistribución de la posición de dos maquinarias, la posición de las áreas de recepción de materia prima y producto en proceso y el área de lavado. Además, propone eliminar el área de repuestos innecesarios de manera que el proceso productivo se pueda dar de manera lineal en forma de "L", con la finalidad de disminuir el costo durante el proceso, acortar la trayectoria logística y ampliar de igual forma el espacio de trabajo mejorando el manejo de materiales y la eficiencia de producción dentro del taller de mecanizado.

2.2. Bases teórico-científicas

2.2.1. Sistema productivo

Es un procedimiento organizado que cuenta con recursos de diferente naturaleza (humanos, elementos físicos, servicios, tecnología, tiempos), que se relacionan y operan con el fin de producir productos o servicios. [9] Según Vásquez [10], existen tipos de sistemas productivos:

- **Sistemas por proyectos:** son aquellos sistemas empleados para producir productos únicos, realizado en un lugar específico y no existe un flujo de producto, sino de una secuencia de actividades para poder concluir un proyecto, está enfocado en la planeación y control de las tareas individuales, para una mayor eficiencia.
- **Sistemas continuos o producción en masa:** mayormente este tipo de sistemas se encuentra estandarizado. Se caracteriza por tener poca diversificación de productos y producción de ellos en gran cantidad, además incurre costos unitarios bajos de producción y los operarios suelen realizar las mismas tareas para los productos, siendo repetitivas.
- **Sistemas intermitentes o por lotes:** se caracteriza porque la producción es flexible, ya que produce una gran variedad de productos. Es característico que su nivel de producción sea regular, además de que cada producto tiene una secuencia diferente de operaciones. No suelen ser automatizados y requiere de mano de obra calificada. Este sistema puede clasificarse por:
 - **Sistema intermitente cerrado:** son producciones para productos de larga vida, corridas en producción.
 - **Sistema intermitente abierto:** el producto es fabricado en base a las especificaciones particulares de un determinado cliente.

2.2.2. Proceso de producción

Se define como el conjunto de acciones o actividades que son realizadas de forma deliberada, es decir, ha pasado por estudios e investigaciones que han determinado los procedimientos a seguir y se realizan de forma ordenada, en base a recursos llamados “insumos”, y tiene como fin el obtener nuevos bienes o servicios. [9]

2.2.3. Estudio del trabajo

Se resume como aquellas técnicas que incluyen el estudio de métodos y medida de trabajo, y analizan el trabajo humano en sus diferentes contextos y lleva a investigar acerca de todos los factores que engloban a la eficacia y economía de la situación analizada, con el propósito de mejorarla [11].

2.2.3.1. Estudio de tiempos

La técnica más común para determinar los estándares de tiempo en el área de manufactura es el estudio de tiempos, que es también la pionera como técnica para establecer estándares de tiempo de ingeniería [12].

El estudio de tiempos es empleado para el registro de tiempos y ritmo de trabajo que concierne a los elementos de una específica labor realizada en condiciones determinadas. Está considerado dentro de las técnicas de medición del trabajo, donde finalmente se analizan los datos requeridos con el objetivo de conocer el tiempo necesario para ejecutar la labor bajo una norma preestablecida. La finalidad del estudio de tiempos es analizar el método que se está efectuando en una tarea [13] mediante el uso del cronómetro se puede realizar el registro de tiempos. Se establece los siguientes pasos o etapas necesarias en la realización de un estudio de tiempos:

- Estudio del puesto de trabajo: consiste en identificar el problema que da lugar al estudio.
- La división de la operación en sus elementos: Elemento u operación elemental, es la parte definitiva y esencial de la tarea que puede estar compuesta por uno o varios movimientos fundamentales realizados, por el operario o la máquina, y que forman parte de la tarea a cronometrar. Dichas operaciones se deben dividir en acciones que son fáciles de percibir, registrar, y reconocer.
- Toma y registro de mediciones de tiempo con el cronómetro. Para determinar el número de observaciones a realizar resulta conveniente realizar un muestreo del trabajo, método en el cual se aplica el muestreo estadístico. [11]

2.2.3.2. Medida del trabajo

Es una técnica que se basa en la medida del contenido del trabajo en el método que se tiene establecido para la realización de una actividad u operación, tomando en cuenta la fatiga del trabajador y los retrasos personales que no pueden evitarse, ayudando además a establecer los tiempos para la realización de una operación. La medida del trabajo es útil para la investigación, reducción y eliminación, en lo posible, del tiempo improductivo, que es aquel en que no se aumenta valor al producto, sea cual sea la causa. Una vez reconocido este tiempo, se pueden tomar decisiones para eliminarlo o reducirlo. Además de esto, la medida del trabajo fija los tiempos estándares de ejecución de una tarea, que podrían ser utilizados en:

- Evaluar el desempeño del trabajador, comparando la producción real en un periodo de tiempo, comparando con la producción estándar calculada.
- Planificar las necesidades de mano de obra para la producción futura.
- Calcular la capacidad disponible
- Determinar costos de producción mediante los estándares obtenidos
- Evaluar los distintos procedimientos de trabajo, para en base a ello comparar.
- Realización de diagramas de operaciones en base al tiempo
- Establecimiento de incentivos

El procedimiento técnico empleado en calcular el tiempo de ejecución de una tarea consiste en establecer el tiempo estándar, que es el tiempo que necesita un trabajador motivado y cualificado, para realizar la tarea tomándose los descansos concernientes, para recuperarse de la fatiga y para las necesidades personales que se presenten. Para esto, es necesario definir:

- Tiempo de ciclo de la operación (TR): Tiempo que invierte un operario para realizar la tarea encomendada sin tomar en cuenta los tiempos de descanso del operario.
- Factor de ritmo o actividad (FR): Se calcula al comparar el ritmo de trabajo de un operario cualquiera con el de uno capacitado, normal y conocedor de dicha tarea.

- Tiempo normal (TN): Es el tiempo que un operario capacitado, conocedor de la tarea y desarrollándola a un ritmo normal, invertiría en la realización de la tarea objeto de estudio. Su valor es:

$$TN = TR \text{ promedio} \times FR$$

La tabla 1 muestra los factores de calificación de los operarios según Westinghouse.

Tabla 1. Factores de calificación a los operarios Sistema Westinghouse

DESTREZA O HABILIDAD		ESFUERZO O EMPEÑO	
EXTREMA A1	0,15	EXCESIVO A1	0,13
EXTREMA A2	0,13	EXCESIVO A2	0,12
EXCELENTE B1	0,11	EXCELENTE B1	0,1
EXCELENTE B2	0,08	EXCELENTE B2	0,08
BUENA C1	0,06	BUENO C1	0,05
BUENA C2	0,03	BUENO C2	0,02
REGULAR D	0	REGULAR D	0
ACEPTABLE E1	-0,05	ACEPTABLE E1	-0,04
ACEPTABLE E2	-0,1	ACEPTABLE E2	-0,08
DEFICIENTE F1	-0,16	DEFICIENTE F1	-0,12
DEFICIENTE F2	-0,22	DEFICIENTE F2	-0,17
CONDICIONES		CONSISTENCIA	
IDEALES A	0,06	PERFECTA A	0,04
EXCELENTES B	0,04	EXCELENTE B	0,03
BUENAS C	0,02	BUENA C	0,01
REGULARES D	0	REGULARE D	0
ACEPTABLES E	-0,03	ACEPTABLE E	-0,02
DEFICIENTES F	-0,07	DEFICIENTE F	-0,04

Fuente: Westinghouse

- Suplementos de trabajo (K): Periodo de inactividad en el cual el operario realiza paradas en su trabajo para recuperarse de la fatiga producida al realiza la tarea y para atender sus necesidades personales. Existen valores preestablecidos para personas normales en caso de darse paradas por: necesidad fisiológica (entre 5% y 7%), fatiga debido a trabajos ligeros (entre 8% y 15%) y pesados (entre 12% y 40%); así como por motivos especiales (entre 1% y 10%). [11]
- Tiempo estándar: es el tiempo requerido para elaborar un producto dentro de una estación de trabajo con las siguientes condiciones:
 - Un operador calificado y bien capacitado: se adquiere por la experiencia y varía según la persona y el trabajo.

- Trabaja a una velocidad o ritmo normal: solo se aplica un estándar de tiempo para cada trabajo aun cuando las diferencias de los operadores produzcan resultados distintos.

$$Tiempo\ estándar = \frac{Tiempo\ normal}{1 - Suplementos}$$

La tabla 2 muestra los suplementos a considerar para hallar el tiempo estándar.

Tabla 2. Factores de suplementos a los operarios – OIT

1. SUPLEMENTOS CONSTANTES				
	Hombres		Mujeres	
A. Suplementos por necesidades personales	5		7	
B. Suplementos por fatiga	4		4	
2. SUPLEMENTOS VARIABLES				
	H	M	H	M
A. Suplemento por trabajar de pie	2	4	F. Concentración intensa	
B. Suplemento por postura anormal			Trabajos de cierta precisión	0 0
Ligeramente incómoda	0	1	Trabajos precisos o fatigosos	2 2
Incómoda (inclinado)	2	3	Trabajos de gran precisión o muy fatigosos	5 5
Muy incómoda (echado, estirado)	7	7	G. Ruido	
C. Uso de fuerza/energía muscular (Levantar, tirar, empujar) Peso levantado (Kg)			Continuo	0 0
			Intermitente y fuerte	2 2
2,5	0	1	Intermitente y muy fuerte	5 5
5	1	2	Estridente y fuerte	
10	3	4	H. Tensión mental	
25	9	20 máx	Proceso bastante complejo	1 1
35,5	22	-	Proceso complejo o atención dividida en muchos objetos	4 4
D. Mala iluminación			Muy complejo	8 8
Ligeramente por debajo de la potencia calculada	0	0	I. Monotonía	
Bastante por debajo	2	2	Trabajo algo monótono	0 0
Absolutamente ineficiente	5	5	Trabajo bastante monótono	1 1
E. Condiciones atmosféricas (Índice de enfriamiento Kata)			Trabajo muy monótono	4 4
16	0		J. Tedio	
8	10		Trabajo algo aburrido	0 0
4	45		Trabajo bastante aburrido	2 1
2	100		Trabajo muy aburrido	5 2

Fuente: OIT

2.2.4. Herramientas de Registro y Análisis de información

Para el correcto desarrollo de un buen análisis de trabajo, es necesario el uso de herramientas que permitan estudiar las actividades que se realizan, siendo estas:

2.2.4.1. Diagrama de operaciones de proceso (DOP)

Esta herramienta muestra la secuencia cronológica de todas las operaciones, inspecciones, tolerancias en tiempos y materiales usados en un proceso de manufactura, desde la llegada de materia prima hasta el lugar de empaque del producto terminado [10].

2.2.4.2. Diagrama de análisis de proceso (DAP)

El diagrama de análisis de proceso muestra la trayectoria de un producto o un proceso, y hace señal a todos los hechos sujetos a examen mediante su símbolo correspondiente, indicando todas las actividades tanto productivas e improductivas como operación, inspección, espera, transporte y almacenamiento. En la figura 1 se muestran los símbolos estándar a utilizar en este tipo de diagrama, mostrando ejemplos de ello.






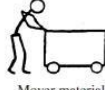



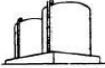










Operación  Un círculo grande indica una operación, como	 Clavar	 Mezclar	 Taladrar orificio
Transporte  Una flecha indica transporte, como	 Mover material mediante un carro	 Mover material mediante una banda transportadora	 Mover material transportándolo (mediante un mensajero)
Almacenamiento  Un triángulo representa almacenamiento, como	 Materia prima en algún almacenamiento masivo	 Producto terminado apilado sobre tarimas	 Archiveros para proteger documentación
Retrasos  Una letra D mayúscula indica un retraso, como	 Esperar un elevador	 Material en un camión o sobre el piso en una tarima esperando a ser procesado	 Documentos en espera a ser archivados
Inspección  Un cuadrado indica inspección, como	 Examinar material para ver si está bien en cuanto a cantidad y calidad	 Leer el medidor de vapor en el quemador	 Analizar las formas impresas para obtener información

Figura 1. Conjunto de símbolos de diagrama de proceso de acuerdo con el estándar ASME

Fuente: Ingeniería Industrial. Métodos, estándares y diseño del trabajo

Las actividades que se presentan dentro de una industria son las siguientes:

- **Operación:** Ocurre cuando se modifican las características de un objeto, o se le agrega algo o se le prepara para otra operación, transporte, inspección o almacenaje. Una operación también ocurre cuando da o se recibe información o se planea algo.
- **Inspección:** Ocurre cuando un objeto o grupo de ellos son examinados para su identificación o para comprobar y verificar la calidad o cualquiera de sus características. Se produce cuando la calidad y cantidad de los artículos son comprobadas, verificadas, revisadas o examinadas, sin que sufra ningún cambio.
- **Transporte:** Se produce cuando un objeto o un grupo de ellos son movidos de un lugar a otro, excepto cuando tales movimientos forman parte de una operación o inspección. Cuando los materiales se almacenan cerca o a menos de un metro del banco o de la máquina donde se efectúa la operación, se considera parte de la operación.
- **Demora:** Ocurre cuando se interfiere el flujo de un objeto o grupo de ellos, con lo cual se retarda el siguiente paso planeado. Se produce cuando las condiciones no permiten o no requieren una ejecución inmediata de la próxima acción planificada.
- **Almacenaje:** Se produce cuando algo permanece en un sitio sin ser trabajado o en proceso de elaboración, en espera de una acción en fecha posterior. El almacenamiento puede ser temporal o permanente.
- **Actividad combinada:** Se presenta cuando se desea indicar actividades conjuntas por el mismo operador en el mismo punto de trabajo. Los símbolos empleados para dichas actividades (operación e inspección) se combinan con el círculo inscrito en el cuadro [10].

2.2.5. Balance de línea

Es una herramienta de control de la producción que permite optimizar las variables que afectan la productividad de proceso, y tiene como objetivo:

- Igualar la carga de trabajo entre trabajadores
- Identificar la operación que asume el cuello de botella
- Establecer la velocidad de la línea de producción
- Determinar un costo por mano de obra
- Establecer la carga de trabajo porcentual a cada trabajador
- Reducir el costo de la producción [12]

La eficiencia de línea se halla en base a la siguiente fórmula:

$$\text{Eficiencia de la línea} = \frac{\Sigma \text{ de tiempos de tareas Total}}{N \text{ de Estaciones de trabajo} \times \text{Tiempo de ciclo}}$$

2.2.6. Sistema Kanban

Este sistema funciona de manera sencilla, donde la señal Kanban (que muchas veces suele ser un pedazo de cartón), enumera las características clave del material al cual está anexada. Se distinguen dos tipos de Kanban:

- Kanban de producción, que indica que y cuanto hay que producir para el proceso posterior.
- Kanban de transporte, que indica que y cuanto hay que retirar del proceso anterior.

El objetivo de la implementación de un sistema Kanban de producción es enviar la orden al proceso precedente para que se elaboren más partes, así, cuando el Kanban de retiro llega a un proceso precedente es casi seguro que encuentre disponible uno o varios contenedores con las partes que habrán de ser tomadas. Los contenedores deben tener la capacidad para albergar la cantidad de piezas suficientes para el procesamiento de todas las partes de los muebles a estudiar, siendo las tarjetas Kanban las que acompañan a los

contenedores, donde el operario de la estación a cargo será quien coloque el Kanban de retiro en un lugar visible en los contenedores y luego los enviará al proceso subsecuente. Antes de mover los contenedores, recogerá el Kanban de producción, este autoriza a la estación de trabajo para elaborar un nuevo lote de partes. El sistema Kanban debe seguir una secuencia de reglas sencillas, pero importantes. Cualquier violación a ellas ocasionará distorsiones en el sistema con el desperdicio correspondiente en materiales y mano de obra.

- Regla 1: El Kanban debe moverse sólo cuando el lote que él describe se haya consumido.
- Regla 2: No se permite el retiro de partes sin un Kanban.
- Regla 3: El número de partes enviadas al proceso subsecuente debe ser exactamente el especificado por el Kanban.
- Regla 4: Un Kanban debe de acompañar siempre a los productos físicos.
- Regla 5: El proceso precedente siempre debe producir sus partes en las cantidades retiradas por el proceso subsecuente.
- Regla 6: Las partes defectuosas nunca deben ser enviadas al proceso subsecuente [14]

2.2.7. Distribución de planta

Su objetivo radica en desarrollar un sistema de producción que permita producir el número planificado de productos con la calidad requerida a bajo costo. Constituye un elemento importante de todo sistema productivo que tenga tarjetas de operación, control de inventarios, manejo de materiales, programación, enrutamiento y despacho, donde todos estos elementos deben estar integrados para cumplir con el objetivo, ya que una mala distribución de plantas genera altos costos de producción. En general, todas las distribuciones de planta representan una combinación de dos distribuciones básicas:

- Distribución por productos, donde la maquinaria se ubica de manera en que el flujo de una operación a la siguiente sea el mínimo.
- Distribución por procesos, que proporciona una apariencia general de limpieza y orden, y promueve una buena economía interna, además de facilitar a un nuevo operador a entrenarse. [15]

2.2.7.1. Diagrama de recorrido

Es un gráfico que muestra al analista la trayectoria por la que pasa el producto a través de una sección de trabajo, contrastado en un plano a escala del lugar de estudio. Representan una gran ayuda para el diagnóstico de problemas relacionados con un determinado sector de la planta. Consiste en una matriz que despliega la magnitud del manejo y flujo de materiales que se lleva a cabo entre dos instalaciones en un determinado periodo.

2.2.7.2. Planeación sistemática de distribuciones (SLP)

Este método tiene como objetivo ubicar áreas con grandes relaciones lógicas y de frecuencia cercanas entre sí, mediante un procedimiento:

- Diagrama de relaciones

En esta etapa se establecen relaciones entre las diferentes áreas, elaborando un diagrama sobre un formato especial llamado diagrama de relaciones, donde se muestra el grado relativo de acercamiento que requiere el proceso entre las diferentes actividades y áreas. Los valores que se les asignan a las relaciones. Los valores que se les asignan a las relaciones en base a vocales que definen la relación. La figura 2 grafica el modelo del diagrama de relaciones.

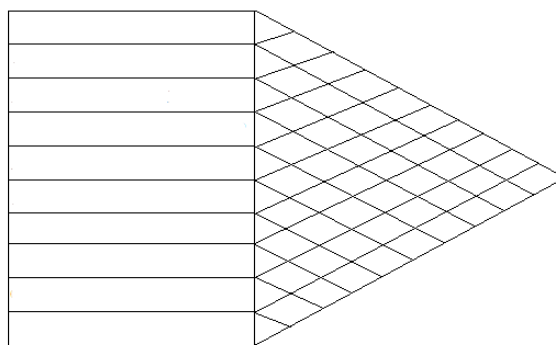


Figura 2. Diagrama de relaciones

Fuente: García [16]






- **Establecer las necesidades de espacio**

Se establece la necesidad de espacio en términos de área, pueden calcularse en base a la necesidad de producción, a partir de áreas existentes o proyectadas para expansiones futuras o establecidas por estándares legales.

- **Diagrama de relaciones entre actividades**

Se grafica una representación visual de las actividades, comenzando por las relaciones absolutamente importantes (A), utilizando cuatro líneas cortas paralelas para conectar las dos áreas. Luego, se procede con las E, utilizando tres líneas paralelas aproximadamente del doble de longitud que las líneas A. Se continúa este procedimiento con las I, O, etc., incrementando de manera progresiva la longitud de las líneas, a la vez que intenta evitar que las líneas se crucen o se enreden. En el caso de relaciones indeseables, las dos áreas se colocan lo más alejadamente posible y se dibuja una línea serpenteante (que representa un resorte) entre ellas. La tabla 3 resume los valores y las gráficas de los valores de relación del SLP.

Tabla 3. Valores de relación del SLP

Relación	Valores más cercanos	Valor	Líneas en el diagrama
Absolutamente necesario	A	4	
Especialmente importante	E	3	
Importante	I	2	
Ordinario	O	1	
Sin importancia	U	0	
No deseable	X	-1	

Fuente: García [16]

- **Elaborar relaciones de espacio en la distribución**

Se elabora una representación espacial escalando las áreas en términos de su tamaño relativo, y después de estar de acuerdo con la distribución se plasma en un plano.

- **Evaluar una distribución alterna**

Se debe analizar las diferentes opciones para poder determinar la mejor solución, identificado factores que se consideren importantes, como la posibilidad de ampliar instalaciones en un futuro, flexibilidad, eficiencia de flujo, manejo de materiales, seguridad, estética, etc. Por último, se selecciona la mejor alternativa y se instala.

2.2.7.3.Método de Guerchet

Es usado para determinar de las áreas de una distribución de planta de manera general y se debe considerar una serie de factores a fin de obtener una estimación del área requerida por área o sección. Este método considera la suma de tres áreas para la determinación del área total:

a) Superficie estática (S_s):

Es el área correspondiente a cada elemento que se va a distribuir en cuanto a máquinas, instalaciones, muebles, etc. El cálculo del área depende de la forma de la máquina, pero normalmente se calcula a partir de la multiplicación de lado por ancho, en base a la fórmula:

$$S_s = L \times A$$

b) Superficie de gravitación (S_g):

Se define como el área reservada para el manejo de la máquina y de los materiales que se están fabricando. Su valor se halla a partir de la multiplicación de la superficie estática (S_s) por el número de lados (N) por los que puede utilizarse la máquina o equipo. Además, aquellas superficies de almacenamiento o stock no deben considerarse la superficie de gravitación. Cuando la máquina o mueble es circular, el número de lados a considerar es 2. Su fórmula es:

$$S_g = S_s \times N$$

c) Superficie de evolución (Se):

Es aquella área reservada para el desplazamiento de los materiales y el personal entre las estaciones de trabajo. Se valor se obtiene mediante la multiplicación de la suma de las superficies estáticas y de gravitación por un coeficiente K que depende del tipo de industria (K varía de 0,7 a 2,5).

$$k = \frac{h}{2h} = \frac{\textit{Elementos que se desplazan}}{\textit{Elementos que no se desplazan}}$$

Donde “h” es la altura promedio de los elementos que se desplazan y los que no.

$$Se = (Ss + Sg) \times k$$

Por ende, el área total para cada área es:

$$\textit{Area total} = (Ss + Sg + Se) \times n$$

Donde “n” representa al número de unidades de cada centro de trabajo (máquinas, muebles, etc). [17]

III. RESULTADOS

3.1. Diagnóstico de la situación actual de la empresa

3.1.1. La empresa

La empresa Edificaciones Metálicas SAVI S.A.C. cuenta con varios años en el mercado, desde el año 2009, dedicándose a la fabricación de mobiliario de metal para el hogar y oficinas, muebles en melamina, soldadura en general y servicio de pintura electrostática. En la actualidad, cuenta con un total de 11 trabajadores, distribuidos por el organigrama mostrada en la figura 3, donde se cuenta con la disposición de 3 operarios fijos en el departamento de producción de melamina e igualmente en el área de metal.

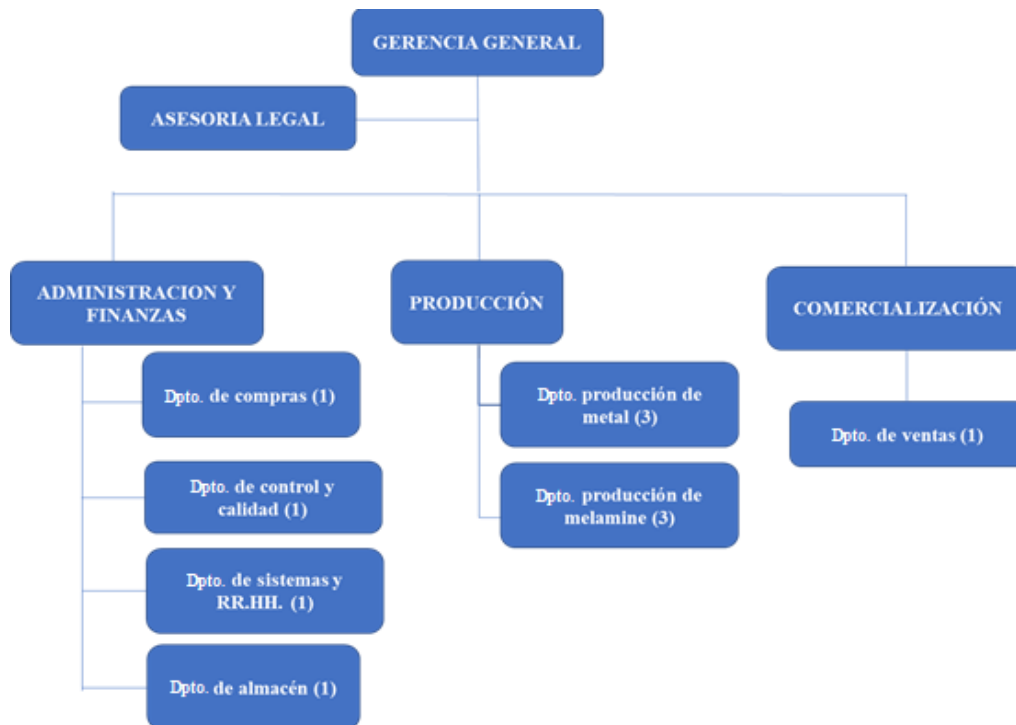


Figura 3. Organigrama de la empresa

Fuente: Edificaciones Metálicas SAVI S.A.C

La empresa se encuentra ubicada en la Prolongación Miguel Grau, Av. Imperio Mz. C Lte. 01 P.J 7 de agosto-La Victoria-Chiclayo, tal y como se muestra en la figura 4.



Figura 4. Ubicación de la empresa

Fuente: Google Maps

Edificaciones Metálicas SAVI S.A.C. tiene establecido:

- **MISIÓN:** Somos una empresa dedicada a la fabricación y comercialización de mobiliario para oficina y el hogar, teniendo como principales clientes a instituciones públicas y privadas a nivel nacional, ofreciéndoles productos de calidad y a buen precio. Buscamos mantener el liderazgo en el mercado, apostando por la innovación; con el compromiso del cuidado del medio ambiente y el bienestar laboral.
- **VISIÓN:** Lograr, a mediano plazo, ser una empresa sólida y reconocida a nivel nacional satisfaciendo las necesidades y expectativas de nuestros clientes, generando empleo y contribuyendo al desarrollo sostenible de la comunidad.

La empresa, además, cuenta con concurrentes clientes particulares, además de brindar servicio para instituciones públicas (Estado peruano), como colegios, universidades, entre otros, trabajando con licitaciones:

- Corte Superior de Justicia de Lima Norte
- Corte Superior de Justicia de La Libertad
- Ministerio Público de Lambayeque
- Universidad Tecnológica del Perú
- Universidad César Vallejo
- Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo
- Universidad Nacional de Trujillo
- Universidad Toribio Rodríguez de Mendoza, entre otros.

Además, la empresa tiene una cartera de proveedores fijos, quienes proporcionan los accesorios, insumos, melamina y metal para el desarrollo de la producción, mostrado en la tabla 4.

Tabla 4. Principales proveedores de la empresa.

PROVEEDORES	RUC	PRODUCTOS	DIRECCIÓN
Tablenorte S.A.C.	20479388998	Melamina	Calle. El Ayllu #149 Lambayeque - Chiclayo - La Victoria
COMERCIAL RC S.A.C.	20131609290	Tubo estructural rectangular, cuadrado, redondo de diferentes medidas y de marca Tupe mesac	Av. Teodoro Valcárcel N° 1093. Libertad – Trujillo.
Representaciones Martín S.A.C.	20306637305	Accesorios: Cola, pegamento, deslizadores, escuadras, film de embalar y silicona New Look.	Pq. Industrial N° K-2 INT. 11 Parcela II Lima - LIMA - Villa el Salvador.
QROMA Corporación Peruana de Productos Químicos S.A. – CPPQ S.A.	20100073723	Pintura al horno en polvo de color negro, plomo y gris.	Av. Cesar Vallejo N° 1851 Zona Cerenza Lima – Lima El Agustino.
Disimpac E.I.R.L.	20552172541	Tapacanto por caja Marca Venezia y Novokor.	Av. Velasco Alvarado Mz N Lote 5 – Lima – Villa el Salvador
Servisteel Ingeniería y Construcción S.A.C.	20601602653	Tubos de diferentes formas y medidas de marca Sider, Aceros Arequipa y Precor.	MZA. 223 LOTE. 09 Z.I. ZIND. Zona Industrial Piura
Moblandino S.A.C.	20130490680	Correderas, escuadras, patines.	Cal. Jean Paul Sartre Nro. 118- Surquillo- Lima

Fuente: Edificaciones Metálicas SAVI S.A.C.

La empresa ofrece una gama de más de 30 productos, de los cuales 19 son trabajados a base de melamina. Se realizó un análisis ABC de la producción de los productos a base de melamina, con respecto a las ventas desde enero a diciembre del 2018, teniendo una producción durante este periodo de 2592 muebles a base de melamina, considerando, además, que el precio de compra de cada uno de los productos ofrecidos tiene un precio de venta mínimo de S/ 80,00, generando una gran cantidad de ingreso para la empresa. Además, el análisis ABC permitió clasificar los productos más importantes para la empresa (Clasificación A), los cuales son: el escritorio modelo lineal, el estante modelo básico y el módulo básico de cómputo, que serán objeto de estudio de la presente investigación. Véase la tabla 5, la clasificación ABC realizada y el correspondiente gráfico pastel en la figura 5.

Tabla 5. Análisis ABC de productos a base de melamina en la empresa Edificaciones Metálicas SAVI S.A.C. Periodo enero-diciembre del 2018

<i>ITEM</i>	<i>Producto</i>	<i>Producción total anual</i>	<i>Precio de venta</i>	<i>Ingreso total</i>	<i>%</i>	<i>% Acumulado</i>	<i>Tipo</i>
1	Escritorio Modelo Lineal	773	S/480	S/371 040	36,40%	36,40%	A
2	Módulo básico de cómputo	481	S/420	S/202 020	19,82%	56,22%	A
3	Estante modelo básico	566	S/350	S/198 100	19,43%	75,65%	A
4	Escritorio modelo L gerencial	105	S/660	S/69 300	6,80%	82,45%	B
5	Mesa modelo Impresora	83	S/660	S/54 780	5,37%	87,82%	B
6	Mesas de reuniones	43	S/420	S/18 060	1,77%	89,59%	B
7	Mesa bipersonal	60	S/270	S/16 200	1,59%	91,18%	B
8	Mesa unipersonales	98	S/160	S/15 680	1,54%	92,72%	B
9	Sofás	26	S/560	S/14 560	1,43%	94,15%	B
10	Armario	17	S/660	S/11 220	1,10%	95,25%	B
11	Pizarras	62	S/150	S/9 300	0,91%	96,16%	C
12	Mesas 3 personas	26	S/330	S/8 580	0,84%	97,00%	C
13	Archivadores	48	S/130	S/6 240	0,61%	97,61%	C
14	Escalera	44	S/140	S/6 160	0,60%	98,22%	C
15	Cajoneras	46	S/110	S/5 060	0,50%	98,71%	C
16	Credanza	38	S/130	S/4 940	0,48%	99,20%	C
17	Mesas vendedoras	37	S/120	S/4 440	0,44%	99,64%	C
18	Mostradores	27	S/80	S/2 160	0,21%	99,85%	C
19	Gabinetes	12	S/130	S/1 560	0,15%	100,00%	C
TOTAL		2592		S/ 1 019 400			

Fuente: Edificaciones Metálicas SAVI S.A.C.

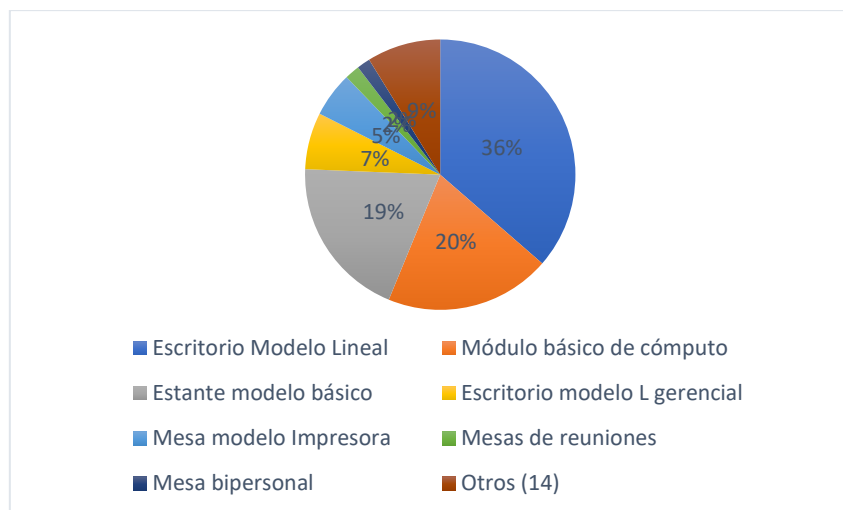


Figura 5. Participación en ventas de melamina
Fuente: Edificaciones Metálicas SAVI S.A.C.

La empresa trabaja con pedidos a licitación en su mayoría, es decir, con pedidos de gran volumen y a un determinado tiempo de entrega. Los operarios deben trabajar horas extra para poder cubrir los pedidos. La empresa corre con gastos en horas extra de trabajo, ya que los pedidos deben ser cumplidos por las licitaciones demandadas. La tabla 6 muestra los días de producción programados para los 3 muebles en los meses del año 2018.

Tabla 6. Días de producción de muebles en estudio en el año 2018

MES	Escritorio modelo lineal		Estante modelo básico		Módulo básico de cómputo	
	Días de producción	Producción en horas de trabajo normales	Días de producción	Producción en horas de trabajo normales	Días de producción	Producción en horas de trabajo normales
Ene	7	36	3	40	3	18
Feb	9	45	3	39	5	30
Mar	10	49	2	28	4	27
Abr	11	54	3	42	5	35
May	16	78	3	42	8	51
Jun	10	51	2	25	4	30
Jul	11	53	3	40	5	28
Ago	9	46	2	27	5	28
Sept	10	52	2	29	5	26
Oct	10	54	3	42	5	30
Nov	9	42	3	38	5	28
Dic	10	52	2	25	2	11
TOTAL	122	612	31	417	56	342

Fuente: Edificaciones Metálicas SAVI S.A.C

3.1.2. Descripción del sistema productivo

El sistema de producción que maneja Edificaciones Metálicas SAVI S.A.C. es intermitente abierto, ya que la producción es flexible al manejar una gran variedad de productos, además de trabajar en su mayoría con licitaciones, donde el cliente requiere productos con medidas personalizadas.

3.1.2.1. Productos

3.1.2.1.1. Descripción del producto

El departamento de melamina cuenta con una diversidad de productos a base de tableros crudos de melamina de 18 mm de espesor, cubierto en sus bordes con una cinta de tapacantos hecha de lámina de melamina que busca proteger al material y darle un mejor acabado. Cabe resaltar, que los 3 muebles estudiados pasan por un proceso similar de producción, variando en el tiempo debido al número de piezas que conforman cada uno de ellos y su proceso de ensamble.

a) Escritorio modelo lineal

El escritorio modelo lineal cuenta con 6 cajones corredizos: 3 de lado izquierdo y 3 de lado derecho. Además, la seguridad de los cajones trabaja con un sistema de enchapado multiseuro, que cumple la función de al girar la llave en cualquiera de las 2 chapas que están ubicadas en los 2 primeros cajones superiores de izquierda y derecha, los tres cajones inferiores correspondientes a cada lado se aseguran de igual modo. En la figura 6, se muestra el escritorio modelo lineal y en la tabla 7, se aprecian las medidas estándar del escritorio modelo lineal.



Figura 6. Escritorio de modelo lineal
Fuente: Edificaciones Metálicas Savi S.A.C.

Tabla 7. Medidas del escritorio modelo lineal

Dimensión	Medida
Alto	0,748 m
Ancho	1,115 m
Fondo	0,6 m

Fuente: Edificaciones Metálicas SAVI S.A.C.

b) Módulo básico de cómputo

El módulo básico de cómputo posee una estructura similar al del escritorio modelo lineal, con la diferencia que solo presenta 3 cajones con enchapado multiseuro, y una repisa deslizante para el uso de teclado de computadora, además de contar con una repisa especial para CPU, que permite su ventilación por la parte trasera. En la figura 7 se puede apreciar un módulo básico de cómputo disponible en la empresa y la tabla 8 detalla las medidas correspondientes.



Figura 7. Módulo básico de cómputo
Fuente: Edificaciones Metálicas Savi S.A.C.

Tabla 8. Medidas de módulo básico de cómputo

Dimensión	Medida
Alto	0,75 m
Ancho	1,20 m
Fondo	0,60 m

Fuente: Edificaciones Metálicas SAVI S.A.C.

c) Estante modelo básico

El estante modelo básico cuenta con 6 repisas simples de melamina (4 interiores y 2 exteriores). Su proceso de producción es simple y emplea menos tiempo e insumos. La base de fondo está constituida por una plancha a base de MDF. En la figura 8, se puede apreciar el estante modelo básico que ofrece la empresa.



Figura 8. Estante modelo básico

Fuente: Edificaciones Metálicas Savi S.A.C.

La tabla 9 detalla las medidas correspondientes a un estante modelo básico estándar.

Tabla 9. Medidas del estante modelo básico

Dimensión	Medida
Alto	2 m
Ancho	0,8 m
Fondo	0,36 m

Fuente: Edificaciones Metálicas SAVI S.A.C.

3.1.2.1.2. Desechos

Los retazos que no son útiles para su próximo uso en la producción de los demás productos, se desecha como un residuo sólido urbano, retazos no reutilizables de tapacantos y polvillo de melamina que genera la etapa de lijado y cortado, representando un porcentaje mínimo dentro de los estándares del sector.



Figura 9. Retazos sobrantes dispersos en la empresa
Fuente: Edificaciones Metálicas SAVI S.A.C.

3.1.3. Recursos del Proceso

3.1.3.1. Materia prima

a) Plancha de melamina

El departamento de melamina, trabaja sus productos en base a melamina, que es proveída por la empresa TABLENORTE S.A.C., y a su vez es almacenada en una repisa, que cumple la función de almacenar las planchas de melamina para su transformación. La melamina es un aglomerado de astillas y restos de bagazo comprimidos, cubiertos por una lámina de melamina, que es un polímero sintético que le da un buen acabado a la superficie de los tableros. En la tabla 10 se muestran las cantidades planchas necesarias para los 3 productos. La empresa trabaja con planchas de melamina de variados colores, con medidas de 243,5 x 214,5 cm.

Tabla 10. Planchas de melamina necesaria para producción por producto

Producto	Cant	Ud. Med	Descripción	P. Unit.	Precio total
Escritorio lineal	1	Pl			S/ 255
Estante modelo básico	0,7	Pl	Melamina Rh De 18 mm Cerezo-Novopan	S/ 255	S/ 178,50
Módulo básico de computo	0,95	Pl			S/ 242,25

Fuente: Edificaciones Metálicas SAVI S.A.C.

b) Tapacantos

Es una cinta gruesa compuesta de lámina de melamina y cumple la función de ocultar los bordes de melamina y mejorar la presencia visual, además de protegerla de que insectos y/o el mismo proceso de producción dañen el material. Las medidas de cinta tapacantos necesarias para la elaboración los 3 muebles estudiados se muestran en las tablas 11,12 y 13. La figura 10 muestra el tipo de tapacanto usado por la empresa.

Tabla 11. Metros de tapacantos para escritorio modelo lineal

Tapacantos				
Cantidad	Unidad de medida	Descripción	P. unitario	PRECIO TOTAL
9,0	m	Canto delgado	S/ 0,50	S/ 4,51
11,5	m	Canto grueso	S/ 1,80	S/ 20,75
TOTAL				S/ 25,26

Fuente: Edificaciones Metálicas SAVI S.A.C.

Tabla 12. Metros de tapacantos para módulo básico de cómputo

Tapacantos				
Cantidad	Unidad de medida	Descripción	P. unitario	PRECIO TOTAL
7,44	m	Canto delgado	S/ 0,50	S/ 6,5
5,08	m	Canto grueso	S/ 1,80	S/ 20,74
TOTAL				S/ 27,24

Fuente: Edificaciones Metálicas SAVI S.A.C.

Tabla 13. Metros de tapacantos para estante modelo básico

Tapacantos				
Cantidad	Unidad de medida	Descripción	P. unitario	PRECIO TOTAL
17,5	m	Canto delgado	S/ 0,50	S/ 8,73
TOTAL				S/ 8,73

Fuente: Edificaciones Metálicas SAVI S.A.C.



Figura 10. Tapacantos maderado
Fuente: Google

3.1.3.2. Materiales

Para la fabricación de los tres muebles a estudiar, son necesarios los materiales mostrados en las tablas 14, 15 y 16 respectivamente, que expone también la cantidad y el costo correspondiente a este.

Tabla 14. Materiales para escritorio modelo lineal

CANT	UN. MED	DESCRIPCIÓN	P. UNIT.	PRECIO TOTAL
50	Un	Tornillos Aster 4*50	S/ 0,04	S/ 2,00
16	Un	Tornillos Aster 4*30	S/ 0,04	S/ 0,64
36	Un	Tornillos Aster 3,5*15	S/ 0,03	S/ 1,08
6	Un	Correderas telescópicas 50 Rodagio	S/ 8,00	S/ 48,00
6	Un	Jaladores de acero 9,6	S/ 1,50	S/ 9,00
12	Un	Estoboles	S/ 0,13	S/ 1,56
2	Un	Chapa trampa de 2 llaves Rodagio	S/ 5,00	S/ 10,00
6	Un	Deslizadores U	S/ 0,07	S/ 0,42
40	Un	Tapa tornillos	S/ 0,02	S/ 0,80
0,07	Pl	MDF MASISA	S/ 42,00	S/ 2,92
TOTAL				S/ 73,50

Fuente: Edificaciones Metálicas SAVI S.A.C.

Tabla 15. Materiales para el módulo básico de cómputo

CANT	UN. MED	DESCRIPCIÓN	P. UNIT.	PRECIO TOTAL
50	Un	Tornillos Aster De 4*50	S/ 0,04	S/ 2,00
16	Un	Tornillos Aster 4*30	S/ 0,04	S/ 0,64
36	Un	Tornillos Aster 3,5*15	S/ 0,03	S/ 1,08
3	Un	Correderas Telescopicas 45 Rodagio	S/7,00	S/ 21,00
3	Un	Jaladores De Acero 9,6	S/ 1,50	S/ 4,50
6	Un	Estoboles	S/0,13	S/ 0,78
1	Un	Chapa Trampa de 2 llaves Rodagio	S/5,00	S/ 5,00
1	Juegos	Correderas Telescopicas 30 Rodagio	S/4,00	S/ 4,00
6	Un	Deslizadores U	S/0,07	S/ 0,42
40	Un	Tapa Tornillos	S/0,02	S/ 0,80
0,06	Pl	MDF MASISA	S/42,00	S/ 2,52
TOTAL				S/ 40,22

Fuente: Edificaciones Metálicas SAVI S.A.C.

Tabla 16. Materiales para estante modelo básico

CANT	UN. MED	DESCRIPCIÓN	P. UNIT.	PRECIO TOTAL
43,00	Un	Tornillos Aster 4*50	S/ 0,04	S/ 1,72
16,00	Un	Tornillos Aster 4*30	S/ 0,04	S/ 0,64
36,00	Un	Tornillos Aster 4*20	S/ 0,03	S/ 1,08
4,00	Un	Tornillos Aster 3.5*15	S/ 0,03	S/ 0,12
4,00	Un	Deslizadores U	S/ 0,07	S/ 0,28
0,14	Pl	MDF MASISA	S/ 42,00	S/ 6,00
43,00	Un	Tapa Tornillos	S/ 0,02	S/ 0,86
TOTAL				S/ 10,70

Fuente: Edificaciones Metálicas SAVI S.A.C.

3.1.3.3. Maquinaria

- **Cortadora Xenia 30 Casadei Macchine**

La cortadora Xenia 30 tiene como base un tablero de mesa deslizante automático, que, con ayuda del operario, corta con sierras inclinables compuestas de hierro fundido. La

máquina funciona de manera rápida y no es necesario un tiempo de preparación para su uso, sin embargo, es necesaria la intervención del operario en todo momento, tanto al calibrar y cortar. Tiene una capacidad para cortes de planchas de melamina de hasta 3200 x 3200 mm y cuenta con un rodillo inactivo que facilita la carga de grandes planchas. La guía transversal se puede inclinar hacia arriba a 45 °. La cortadora además garantiza un rápido ajuste gracias a su pantalla digital electrónica, en el momento que se requiera hacer una parada en la operación de corte. La ficha técnica correspondiente a ella se puede apreciar en la tabla 17.

Tabla 17. Especificaciones técnicas de la cortadora Xenia 30

Datos técnicos	Medida
Diámetro máximo de la hoja de sierra	315 mm
Diámetro de la cuchilla de puntuación	120 mm
Max. proyección de la hoja de sierra a 90 ° / 45 °	100/70
Velocidad de rotación de la hoja de sierra RPM	4000
Velocidad de rotación de la cuchilla de puntuación RPM	8500
Potencia del motor de la hoja de sierra (HP) (S6-40%)	5 kW
Potencia del motor de la cuchilla de puntuación (HP) (S6-40%)	0,9 kW
Capacidad de corte	1270 mm
Longitud de mesa deslizante	3,35 m



Fuente: Casadei macchine [18]

- **Aspirador Woodman DE-203/1MONOFÁSICO 3HP**

Tanto para el uso de la cortadora Xenia 30 como para la enchapadora de cantos lineal, es necesario el uso de un aspirador que contenga los restos de virutas propias del procesamiento de la melamina y el MDF. La empresa cuenta con 2 aspiradores, correspondientes a la cortadora y la enchapadora de cantos lineal. A continuación, la tabla 18 muestra las características técnicas del aspirador de polvo.

Tabla 18. Especificaciones técnicas del aspirador de polvo

Datos técnicos	Medida
Elevado poder de absorción. Ideal para su utilización en la aspiración de viruta, aserrin, polvo, etc, en trabajos de carpintería	
Potencia de motor	3 HP (2,23 kW)
N de sacos de tela	2
2 conexiones	Ø 100 mm
Caudal aspirable	2500 m ³ / h
Ventilador (metal)	300 mm
Diámetro boca de aspiración	125 mm
Peso	50 kg



Fuente: Woodman

- **Enchapadora de cantos lineal Pro 515 Air Flow Cehisa**

La enchapadora es una máquina semi-automatizada, que a través de rodillos traslada la pieza a cantar y realiza su labor, siendo necesaria la presencia de un operario para el acondicionamiento de las piezas para dicho procesamiento. La ficha técnica de la máquina se puede apreciar en la tabla 19.

Tabla 19. Ficha técnica de la enchapadora de cantos

Datos técnicos	Medida
Espesor de canto mín/máx	0,4 cm - 3 cm
	Listón 8 mm (alimentación manual) alimentación automática opcional
Longitud mín. panel	120 mm
Ancho mín. de tablero	75 mm (60mm opcional)
Velocidad de rotación de herramientas	12000 rpm
Velocidad de avance	14 m/mi (9 m/mi con ribeteador)
Presión de aire requerida	6-7 bar
Potencia total instalada	9,75 kW
Dimensiones	5,4 x1,2x1,44



Fuente: Cehisa

- **Compresor vertical FUTURA 227/10/30 V**

El compresor se encuentra conectado a la enchapadora de cantos lineal y a la cortadora Xenia 30, ya que las dos máquinas disponen de ella. La tabla 20 detalla las características técnicas de la compresora de aire vertical.

Tabla 20. Ficha técnica del compresor de aire vertical

Datos técnicos	Medida
Potencia	2 HP (1,5 kW)
Presión máx. (Bar)	10 Bar
Calderín (litros)	10-30 L.
Alimentación	Monofásica
Caudal (litros/min)	200-300
Peso	19,8 kg
Alimentación	230V/Mono/50Hz



Fuente: Belsaibelsa [19]

3.1.3.4. Mano de obra

El departamento de melamina cuenta con 3 trabajadores en la línea de producción de melamina, los cuales se encuentran distribuidos en un puesto de trabajo cada uno. La tabla 21 detalla algunos datos de los operarios.

Tabla 21. Características de los operarios

Estación	Operario	Nivel de instrucción	Tiempo laborando en la empresa
Estación de corte	D. R.	Secundaria completa	4 años
Estación de canteado	M. L.	Secundaria completa	4,5 años
Estación de armado	O. C.	Secundaria completa	5 años

Fuente: Edificaciones Metálicas SAVI S.A.C

- **Operario de corte**

Se encarga de trasladar las planchas de melamina y MDF a la máquina de corte, después de seleccionarlas según el requerimiento. A continuación, realiza el corte de la plancha según las medidas correspondientes a la hoja de instrucción brindada por

administración. Se considera un experto en su trabajo por los años de experiencia que posee y por ende las actividades repetitivas del puesto de corte, sin embargo, no es calificado.

- **Operario de canteado**

Transporta las piezas una vez cortadas hacia su estación de trabajo, insertando las piezas en la máquina canteadora, y luego procede a darles un acabado con la lija. De igual manera, se considera un experto en su labor por los años de experiencia que lo respaldan, sin embargo, no es calificado.

- **Operario de armado**

Transporta las piezas lijadas y cortadas hacia su mesa de trabajo, y procede a realizar el armado del mueble. También se encarga de llevar el mueble terminado al área denominada producto terminado. Se considera un experto en su trabajo por los años de experiencia que posee.

3.1.4. Descripción del proceso de producción

Cuando se recepciona un requerimiento por parte del área administrativa al departamento de melamina, son descritas las dimensiones requeridas por el cliente y se sigue el siguiente proceso:

- **Selección de plancha de melamina**

El operario se dirige al almacén de materia prima que es una repisa de metal donde se encuentra la melamina en filas, donde selecciona la plancha de melamina a utilizar según el color requerido y de igual manera el fondo MDF. La figura 11 muestra la repisa que contiene a las planchas de melamina.



Figura 11. Almacén de melamina y planchas MDF

Fuente: Edificaciones Metálicas SAVI S.A.C

- **Corte de piezas de melamina y MDF**

El operario corta un espesor delgado correspondiente a los bordes de la plancha de melamina debido a algunas imperfecciones propias de la plancha adquirida. El corte de la plancha consiste en una lectura detenida de la hoja de corte proporcionada por administración, que contiene las medidas exactas a cortar según el requerimiento de las dimensiones del mueble, optimizando así el corte en cuanto a aprovechamiento de la plancha. El operario procede a cortar la plancha de melamina, calibrando la cortadora según la medida que requiere de cada pieza, descargándola en cuanto realiza el corte. Una vez obtenidas las piezas grandes, el operario debe buscar las piezas para realizar el corte de piezas pequeñas, midiéndolas con una wincha. De igual manera ocurre con la plancha MDF, siendo cortada posteriormente. La figura 12 muestra al operario de corte realizando la actividad propia.



Figura 12. Corte de piezas

Fuente: Edificaciones Metálicas SAVI S.A.C

Como se observa, el operario de corte no hace uso de equipos de protección personal, a pesar de encontrarse expuesto a los riesgos generados por el uso propio de la máquina, incumpliendo con la norma de seguridad y salud en el trabajo y exponiéndose a posibles accidentes.

- **Canteado de piezas**

La máquina canteadora tiene un tiempo de preparación de una hora aproximadamente, ya que el pegamento que se aplica al tapacantos debe calentar lo suficiente para su uso. El operario debe transportar las piezas cortadas hacia la canteadora, teniendo que regresar por ellas en varias ocasiones por el número de piezas a manufacturar. En primer lugar, la máquina canteadora debe ser cargada con rollos de tapacantos, según lo que requiera la pieza, donde el operario debe ir en busca del tapacantos necesario. El operario procede a buscar las piezas correspondientes al tapacanto grueso, ingresándolo a la máquina. El canteado solo se realiza a los lados visibles de las piezas en el producto terminado, siendo necesario en algunas piezas, volver a ser pasadas por la máquina según el número de lados expuestos. Una vez concluido el canteado a la pieza, se verifica que se haya colocado de manera correcta, de no ser así se retira el tapacantos antes de que se seque el pegamento y se reingresa a la máquina. Luego, con papel de lijar se perfeccionan los acabados de las piezas recién canteadas, dándoles una breve limpieza.

- **Armado**

Posteriormente, el operario de armado procede a recoger las piezas canteadas y lijadas para su ensamble desde la estación de canteado. Para ello, el operario debe recoger las piezas y regresar por las restantes un número determinado de veces, dependiendo el número de piezas por producto. Con frecuencia, durante el transporte de piezas, el operario suele distraerse con otras actividades no propias del proceso de producción. Además, para el recojo de los insumos necesarios para el armado, el operario debe transportarse a el almacén de insumos, y esperar a que la encargada de almacén le haga entrega de los insumos para armar el mueble. Las piezas son ensambladas mediante el uso de insumos (tornillos, correderas, deslizadores) y las piezas de MDF ya cortadas. Para el caso de los tres muebles en estudio,

el proceso de armado es distinto. La figura 13 muestra al operario armando un lateral correspondiente al escritorio modelo lineal.



Figura 13. Armado de laterales
Fuente: Edificaciones Metálicas SAVI S.A.C

En su mayoría, los transportes realizados en el proceso de los tres muebles por parte de los operarios, se debe a que el operario debe ir y regresar por las piezas cortadas o canteadas, para su posterior procesamiento ya sea en máquina canteadora o el armado del mueble, presentado también distracciones entre esos transportes, extendiendo los tiempos designados para el transporte en sí.

La figura 14 grafica el diagrama de bloques general de producción de un mueble, teniendo en consideración que los tres productos llevan la misma secuencia de producción (la diferencia se presenta en los tiempos en cortado, canteado y ensamble).

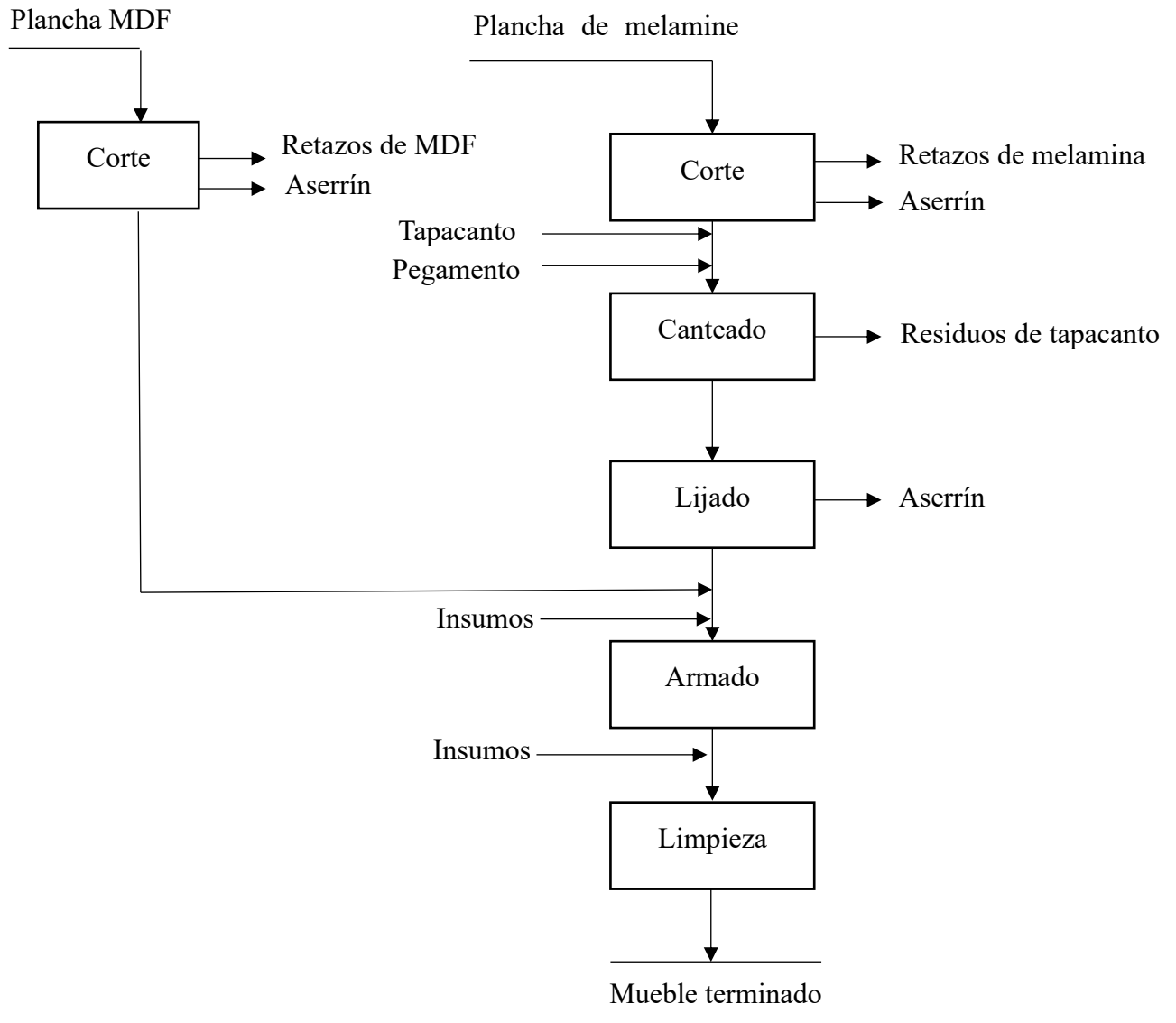


Figura 14. Diagrama de bloques general

Fuente: Edificaciones Metálicas SAVI S.A.C.

3.1.5. Análisis del diseño de trabajo

Para realizar el estudio de la estructura de las actividades realizadas se debe cuantificar el tiempo empleado para ello, determinando el tiempo correspondiente a las actividades que no añaden valor al producto debido al mal diseño del proceso y/o el método. Para ello, se efectuarán las siguientes etapas:

- Estudio de métodos: Identificando y analizando las actividades que conllevan la producción del escritorio modelo lineal, el estante modelo básico y el módulo básico de cómputo, incluyendo aquellas actividades denominadas: operación, inspección, demoras, transporte y almacenamiento.
- Estudio de tiempos: Una vez identificadas y analizadas las actividades que conllevan a la producción de los muebles en estudio, se procede a la medición del trabajo mismo en cuanto a tiempo. Identificando los tiempos promedio que debe toma a un operario realizar las actividades que corresponden a su puesto bajo condiciones normales.

3.1.5.1.Procedimiento del estudio de tiempos de la línea de producción

Para realizar el estudio de tiempos se hará uso de procedimientos gráficos que ayudarán a mostrar una descripción sistemática del proceso a detalle, para así poder luego plantear las mejoras de la investigación. Para ello se hará uso de diagramas de operación de proceso, que permitirá identificar las actividades que agregan valor al producto, como operaciones en sí, inspecciones y operaciones combinadas, además, se hará uso también de diagramas de análisis de proceso, mostrando así aquellas actividades que añaden y no valor al producto. Para realizar el estudio de tiempos se hizo uso de un cronómetro digital. El tamaño de la muestra se determinará bajo criterio de la tabla de General Electric Company, mostrado en el libro de Caso [11]. Gracias a la tabla se determina el número de ciclos de observación del proceso, según la muestra preliminar para determinar el tiempo, mostrada en la tabla 22.

Tabla 22. Determinación de número de muestra según General Electric

Tiempo de ciclo (Min)	Número recomendado de muestras
0,1	200
0,25	100
0,5	60
0,75	40
1	30
2	20
2 a 5	15
5 a 10	10
10 a 20	8
20 a 40	5
40 a más	3

Fuente: Caso [11]

3.1.5.2. Estudio de tiempos

Al realizar una muestra preliminar de los tiempos del proceso de producción de los muebles en estudio, se determinó que se registrarán 3 muestras de ciclo observados, en diferentes horas de trabajo de los operarios, confirmando el número de muestra seleccionado para el proceso de producción de los tres muebles en estudio. Las tablas 23, 24 y 25, muestran los tiempos recolectados del escritorio modelo lineal, el estante modelo básico y el módulo básico de cómputo respectivamente.

Tabla 23. Muestra de ciclos observados para el escritorio modelo lineal

Actividades del proceso	Ciclo observado (min)			ΣXi (min)	Tiempo prom. (TP)
	1	2	3		
A. Selección de plancha de melamina	0,75	0,83	0,77	2,35	0,78
B. Transporte de plancha de melamina cortadora	0,93	0,83	0,78	2,55	0,85
C. Transporte de plancha MDF	1,85	1,92	2,02	5,78	1,93
D. Corte de piezas de melamina	34,62	34,33	34,82	103,77	34,59
E. Corte de piezas MDF	3,65	3,73	3,52	10,90	3,63
F. Transporte de piezas a canteadora	2,42	2,23	2,33	6,98	2,33
G. Transporte a almacén de tapacantos	1,63	1,30	1,48	4,42	1,47
H. Canteado y lijado de piezas	52,47	52,60	52,18	157,25	52,42
I. Transporte de piezas a mesas de ensamble	5,75	6,85	6,68	19,28	6,43
J. Transporte de piezas MDF a armado	2,32	2,37	2,15	6,83	2,28
K. Transporte de almacén de insumos	0,60	0,50	0,52	1,62	0,54
L. Espera para despacho de insumos	5,68	4,93	5,33	15,95	5,32
M. Armado y limpieza	88,58	89,38	89,48	267,45	89,15
N. Transporte a almacén o lugar de entrega	3,52	3,17	4,97	11,65	3,88
TOTAL	204,77	204,98	207,03	616,78	205,59

Fuente: Edificaciones Metálicas SAVI S.A.C.

Tabla 24. Muestra de ciclos observados para el estante modelo básico

Actividades del proceso	Ciclo observado (min)			ΣX_i (min)	Tiempo prom. (TP)
	1	2	3		
A. Selección de plancha de melamina	0,77	0,83	0,75	2,35	0,78
B. Transporte plancha de melamina a cortadora	1,08	0,92	0,97	2,97	0,99
C. Transporte de plancha MDF	0,78	0,82	0,88	2,48	0,83
D. Corte de piezas de melamina	8,53	8,33	8,07	24,93	8,31
E. Corte de piezas MDF	0,72	0,68	0,70	2,10	0,70
F. Transporte de piezas a canteadora	1,35	1,25	1,33	3,93	1,31
G. Canteado y lijado de piezas	17,05	16,57	16,97	50,58	16,86
H. Transporte de piezas a mesas de ensamble	4,27	4,38	4,08	12,73	4,24
I. Transporte de piezas MDF a armado	1,62	1,33	1,50	4,45	1,48
J. Transporte de almacén de insumos	0,55	0,50	0,60	1,65	0,55
K. Espera para despacho de insumos	4,27	4,77	4,73	13,77	4,59
L. Armado y limpieza	30,32	31,38	29,70	91,40	30,47
M. Transporte a almacén o lugar de entrega	2,23	2,42	2,00	6,65	2,22
TOTAL	73,53	74,18	72,28	220,00	73,33

Fuente: Edificaciones Metálicas SAVI S.A.C.

Tabla 25. Muestra de ciclos observados para el módulo básico de cómputo

Actividades del proceso	Ciclo observado (min)			$\sum X_i$	Tiempo prom. (TP)
	1	2	3	(min)	
A. Selección de plancha de melamina	0,63	0,80	0,68	2,12	0,71
B. Transporte plancha de melamine a cortadora	0,93	1,02	0,83	2,78	0,93
C. Transporte de plancha MDF	1,13	1,17	1,12	3,42	1,14
D. Corte de piezas de melamina	25,55	24,80	24,93	75,28	25,09
E. Corte de piezas MDF	2,33	2,43	2,37	7,13	2,38
F. Transporte de piezas a canteadora	2,62	2,33	2,50	7,45	2,48
G. Transporte a almacén de tapacantos	1,67	1,48	1,52	4,67	1,56
H. Canteado y lijado de piezas	43,20	43,78	42,78	129,77	43,26
I. Transporte de piezas a mesas de ensamble	5,17	4,97	5,48	15,62	5,21
J. Transporte de piezas MDF a armado	2,42	2,30	2,33	7,05	2,35
K. Transporte de almacén de insumos	0,46	0,56	0,80	1,82	0,61
L. Espera para despacho de insumos	4,97	4,67	4,85	14,48	4,83
M. Armado y limpieza	69,25	69,20	69,32	207,77	69,26
N. Transporte a almacén o lugar de entrega	3,50	3,42	3,33	10,25	3,42
TOTAL	163,83	162,93	162,85	489,60	163,20

Fuente: Edificaciones Metálicas SAVI S.A.C.

Según los tiempos registrados en las tablas 23, 24 y 25, el tiempo promedio del ciclo del proceso para el escritorio modelo lineal, el estante modelo básico y el módulo básico de cómputo es de 205,59 min, 73,33 min y 163,2 min, respectivamente. Estos tiempos determinados por la muestra se encuentran dentro del rango mostrado en la tabla 22, de acuerdo con General Electric Company, siendo superior a 40 min el tiempo de proceso en

los 3 muebles, con un número de muestra recomendado de 3 ciclos, confirmando así que las observaciones realizadas en el estudio preliminar son las necesarias.

3.1.6. Análisis del proceso

Para el análisis de las actividades descritas anteriormente, se utilizarán herramientas gráficas de proceso, tales como diagramas de operaciones, diagramas de análisis de proceso y diagramas de recorrido para el análisis cada una de las actividades que ocurren en el proceso productivo de los 3 muebles en estudio, tomando para ello los tiempos promedio de las muestras halladas en las tablas 23, 24 y 25. Por último, se analizará a detalle estas actividades mediante un cursograma analítico de procesos de las 3 actividades correspondientes del proceso de producción: corte, canto y armado.

3.1.6.1. Escritorio modelo lineal

3.1.6.1.1. Diagrama de operaciones de proceso

El diagrama de operaciones de proceso muestra las actividades, inspecciones y operaciones combinadas de manera ordenada en un gráfico, este puede observarse en la figura 15 con respecto a la producción del escritorio modelo lineal, con los tiempos respectivos ya registrados en la tabla 23.

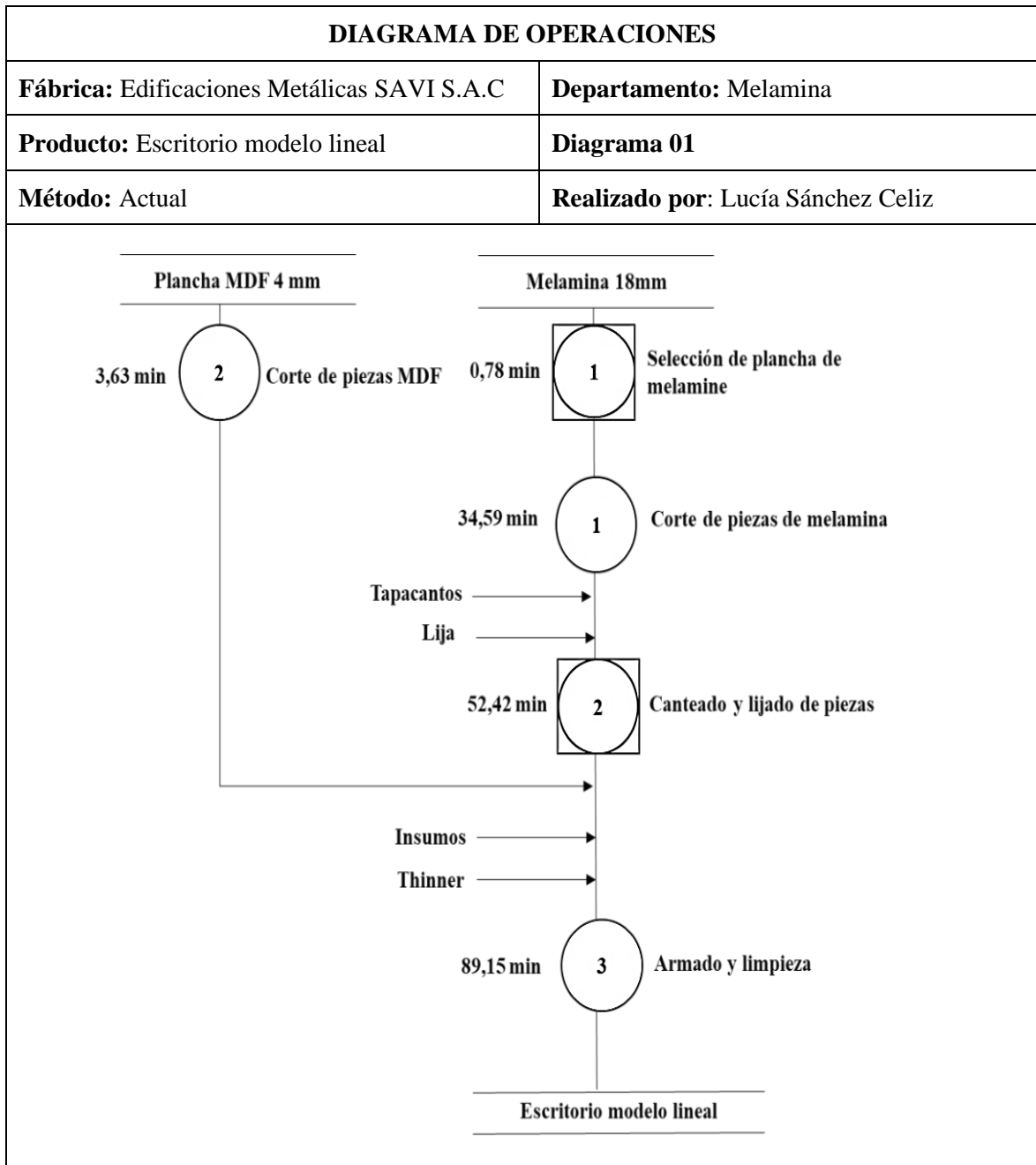


Figura 15. Diagrama de operaciones de procesos para el escritorio modelo lineal
Fuente: Edificaciones Metálicas SAVI S.A.C.

La tabla 26 muestra las actividades productivas en cuestión de porcentajes, contando con 3 operaciones y 2 actividades combinadas de operación e inspección con un tiempo total de 127,37 min y 53,20 min respectivamente.

Tabla 26. Cuadro resumen de diagrama de operaciones escritorio modelo lineal

Símbolo	Actividad	Cantidad	Tiempo (min)	%
○	Operación	3	127,37	70,54%
□	Inspección	-	-	-
◻	Combinada	2	53,20	29,46%
TOTAL			180,57	100,00%

Fuente: Edificaciones Metálicas SAVI S.A.C.

3.1.6.1.2. Diagrama de análisis de proceso

A partir de los tiempos recolectados y mostrados en la tabla 23, la figura 16 muestra el diagrama de análisis del proceso del escritorio modelo lineal, considerando todas las actividades realizadas en el proceso, tanto las que agregan valor al producto como las que no.

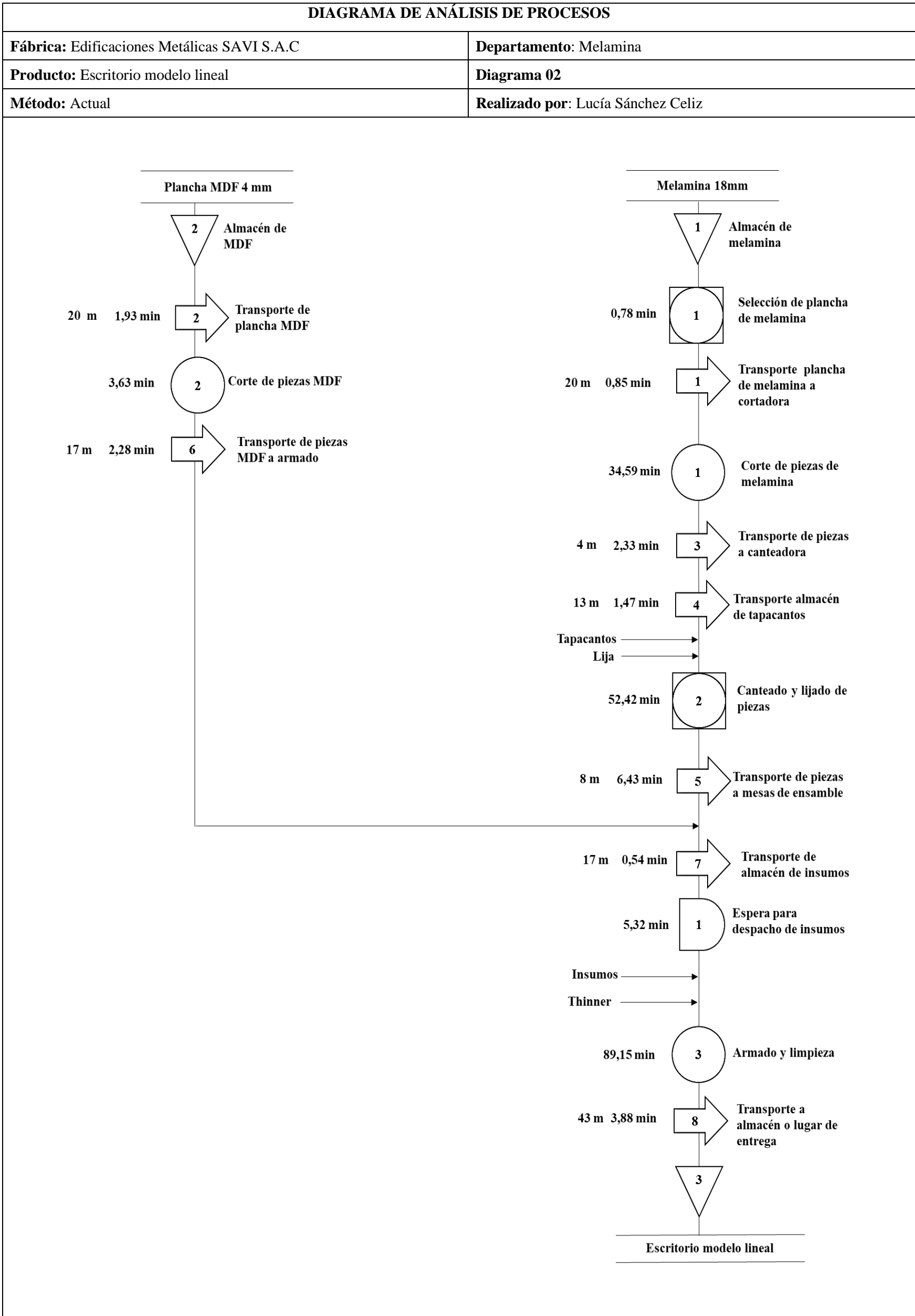


Figura 16. Diagrama de análisis de proceso del escritorio modelo lineal

Fuente: Edificaciones Metálicas SAVI S.A.C.

A partir de la figura 16, el cuadro resumen del diagrama de análisis de proceso del escritorio modelo lineal se muestra en la tabla 27, contando con un total de 3 operaciones sumando un tiempo promedio de 127,37 min, 2 combinadas con un tiempo promedio de 53,20 min, ocupando un porcentaje de actividades del 61,95 % y 25,88 % respectivamente. Las actividades que no generan valor al producto tienen un tiempo de 19,71 min en promedio de transportes y 5,32 min de espera, representando un porcentaje de 9,6 % y 2,6 % respectivamente, además de tener 3 actividades de almacenamiento propio del proceso.

Tabla 27. Cuadro resumen de diagrama de análisis de proceso escritorio modelo lineal

Símbolo	Actividad	Cantidad	Tiempo (min)	%
○	Operación	3	127,37	61,95%
□	Inspección	-	-	-
◻	Combinada	2	53,20	25,88%
⇒	Transporte	8	19,71	9,58%
D	Espera	1	5,32	2,59%
▽	Almacenamiento	3	-	-
TOTAL			205,59	100,00%

3.1.6.1.3. Diagrama de recorrido

La figura 17 muestra el diagrama de recorrido del proceso de producción del escritorio modelo lineal, de acorde con las actividades mencionadas en el diagrama de análisis de proceso.

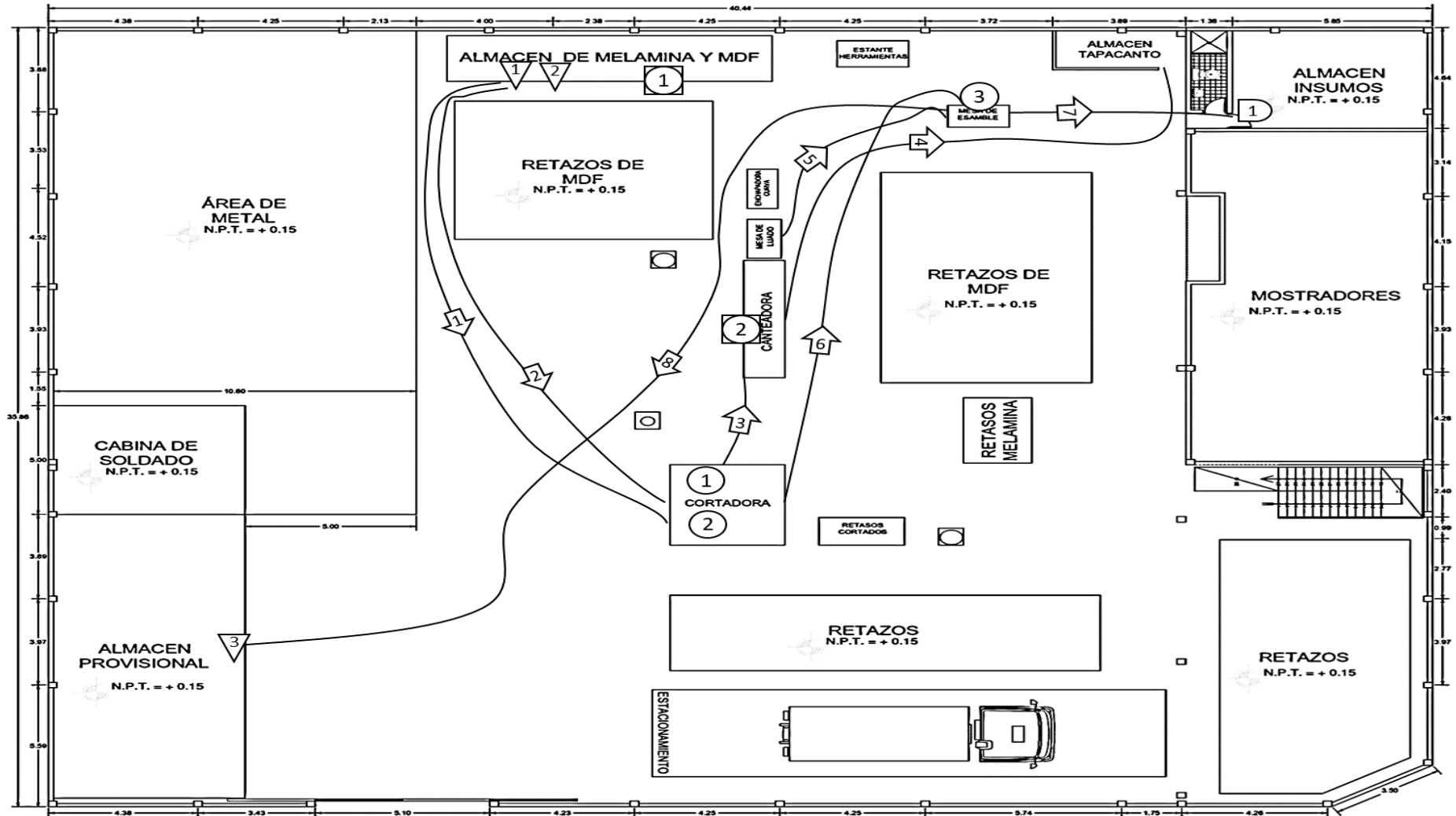


Figura 17. Diagrama de recorrido de proceso del escritorio modelo lineal

Fuente: Edificaciones Metálicas SAVI S.A.C.

3.1.6.1.4. Cursograma analítico de procesos

Con el fin de profundizar el estudio de tiempos en cuanto al trabajo realizado por cada operario, se analizó un cursograma analítico de procesos detallando las actividades a detalle en la producción del escritorio modelo lineal. La figura 18 muestra el cursograma analítico de procesos de la operación de corte, que precede desde el corte de acondicionamiento de la pieza de melamina hasta la descarga de piezas cortadas.

CURSOGRAMA ANALÍTICO DE PROCESOS						
Fábrica: Edificaciones Metálicas SAVI S.A.C			Departamento: Melamina			
Producto: Escritorio modelo lineal			Diagrama 03			
Método: Actual			Realizado por: Lucía Sánchez Celiz			
Estación: Corte			Operario: D. R.			
Descripción de actividades	●→■▼	T1	T2	T3	Tiempo promedio (min)	
Almacen de melamina y MDF						
Selección de plancha de melamina	●	0,75	0,83	0,77	0,78	
Transporte de plancha MDF	●	0,93	0,83	0,78	0,85	
Transporte de plancha MDF	●	1,85	1,92	2,02	1,93	
Corte de acondicionamiento	●	1,12	1,30	1,08	1,17	
Lectura de orden	●	5,68	5,57	5,67	5,64	
Búsqueda de pieza	●	4,08	3,82	4,13	4,01	
Corte de plancha melamina	●	0,10	0,12	0,12	0,11	
Calibrado	●	11,22	11,17	11,27	11,22	
Corte	●	6,02	6,18	6,13	6,11	
Descarga pieza	●	6,40	6,18	6,42	6,33	
Lectura de orden	●	0,67	0,72	0,70	0,69	
Corte plancha de MDF	●	0,13	0,12	0,13	0,13	
Calibrado	●	1,42	1,48	1,37	1,42	
Corte	●	0,77	0,80	0,80	0,79	
Descarga pieza	●	0,67	0,62	0,52	0,60	
TOTAL		41,80	41,65	41,90	41,78	

Figura 18 . Cursograma analítico de proceso del escritorio modelo lineal-operario de cortado

Fuente: Edificaciones Metálicas SAVI S.A.C.

El total de tiempo de proceso en la estación de corte de piezas es de 41,78 min en promedio para el escritorio modelo lineal. A continuación, se muestra la tabla resumen del cursograma analítico de la estación de corte

**Tabla 28. Cuadro resumen del cursograma analítico -Escritorio modelo lineal
Operación de corte**

ACTIVIDAD	CANTIDAD	TIEMPO (MIN)	% TOTAL	
			A. productivas	A. improductivas
Operaciones	10	28,7	68,59%	
Transporte	2	2,8		6,65%
Inspección	3	10,3	24,76%	
Esperas	0	0,0		0,00%
Almacenamiento	1	0,0	0,00%	
TOTAL	16	41,78	93,35%	6,65%

Fuente: Edificaciones Metálicas SAVI S.A.C.

A continuación, la figura 19 muestra el cursograma analítico de procesos de las actividades que realiza el operario de canteado, que precede desde el transporte de piezas cortadas a la máquina canteadora hasta el lijado de piezas canteadas. El total de tiempo de proceso para el operario de canteado es de 56,22 min en promedio para el escritorio modelo lineal. Posteriormente, se muestra la tabla resumen del cursograma analítico del operario de canteado.

CURSOGRAMA ANALÍTICO DE PROCESOS						
Fábrica: Edificaciones Metálicas SAVI S.A.C			Departamento: Melamina			
Producto: Escritorio modelo lineal			Diagrama 04			
Método: Actual			Realizado por: Lucía Sánchez Celiz			
Estación: Canteado			Operario: M. L.			
Descripción de actividades		● → ■ ▽	T1	T2	T3	Tiempo promedio (min)
Transporte a almacén de tapacantos		●	1,63	1,30	1,48	1,47
Transporte de piezas a canteadora		●	2,42	2,23	2,33	2,33
Programación para cinta tapacanto gruesa		●	0,93	0,67	0,77	0,79
Búsqueda de pieza		●	0,72	0,68	0,68	0,69
Canteado de piezas con tapacanto grueso	Acondicionar lado a cantar	●	2,75	2,90	2,68	2,78
	Canteado de pieza	●	5,47	5,63	5,72	5,61
	Inspección	●	2,97	3,02	2,90	2,96
	Despacho de pieza	●	2,98	2,88	2,93	2,93
Cambio a tapacanto delgado		●	0,93	0,82	0,95	0,90
Búsqueda de pieza		●	4,20	4,15	3,97	4,11
Canteado de piezas con tapacanto delgado	Acondicionar lado a cantar	●	4,90	4,87	4,82	4,86
	Canteado de pieza	●	12,13	12,03	12,22	12,13
	Inspección	●	5,28	5,23	5,17	5,23
	Despacho de pieza	●	5,28	5,45	5,55	5,43
Lijado de piezas		●	3,92	4,27	3,83	4,01
TOTAL			56,52	56,13	56,00	56,22

Figura 19. Cursograma analítico de proceso del escritorio modelo lineal-operario de canteado y lijado

Fuente: Edificaciones Metálicas SAVI S.A.C.

Tabla 29. Cuadro resumen del cursograma analítico del escritorio modelo lineal - operación de canteado y lijado

RESUMEN DEL MÉTODO ACTUAL				
ACTIVIDAD	CANTIDAD	TIEMPO (MIN)	% TOTAL	
			A. productivas	A. improductivas
Operaciones	9	39,4	70,1%	
Transporte	2	3,8		6,8%
Inspección	4	13,0	23,1%	
Esperas	0	0,0		0,0%
Almacenamiento	0	0,0	0,0%	
TOTAL	15	56,22	93,24%	6,76%

Fuente: Edificaciones Metálicas SAVI S.A.C.

La figura 20 y muestra el cursograma analítico de procesos de la operación de armado, que precede desde el trazado de piezas canteadas y lijadas hasta la limpieza de esta. El total de tiempo de proceso para la operación de armado es de 89,15 min en promedio para el escritorio modelo lineal.

CURSOGRAMA ANALÍTICO DE PROCESOS						
Fábrica: Edificaciones Metálicas SAVI S.A.C			Departamento: Melamina			
Producto: Escritorio modelo lineal			Diagrama 05 – pág. 1			
Método: Actual			Realizado por: Lucía Sánchez Celiz			
Estación: Armado			Operario: O. C.			
Descripción de actividades		● → ■ ▽	T1	T2	T3	Tiempo promedio (min)
Transporte de piezas a mesas de ensamble		●	5,75	6,85	6,68	6,4
Transporte de piezas MDF a armado		●	2,32	2,37	2,15	2,3
Transporte de almacén de insumos		●	0,60	0,50	0,52	0,5
Espera para despacho de insumos		●	5,68	4,93	5,33	5,3
Armado I (Armado de cajones)	Trazado	●	4,65	5,00	4,35	4,7
	Cortado para canales	●	4,30	4,75	4,83	4,6
	Empernando del lateral frontal con lateral derecho	●	2,80	3,17	3,53	3,2
	Empernado del lateral frontal con lateral izquierdo	●	3,17	2,98	3,90	3,4
Inserción de base MDF		●	3,35	3,53	3,72	3,5
Empernado de lateral posterior		●	5,00	4,77	4,72	4,8
Armado I (Armado de cajones)	Emperando de las correderas	●	6,50	6,13	6,87	6,5
	Empernado de los jaladores con pieza frontal	●	4,05	3,75	3,87	3,9
	Empernado de pieza frontal con cajón	●	4,27	4,60	4,05	4,3
	Empernado de chapatrapa	●	3,53	3,35	3,42	3,4
Trazado		●	2,05	2,37	2,05	2,2
Empernado de zócalos con amarres inferiores		●	4,37	4,05	4,25	4,2
Empernado de laterales derechos con zocalos y amarres inferiores		●	2,98	3,17	2,88	3,0
Perforación y empemado de amarres superiores		●	4,30	4,05	4,12	4,2
Armado II (Laterales)	Perforación de laterales izquierdos y empemado	●	2,98	2,78	2,72	2,8
	Empernado de las correderas	●	3,17	3,50	3,22	3,3
	Empernado del fondo	●	2,80	3,00	2,60	2,8
	Colocación de deslizadores	●	1,48	1,30	1,33	1,4
Inspección		●	1,25	1,50	1,28	1,3
Ensamble de laterales armados con faldón		●	3,17	3,42	3,20	3,3
Perforación y empemado de sistema para sistema chapatrapa		●	4,83	5,57	4,72	5,0
Armado III	Ensamble del tablero con los laterales armados	●	5,93	5,72	6,12	5,9
	Empernado de angulares	●	2,62	2,42	2,38	2,5
	Pegado de tapas autoadhesivas	●	3,17	2,98	3,27	3,1
Limpieza		●	1,87	1,53	2,10	1,83
Transporte a almacén o lugar de entrega		●	3,52	3,17	4,97	3,88
TOTAL			106,45	107,20	109,13	107,59

Figura 20. Cursograma analítico de proceso del escritorio modelo lineal- operación de armado

Fuente: Edificaciones Metálicas SAVI S.A.C.

Como se observa, el armado representa el cuello de botella en el proceso, con un total de 107,6 min. A continuación en la tabla 30, se muestra el resumen de actividades que agregan y no agregan valor al producto, concluyendo que el operario de armado realiza en un 82,86% actividades que agregan valor al producto.

Tabla 30. Cuadro resumen del cursograma analítico del escritorio modelo lineal - Operario de armado

RESUMEN DEL MÉTODO ACTUAL				
ACTIVIDAD	CANTIDAD	TIEMPO (MIN)	% TOTAL	
			A. productivas	A. improductivas
Operaciones	24	87,8	81,61%	
Transporte	4	13,1		12,20%
Inspección	1	1,3	1,25%	
Esperas	1	5,3		4,94%
Almacenamiento	0	0,0	0,00%	
TOTAL	30	107,6	82,86%	17,14%

Fuente: Edificaciones Metálicas SAVI S.A.C.

3.1.6.2. Estante modelo básico

3.1.6.2.1. Diagrama de operación de proceso

La figura 21 muestra el diagrama de operación de proceso de producción del estante modelo básico, exponiendo las operaciones que agregan valor al producto y los tiempos respectivos a ello, junto al cuadro resumen respectivo en la tabla 31.

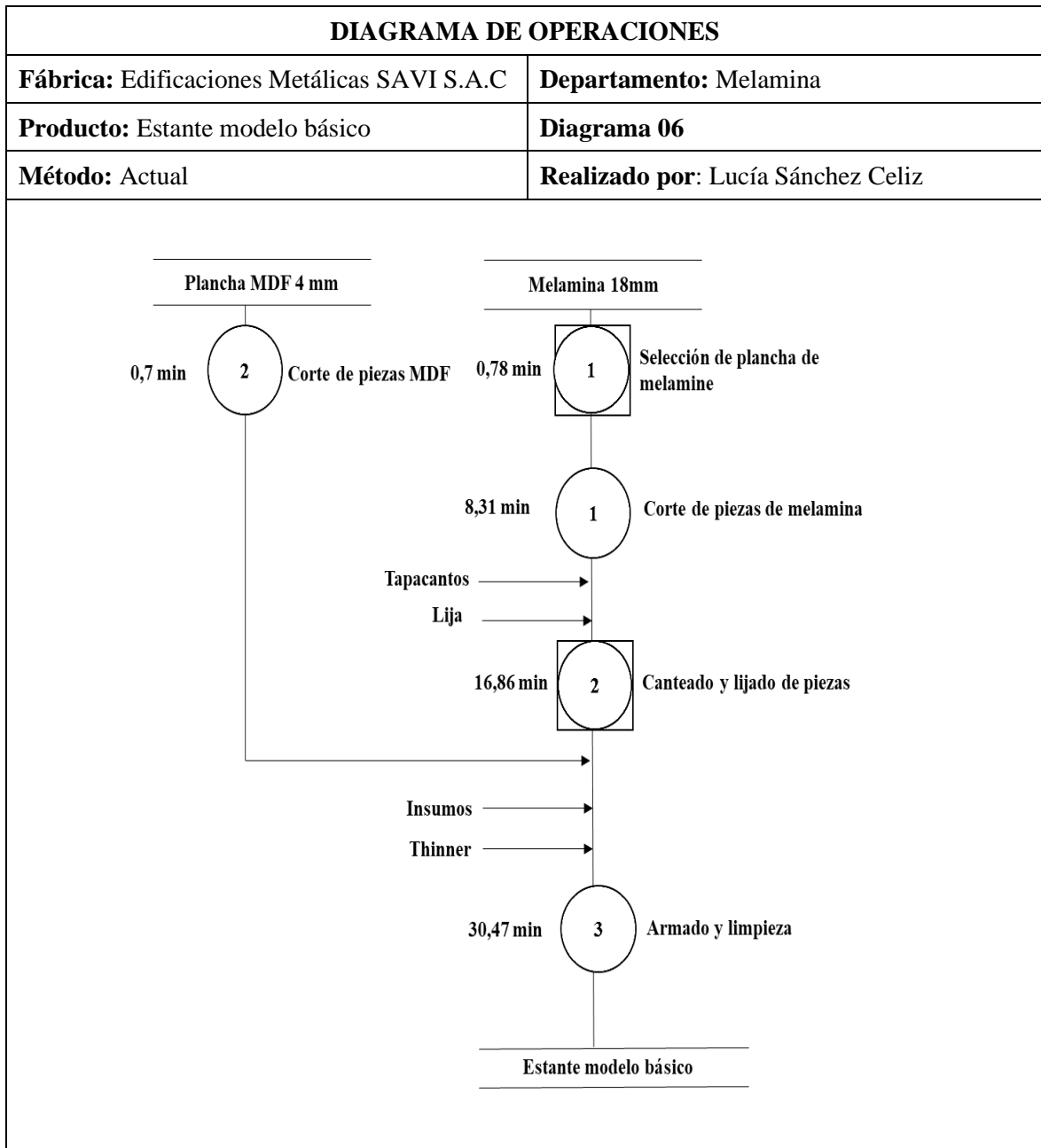


Figura 21. Diagrama de operaciones de procesos Estante modelo básico
Fuente: Edificaciones Metálicas SAVI S.A.C.

Tabla 31. Cuadro resumen de diagrama de operaciones estante modelo básico

Símbolo	Actividad	Cantidad	Tiempo (min)	%
○	Operación	3	39,48	69,11%
□	Inspección	-	-	-
◻	Combinada	2	17,64	30,89%
TOTAL			57,12	100%

Fuente: Edificaciones Metálicas SAVI S.A.C.

3.1.6.2.2. Diagrama de análisis de proceso

En base a los tiempos resumidos en la tabla 24, la figura 22 grafica el diagrama de análisis del proceso del estante modelo básico, considerando todas las actividades realizadas en el proceso, como operaciones, actividades combinadas, transportes y demoras presentes.

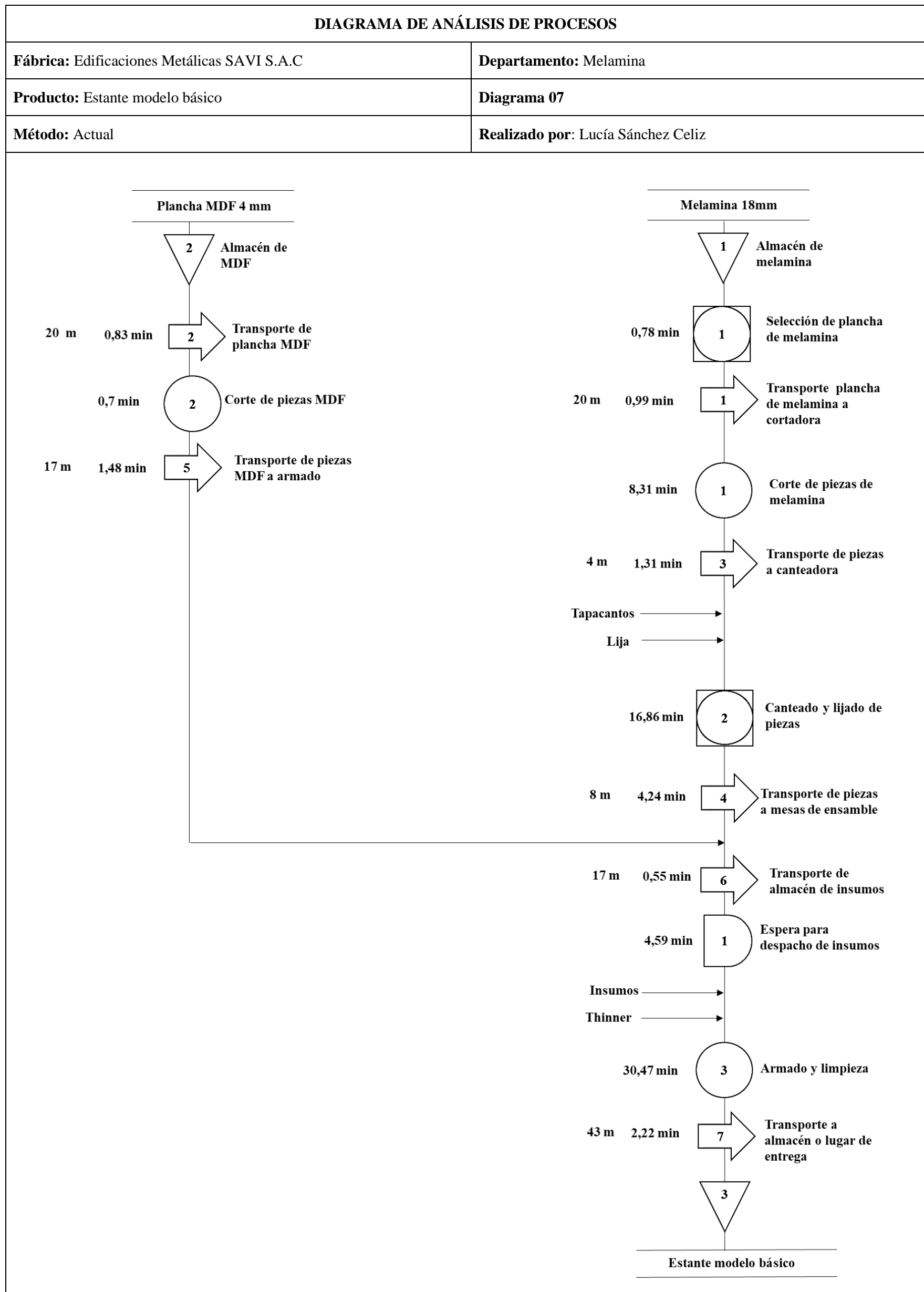


Figura 22. Diagrama de análisis de proceso del estante modelo básico

Fuente: Edificaciones Metálicas SAVI S.A.C.

La tabla 32 resume el diagrama de análisis de procesos, contando con un total de 3 operaciones sumando un tiempo promedio de 39,5 min, 2 operaciones combinadas con un tiempo promedio de 17,6 min, ocupando un porcentaje de actividades del 53,8 % y 24,1% respectivamente. De igual forma, las actividades que no generan valor al producto tienen un tiempo de 11,6 min en promedio de transportes y 4,6 min de espera, representando un porcentaje de 15,9 % y 6,3 % respectivamente, además de tener 3 actividades de almacenamiento.

Tabla 32. Cuadro resumen de diagrama de análisis de proceso estante modelo básico

Símbolo	Actividad	Cantidad	Tiempo (min)	%
○	Operación	3	39,48	53,83%
□	Inspección	-	-	-
◻	Combinada	2	17,64	24,06%
⇒	Transporte	7	11,62	15,85%
D	Espera	1	4,59	6,26%
▽	Almacenamiento	3	-	-
TOTAL			73,33	100,00%

Fuente: Edificaciones Metálicas SAVI S.A.C.

3.1.6.2.3. Diagrama de recorrido

La figura 23 muestra el diagrama de recorrido del proceso de producción del estante modelo básico, de acuerdo con las actividades mencionadas en el diagrama de análisis de proceso del mismo.

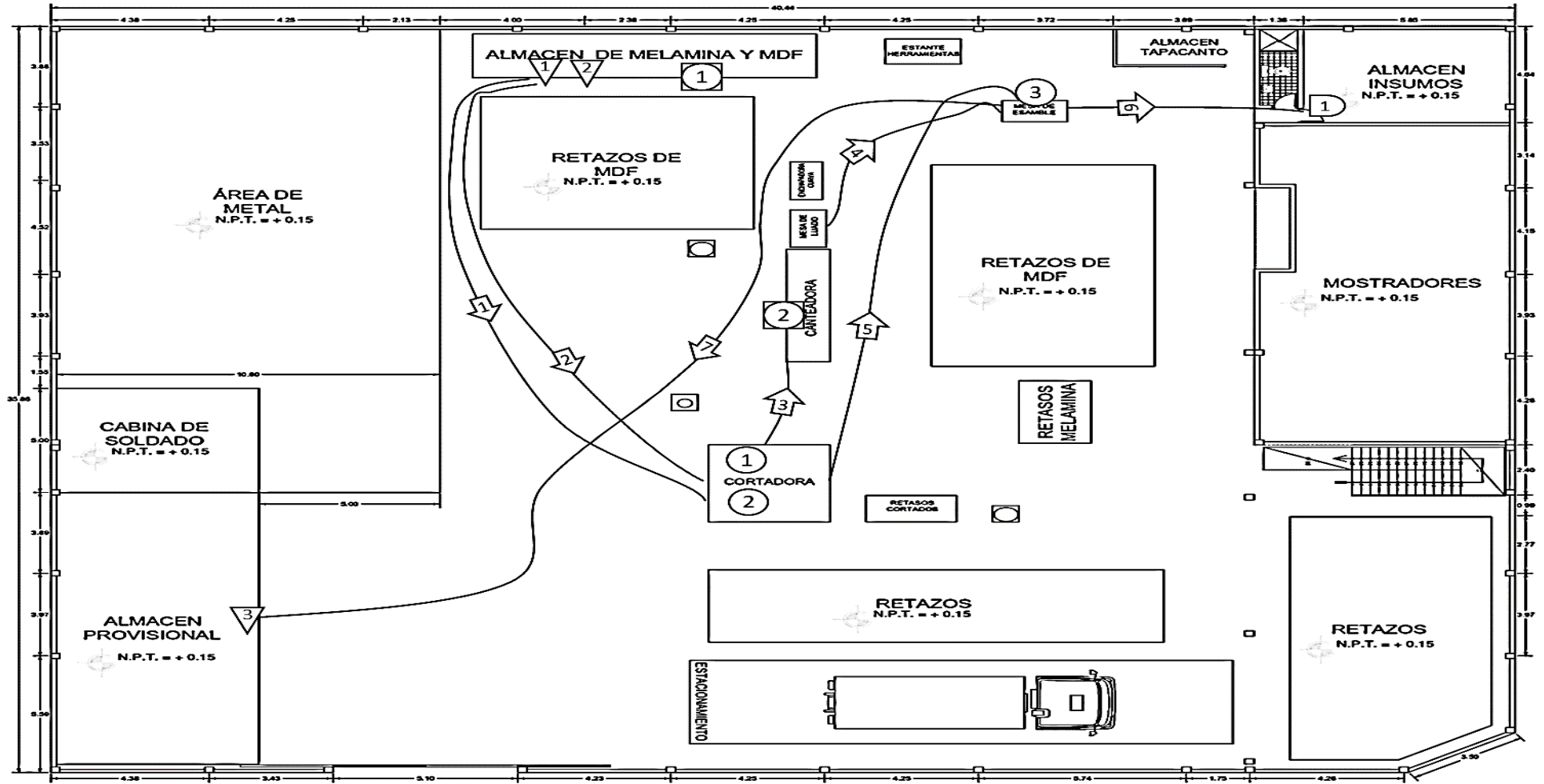


Figura 23. Diagrama de recorrido de proceso del estante modelo básico

Fuente: Edificaciones Metálicas SAVI S.A.C.

3.1.6.2.4. Cursograma analítico de procesos

Al igual que el proceso del mueble anterior, se analizará a detalle el proceso productivo del estante modelo básico, teniendo este un menor tiempo de ciclo debido a su simple proceso de armado y menor número de piezas, haciendo que el tiempo de canteado y cortado sea menor. La figura 24 muestra el cursograma analítico de procesos de la operación de corte del estante modelo básico.

CURSOGRAMA ANALÍTICO DE PROCESOS						
Fábrica: Edificaciones Metálicas SAVI S.A.C			Departamento: Melamina			
Producto: Estante modelo básico			Diagrama 08			
Método: Actual			Realizado por: Lucía Sánchez Celiz			
Estación: Corte			Operario: D. R.			
Descripción de actividades	● → ■ ▽	T1	T2	T3	Tiempo promedio (min)	
Almacen de melamina y MDF						
Selección de plancha de melamina	●	0,77	0,83	0,75	0,78	
Transporte de plancha MDF	●	1,08	0,92	0,97	0,99	
Transporte de plancha MDF	●	0,78	0,82	0,88	0,83	
Corte de acondicionamiento	●	1,27	1,13	1,08	1,16	
Lectura de orden	●	1,27	1,17	1,17	1,20	
Corte de plancha melamina	●	0,90	0,85	0,78	0,84	
a Carga de plancha	●	0,10	0,12	0,10	0,11	
Calibrado	●	2,33	2,30	2,23	2,29	
Corte	●	1,42	1,52	1,45	1,46	
Descarga pieza	●	1,25	1,25	1,25	1,25	
Corte de plancha de MDF	●	0,10	0,12	0,10	0,11	
Carga de plancha	●	0,13	0,10	0,12	0,12	
Calibrado	●	0,25	0,23	0,25	0,24	
Corte	●	0,13	0,15	0,15	0,14	
Descarga pieza	●	0,10	0,08	0,08	0,09	
TOTAL		11,88	11,58	11,37	11,61	

Figura 24. Cursograma analítico de proceso del estante modelo básico operación de corte

Fuente: Edificaciones Metálicas SAVI S.A.C.

La tabla 33 muestra el resumen del cursograma analítico de la operación de corte en la producción del estante modelo básico.

Tabla 33. Cuadro resumen del cursograma analítico Estante modelo básico-operación de selección y corte

RESUMEN DEL MÉTODO ACTUAL				
ACTIVIDAD	CANTIDAD	TIEMPO (MIN)	% TOTAL	
			A. productivas	A. improductivas
Operaciones	10	6,86	63,37%	
Transporte	2	1,82		16,78%
Inspección	3	2,15	19,86%	
Esperas	0	0,00		0,00%
Almacenamiento	1	0,00	0,00%	
TOTAL	16	10,83	83,22%	16,78%

Fuente: Edificaciones Metálicas SAVI S.A.C.

De igual manera se aprecia en la figura 25, el cursograma analítico del canteado, junto con el cuadro resumen en la tabla 34, indicando un tiempo de trabajo del operario de 16,9 min para la fabricación del estante modelo básico. Las actividades realizadas en la operación de corte preceden desde el transporte de piezas cortadas, hasta el lijado de las piezas recién canteadas.

CURSOGRAMA ANALÍTICO DE PROCESOS						
Fábrica: Edificaciones Metálicas SAVI S.A.C			Departamento: Melamina			
Producto: Estante modelo básico			Diagrama 09			
Método: Actual			Realizado por: Lucía Sánchez Celiz			
Estación: Canteado			Operario: M. L.			
Descripción de actividades	● → ■ ▢ ▼	T1	T2	T3	Tiempo promedio (min)	
Transporte de piezas a canteadora	●	1,35	1,25	1,33	1,31	
Búsqueda de pieza	●	1,02	1,05	1,12	1,06	
Acondicionar lado a cantear	●	2,08	1,97	1,87	1,97	
Canteado de piezas	●	7,37	7,05	7,35	7,26	
Inspección	●	2,12	2,25	2,18	2,18	
Despacho de pieza	●	2,05	2,10	2,18	2,11	
Lijado	●	2,42	2,15	2,27	2,28	
TOTAL		18,40	17,82	18,30	18,17	

Figura 25. Cursograma analítico de proceso del estante modelo básico-operario de canteado

Fuente: Edificaciones Metálicas SAVI S.A.C.

Tabla 34. Cuadro resumen del cursograma analítico del estante modelo básico - operación de canteado y lijado

RESUMEN DEL MÉTODO ACTUAL					
ACTIVIDAD	CANTIDAD	TIEMPO (MIN)	% TOTAL		
			A. productivas	A. improductivas	
Operaciones	4	13,6	74,93%		
Transporte	1	1,3		7,21%	
Inspección	2	3,2	17,85%		
Esperas	0	0,0		0,00%	
Almacenamiento	0	0,0	0,00%		
TOTAL	7	18,2	92,79%	7,21%	

Fuente: Edificaciones Metálicas SAVI S.A.C.

A continuación, se muestra el cursograma analítico de procesos de la operación que realiza el operario de armado con respecto al estante modelo básico que ofrece la empresa.

CURSOGRAMA ANALÍTICO DE PROCESOS						
Fábrica: Edificaciones Metálicas SAVI S.A.C			Departamento: Melamina			
Producto: Estante modelo básico			Diagrama 10			
Método: Actual			Realizado por: Lucía Sánchez Celiz			
Estación: Armado			Operario: O. C.			
Descripción de actividades	● → ■ ▢ ▼	T1	T2	T3	Tiempo (s)	
Transporte de piezas a mesas de ensambl	●	4,27	4,38	4,08	4,2	
Transporte de piezas MDF a armado	●	1,62	1,33	1,50	1,5	
Transporte de almacén de insumos	●	0,55	0,50	0,60	0,6	
Espera para despacho de insumos	●	4,27	4,77	4,73	4,6	
Armado base	●	2,62	2,78	2,58	2,7	
Trazado	●	1,17	1,53	1,32	1,3	
Marcación de orificios de zócalos	●	1,32	1,50	1,37	1,4	
Perforación y empernado de zócalos con repisa exterior 2	●	1,00	0,92	1,03	1,0	
Colocación de deslizadores	●	0,80	0,73	0,68	0,7	
Inspección	●	3,02	2,65	2,42	2,7	
Perforación de laterales	●	1,42	1,87	1,75	1,7	
Cortado para canales en laterales derecho e izquierdo	●	2,65	2,83	2,42	2,6	
Empernado de lateral izquierdo con repisa exterior	●	5,57	6,53	5,88	6,0	
Empernado de las repisas interiores y respisa exterior 1	●	5,77	5,55	5,42	5,6	
Perforado y empernado de lateral derecho	●	1,38	1,40	1,50	1,4	
Armado final	●	1,33	1,20	1,18	1,2	
Inserción de fondo MDF	●	1,53	1,23	1,32	1,4	
Empernado de repisa exterior	●	0,75	0,65	0,83	0,7	
Pegado de tapas autoadhesiva	●	2,23	2,42	2,00	2,2	
Limpieza	●					
Transporte a almacén o lugar de entrega	●					
TOTAL		43,25	44,78	42,62	43,55	

Figura 26. Cursograma analítico de proceso del estante modelo básico-operación de armado

Fuente: Edificaciones Metálicas SAVI S.A.C.

El cuadro resumen del cursograma de analítico de la operación de armado del estante modelo básico evidencia que el operario se encuentra sobresaturado, siendo su estación es la que representa el cuello de botella, con actividades que, en un 69,96%, agregan valor al producto.

Tabla 35. Cuadro resumen del cursograma analítico del estante modelo básico-operario de armado

ACTIVIDAD	CANTIDAD	TIEMPO (MIN)	% TOTAL	
			A. productivas	A. improductivas
Operaciones	13	29,7	68,26%	
Transporte	4	8,5		19,51%
Inspección	1	0,7	1,70%	
Esperas	0	4,6		10,54%
Almacenamiento	0	0,0	0,00%	
TOTAL	18	43,6	69,96%	30,04%

Fuente: Edificaciones Metálicas SAVI S.A.C.

3.1.6.3. Módulo básico de cómputo

3.1.4.3.1. Diagrama de operación de proceso

La figura 27 ilustra el diagrama de operaciones de proceso, que mostrará aquellas actividades que agregan valor al producto, como operaciones, inspecciones y actividades combinadas de operación e inspección en la producción del módulo básico de cómputo, conjunto al cuadro resumen propio en la tabla 36.

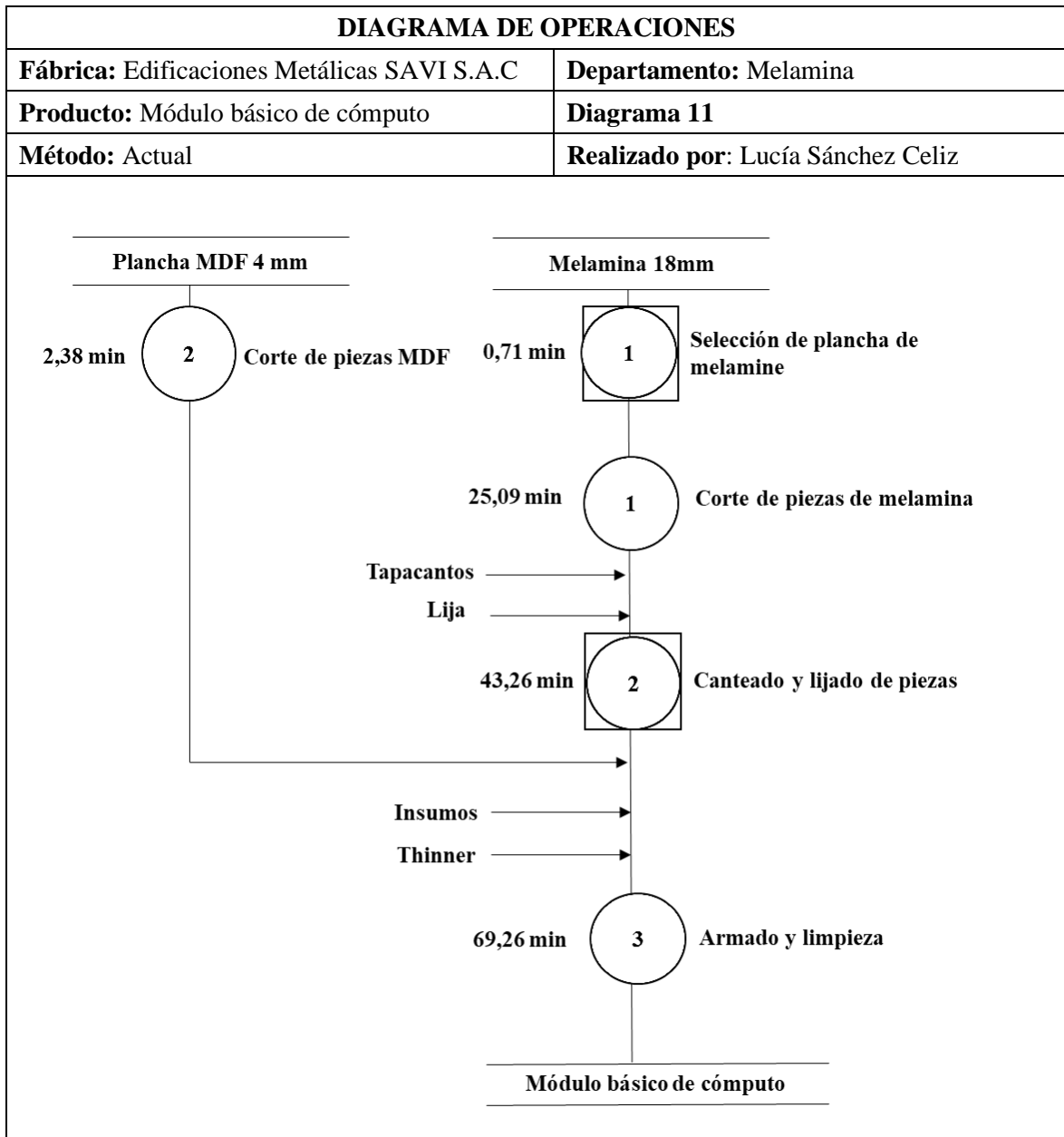


Figura 27. Diagrama de operaciones de procesos del módulo de cómputo
Fuente: Edificaciones Metálicas SAVI S.A.C.

Tabla 36. Cuadro resumen de diagrama de operaciones módulo básico de cómputo

Símbolo	Actividad	Cantidad	Tiempo (min)	%
○	Operación	3	96,73	68,75%
□	Inspección	-	-	-
◻	Combinada	2	43,96	31,25%
TOTAL			140,69	100,00%

Fuente: Edificaciones Metálicas SAVI S.A.C.

3.1.4.3.2. Diagrama de análisis de proceso

A partir de los tiempos recolectados y mostrados en la tabla 25, la figura 28 muestra el diagrama de análisis del proceso del módulo básico de cómputo, considerando todas las actividades realizadas en el proceso, tanto las que agregan valor al producto como las que no.

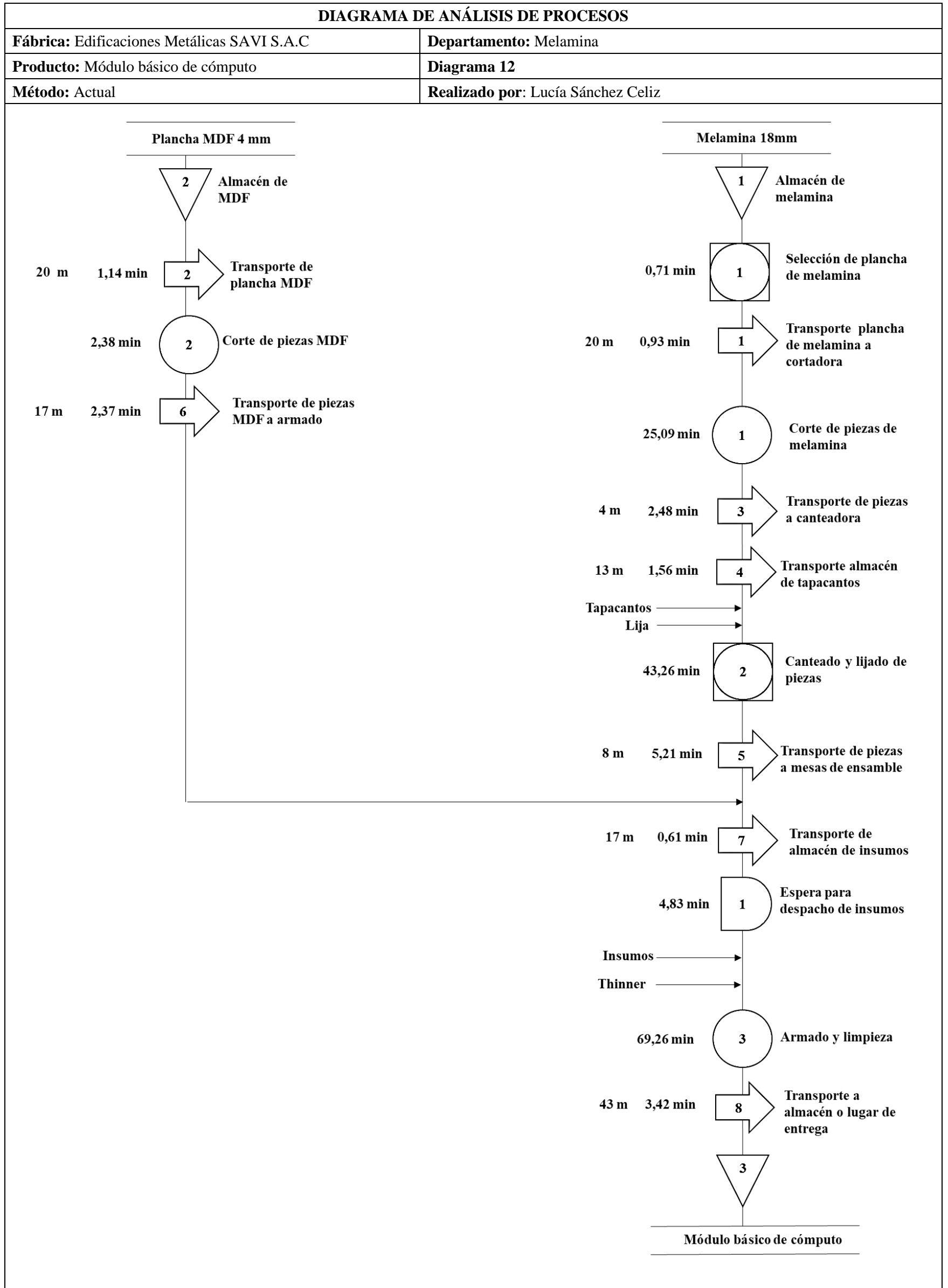


Figura 28. Diagrama de análisis de proceso del módulo básico de cómputo
Fuente: Edificaciones Metálicas SAVI S.A.C.

A partir de la figura 28, el cuadro resumen del diagrama de análisis de proceso del módulo básico de cómputo se muestra en la tabla 37, conformado por un total de 3 operaciones sumando un tiempo promedio de 96,7 min, 2 actividades combinadas con un tiempo promedio de 43,9 min, representando un 47,1 % y 21,4 % respectivamente. Igualmente, las actividades que no generan valor al producto tienen un tiempo de 17,68 min en promedio de transportes y 4,83 min de espera, representando un 8,6 % y 2,4 % respectivamente, además de tener 3 actividades de almacenamiento.

Tabla 37. Cuadro resumen de diagrama de análisis de proceso escritorio modelo lineal

Símbolo	Actividad	Cantidad	Tiempo (min)	%
○	Operación	3	96,73	47,05%
□	Inspección	-	-	-
◻	Combinada	2	43,96	21,38%
⇒	Transporte	8	17,68	8,60%
D	Espera	1	4,83	2,35%
▽	Almacenamiento	3	-	-
TOTAL			163,20	79,38%

Fuente: Edificaciones Metálicas SAVI S.A.C.

3.1.4.3.3. Diagrama de recorrido

La figura 29 grafica el diagrama de recorrido de procesos actual en la producción del módulo básico de cómputo, con respecto a los datos tomados y mostrados en el diagrama de análisis de operaciones.

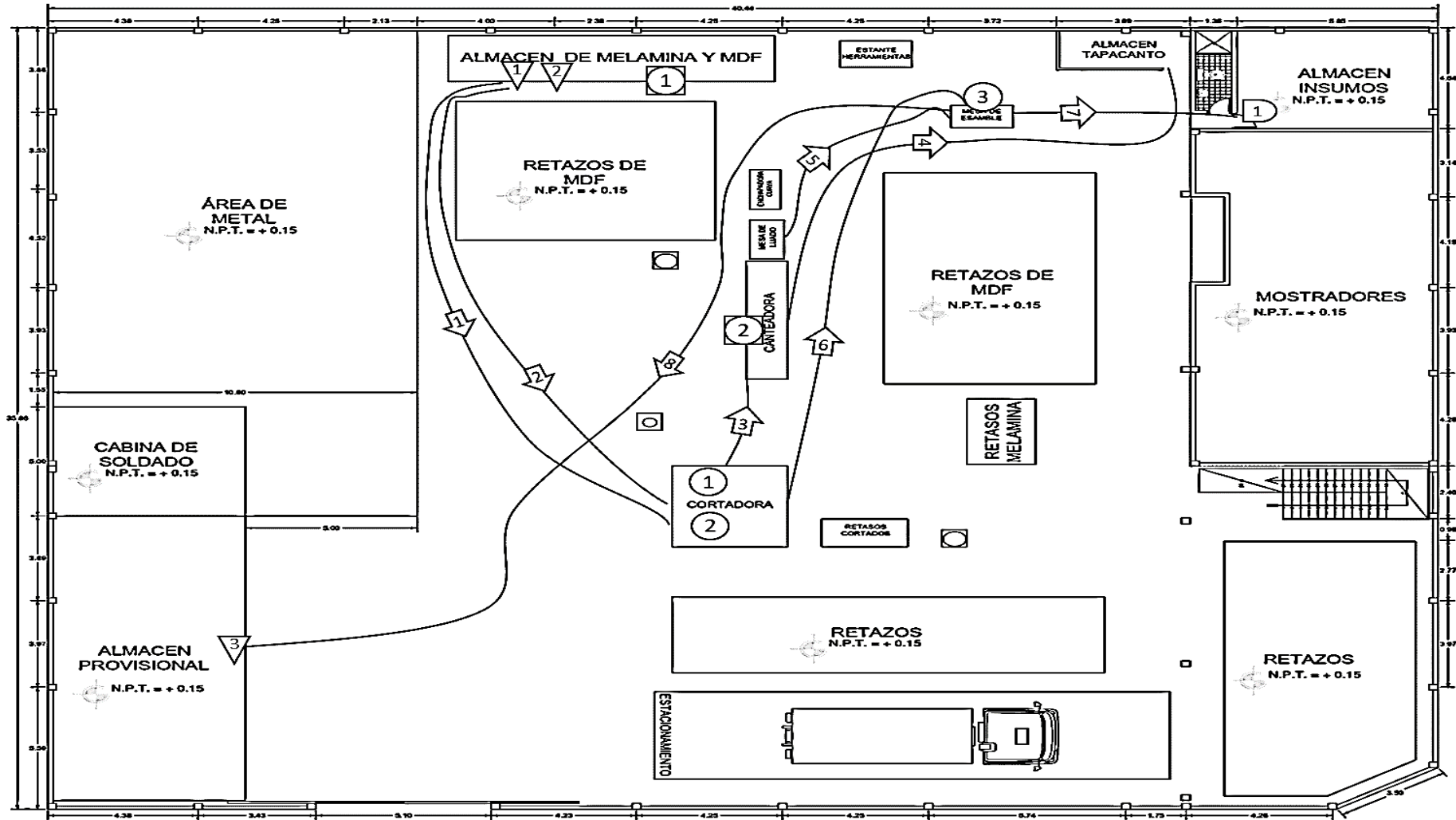


Figura 29. Diagrama de recorrido para el módulo básico de cómputo

Fuente: Edificaciones Metálicas SAVI S.A.C.

3.1.4.3.4. Cursograma analítico de procesos

Se muestra en la figura 30 el cursograma analítico de procesos del módulo básico de cómputo con respecto a la operación de corte, que precede de igual manera desde el corte de acondicionamiento de la plancha de melamina hasta la descarga de piezas cortadas.

CURSOGRAMA ANALÍTICO DE PROCESOS							
Fábrica: Edificaciones Metálicas SAVI S.A.C				Departamento: Melamina			
Producto: Módulo básico de cómputo				Diagrama 13			
Método: Actual				Realizado por: Lucía Sánchez Celiz			
Estación: Corte				Operario: D. R.			
Descripción de actividades	● → ■ ▢ ▼	T1	T2	T3	Tiempo promedio (min)		
Almacen de melamina y MDF	●						
Selección de plancha de melamina	●	0,63	0,80	0,68	0,71		
Transporte de plancha MDF	●	0,93	1,02	0,83	0,93		
Transporte de plancha MDF	●	1,13	1,17	1,12	1,14		
Corte de acondicionamiento	●	1,00	1,08	1,07	1,05		
Lectura de orden	●	4,12	3,82	4,07	4,00		
Búsqueda de pieza	●	3,87	3,75	3,17	3,59		
Corte de plancha melamina	●	0,13	0,10	0,10	0,11		
Calibrado	●	7,85	7,70	7,98	7,84		
Corte	●	4,23	4,20	4,33	4,26		
Descarga pieza	●	4,35	4,15	4,22	4,24		
Lectura de orden	●	0,43	0,52	0,43	0,46		
Corte de plancha de MDF	●	0,13	0,13	0,13	0,13		
Calibrado	●	0,95	0,90	0,92	0,92		
Corte	●	0,48	0,52	0,55	0,52		
Descarga pieza	●	0,33	0,37	0,33	0,34		
TOTAL		30,25	29,85	29,60	30,24		

Figura 30. Cursograma analítico de proceso del módulo básico de cómputo- operación de selección y corte

Fuente: Edificaciones Metálicas SAVI S.A.C.

La tabla 38 resume la clasificación de actividades realizadas por el operario de cortado en la producción del módulo básico de cómputo, donde el operario realiza actividades que agregan valor al mueble en un 93,2% y realiza actividades improductivas en un 6,8 % compuesto por transportes.

**Tabla 38. Cuadro resumen Cursograma analítico módulo básico de cómputo
operación de selección y corte**

RESUMEN DEL MÉTODO ACTUAL

ACTIVIDAD	CANTIDAD	TIEMPO (MIN)	% TOTAL	
			A. productivas	A. improductivas
Operaciones	10	20,12	66,53%	
Transporte	2	2,07		6,83%
Inspección	3	8,06	26,63%	
Esperas	0	0,00		0,00%
Almacenamiento	1	0,00	0,00%	
TOTAL	16	30,24	93,17%	6,83%

Fuente: Edificaciones Metálicas SAVI S.A.C.

A continuación, en la figura 31 se muestra el cursograma analítico del operario de canteado en la producción del módulo básico de cómputo.

CURSOGRAMA ANALÍTICO DE PROCESOS							
Fábrica: Edificaciones Metálicas SAVI S.A.C				Departamento: Melamina			
Producto: Módulo básico de cómputo				Diagrama 14			
Método: Actual				Realizado por: Lucía Sánchez Celiz			
Estación: Canteado				Operario: M. L.			
Descripción de actividades		● → ■ ▢ ▼	T1	T2	T3	Tiempo promedio (min)	
Transporte de piezas a canteadora		●	2,62	2,33	2,5	2,5	
Transporte a almacén de tapacantos		●	1,67	1,48	1,517	1,6	
Programación para cinta tapacanto gruesa		●	0,93	0,75	0,98	0,9	
Canteado de piezas con tapacanto grueso	Búsqueda de pieza	●	0,43	0,38	0,37	0,4	
	Acondicionar lado a cantar	●	1,58	1,63	1,52	1,6	
	Canteado de pieza	●	3,38	3,50	3,33	3,4	
	Inspección	●	1,87	1,87	1,68	1,8	
	Despacho de pieza	●	1,77	1,72	1,70	1,7	
Cambio a tapacanto delgado		●	0,75	0,93	0,85	0,8	
Canteado de piezas con tapacanto delgado	Búsqueda de pieza	●	3,27	3,17	3,10	3,2	
	Acondicionar lado a cantar	●	4,67	4,60	4,43	4,6	
	Canteado de pieza	●	11,22	11,20	11,07	11,2	
	Inspección	●	4,90	5,18	4,90	5,0	
	Despacho de pieza	●	4,93	5,00	5,12	5,0	
Lijado de piezas		●	3,50	3,85	3,73	3,7	
TOTAL			47,48	47,60	46,80	47,29	

Figura 31. Cursograma analítico de proceso del módulo básico de cómputo- operación de canteado

Fuente: Edificaciones Metálicas SAVI S.A.C.

La tabla 39 resume el cursograma analítico de procesos de la operación del canteado de piezas para el módulo básico de cómputo.

Tabla 39. Cuadro resumen del cursograma analítico módulo básico de cómputo- operación de canteado

RESUMEN DEL MÉTODO ACTUAL				
ACTIVIDAD	CANTIDAD	TIEMPO (MIN)	% TOTAL	
			A. productivas	A. improductivas
Operaciones	9	32,88	69,53%	
Transporte	2	4,04		8,54%
Inspección	4	10,37	21,93%	
Esperas	0	0,00		0,00%
Almacenamiento	0	0,00	0,00%	
TOTAL	15	47,29	91,46%	8,54%

Fuente: Edificaciones Metálicas SAVI S.A.C.

Por último, las figuras 32 y 33 muestran el cursograma analítico de procesos de la operación de armado en la producción del módulo básico de cómputo.

CURSOGRAMA ANALÍTICO DE PROCESOS						
Fábrica: Edificaciones Metálicas SAVI S.A.C			Departamento: Melamina			
Producto: Módulo básico de cómputo			Diagrama 15 – pág. 1			
Método: Actual			Realizado por: Lucía Sánchez Celiz			
Estación: Armado			Operario: O. C.			
Descripción de actividades	● → ■ ▢ ▼	T1	T2	T3	Tiempo promedio	
Transporte de piezas a mesas de ensamble	●	5,17	4,97	5,483	5,2	
Transporte de piezas MDF a armado	●	2,42	2,3	2,333	2,4	
Transporte de almacén de insumos	●	0,46	0,56	0,8	0,6	
Espera para despacho de insumos	●	4,97	4,67	4,85	4,8	
Trazado	●	4,33	4,58	3,92	4,3	
Cortado para canales	●	1,95	1,87	2,32	2,0	
Empernado del lateral frontal con lateral derecho	●	1,67	1,57	1,53	1,6	
Empernado del lateral frontal con lateral izquierdo	●	1,77	1,95	2,13	2,0	
Armado I (Armado de cajones)	●	3,62	3,43	3,80	3,6	
Inserción de base MDF	●	3,62	3,43	3,80	3,6	
Empernado de lateral posterior	●	2,52	2,75	2,78	2,7	
Empernado de las correderas	●	5,25	3,47	5,00	4,6	
Empernado de los jaladores cor	●	3,12	3,00	2,97	3,0	
Empernado de pieza frontal cor	●	2,40	2,25	2,30	2,3	
Empernado de chapatrapa	●	2,50	2,67	2,40	2,5	
Trazado	●	2,20	2,38	1,90	2,2	
Empernado de zócalos con amarres inferiores	●	2,23	2,37	2,08	2,2	
Empernado de lateral derecho con zocalo y amarres	●	1,63	1,50	1,53	1,6	
Empernado de repisa	●	1,13	1,30	1,17	1,2	
Perforación y empernado de amarres superiores	●	2,05	2,07	1,75	2,0	
Empernado de lateral izquierdo	●	1,63	1,50	1,52	1,6	
Empernado de las correderas	●	3,55	3,67	3,58	3,6	
Armado II (Laterales)	●	1,95	2,12	1,98	2,0	
Empernado del fondo	●	1,95	2,12	1,98	2,0	
Colocación de deslizadores	●	1,77	1,87	1,67	1,8	
Inspección	●	0,60	0,63	0,80	0,7	
Empernado de los zócalos con repisa 2 (lateral 1)	●	3,50	3,83	4,00	3,8	
Empernado de lateral derecho (lateral 1)	●	1,52	1,55	1,62	1,6	
Empernado repisa 1 (lateral 1)	●	0,93	1,00	0,80	0,9	
Empernado de lateral izquierdo (lateral 1)	●	1,63	1,50	1,47	1,5	
Colocación de deslizadores	●	2,02	2,00	1,87	2,0	

Figura 32. Cursograma analítico de proceso del módulo básico de cómputo-operario de armado- pág. 1

Fuente: Edificaciones Metálicas SAVI S.A.C.

CURSOGRAMA ANALÍTICO DE PROCESOS							
Fábrica: Edificaciones Metálicas SAVI S.A.C				Departamento: Melamina			
Producto: Módulo básico de cómputo				Diagrama 15 – pág. 2			
Método: Actual				Realizado por: Lucía Sánchez Celiz			
Estación: Armado				Operario: O. C.			
Descripción de actividades		● → ■ ▸ ▼	T1	T2	T3	Tiempo promedio	
Armado III	Empernado de correderas para teclado en ambos laterales	●	1,68	1,55	1,65	1,6	
	Empernado de faldón con lateral 1	●	1,42	1,38	1,40	1,4	
	Inspección	●	0,57	0,60	0,50	0,6	
	Empernado de correderas a la base de teclado (30 rodagio)	●	1,23	1,50	1,32	1,4	
	Empernado del tablero con los laterales	●	1,73	1,68	1,70	1,7	
	Empernado de angulares	●	1,87	1,92	1,95	1,9	
	Pegado de tapas autoadhesivas	●	1,83	2,45	2,42	2,2	
	Limpieza	●	1,45	1,30	1,50	1,42	
	Transporte a almacén o lugar de entrega	●	3,50	3,42	3,33	3,42	
	TOTAL			85,76	85,11	86,12	85,66

Figura 33. Cursograma analítico de proceso del módulo básico de cómputo-operario de armado- pág. 2

Fuente: Edificaciones Metálicas SAVI S.A.C.

De igual manera, la tabla 40 resume los porcentajes de actividades registradas en la toma de tiempos.

Tabla 40. Cuadro resumen del cursograma analítico módulo básico de cómputo - operario de armado

RESUMEN DEL MÉTODO ACTUAL

ACTIVIDAD	CANTIDAD	TIEMPO (MIN)	% TOTAL	
			A. productivas	A. improductivas
Operaciones	31	68,0	79,41%	
Transporte	4	11,6		13,52%
Inspección	2	1,2	1,44%	
Esperas	1	4,8		5,64%
Almacenamiento	0	0,0	0,00%	
TOTAL	38	85,7	80,85%	19,15%

Fuente: Edificaciones Metálicas SAVI S.A.C.

Los tiempos de transporte en los operarios incluyen distracciones al momento de recopilar material, elevando el tiempo del transporte. Sin embargo, se registró a su vez un tiempo efectivo de transporte, que es aquel tiempo en el que el operario únicamente se desplaza. En el caso del escritorio modelo lineal, el operario regresa por las piezas cortadas y canteadas 3 veces en ida y vuelta cada una, de igual manera el módulo básico de cómputo. El tiempo efectivo de movimiento para los tres productos es:

- Transporte de melamina: 0,38 min
- Transporte de plancha de melamina y MDF: 0,38 min
- Transporte de piezas cortadas a canteadora: 0,6 min
- Transporte a almacén de tapacantos: 0,77 min
- Transporte de piezas a mesas de ensamble: 1,63 min
- Transporte de almacén de insumos: 0,58 min
- Transporte de piezas MDF a armado: 0,98 min
- Transporte a almacén de PT: 5,11 min

3.1.7. Indicadores Actuales del Proceso

a. Producción

En base a la siguiente fórmula se halló la producción teórica de la empresa.

$$\text{Producción} = \frac{\text{Tiempo base}}{\text{Ciclo}}$$

Se consideró como tiempo base a los minutos disponibles al día para la producción de cada uno de los tres muebles estudiados, siendo 480 min diarios. El tiempo de ciclo hace referencia al tiempo máximo que demora la estación cuello de botella que corresponde a la operación del armado. El tiempo de ciclo para la producción de cada uno de los muebles en estudio se obtuvo de los diagramas de análisis de proceso de los tres muebles.

$$\text{Ciclo del escritorio modelo lineal} = 107,59 \text{ min/unidad}$$

$$\text{Ciclo del estante modelo básico} = 43,55 \text{ min/unidad}$$

$$\text{Ciclo del módulo básico de computo} = 85,66 \text{ min/unidad}$$

En base al dato de tiempo de ciclo de los 3 muebles en estudio, se calculó la producción teórica diaria:

$$\text{Producción escritorio mod. lineal} = \frac{480 \text{ min}}{107,59 \text{ min}} = 4,46 \text{ escritorio mod. lineal/día}$$

$$\text{Producción estante modelo básico} = \frac{480 \text{ min}}{43,55 \text{ min}} = 11,02 \text{ estante modelo básico/día}$$

$$\text{Producción mod. básico de computo} = \frac{480 \text{ min}}{85,66 \text{ min}} = 5,6 \text{ mod. básico de computo/día}$$

Estos valores reflejan que Edificaciones Metálicas SAVI S.A.C. produce 4,46 escritorios modelo lineal, 11,02 estantes modelo básico y 5,6 módulos básicos de cómputo

al día, en sus horas normales de trabajo con el método de fabricación actual para estos muebles.

b. Productividad de mano de obra

El valor de la productividad de la mano de obra se calculó tomando en cuenta a los 3 operarios que participan en el proceso de producción de los 3 muebles con respecto a la producción teórica hallada. La fórmula para el cálculo de la productividad de mano de obra es:

$$Productividad\ de\ mano\ de\ obra = \frac{Producción\ teórica\ diaria}{N\ de\ operarios}$$

Donde:

- $Productividad\ de\ M.O.\ del\ escritorio\ modelo\ lineal = \frac{4,46\ \frac{unid}{día}}{3\ operarios}$

$$Productividad\ de\ M.O.\ del\ escritorio\ modelo\ lineal = \frac{1,49\ \frac{unid}{día}}{operario}$$

- $Productividad\ de\ M.O.\ del\ estante\ modelo\ básico = \frac{11,02\ \frac{unid}{día}}{3\ operarios}$

$$Productividad\ de\ M.O.\ del\ estante\ modelo\ básico = \frac{3,67\ \frac{unid}{día}}{operario}$$

- $Productividad\ de\ M.O.\ del\ módulo\ básico\ de\ computo = \frac{5,6\ \frac{unid}{día}}{3\ operarios}$

$$Productividad\ de\ M.O.\ del\ módulo\ básico\ de\ computo = \frac{1,87\ \frac{unid}{día}}{operario}$$

c. Eficiencia económica

El cálculo de la eficiencia económica para los productos en estudio, se halla por medio del contraste entre ingresos y egresos; donde el total de los egresos equivale a la mano de obra pagada, los costos en materia prima e insumos por unidad y el costo de energía eléctrica por producto. Para el cálculo de este último y de acuerdo con Osinergmin,

el costo de electricidad en el Perú en el sector industrial es de S/ 0,25 por kWh. La tabla 41 muestra el cálculo del costo de electricidad utilizada por producto en estudio. Para determinar el tiempo de uso de las máquinas por etapa, se usó los tiempos tomados de los cursogramas para los 3 productos. En el caso de la cortadora, se tomó el tiempo de operación de la máquina para cada producto en el corte de planchas de melamina y MDF; para la cortadora se utilizó el tiempo de operación de la máquina del canteado de piezas. En el caso de la aspiradora se consideró la suma del tiempo de operación de la cortadora y la canteadora, ya que las dos poseen una. Por último, en el caso del compresor, se tomó los tiempos de operación de la canteadora, ya que la compresora da función tanto a la cortadora como a la canteadora, por ende, se tomó el tiempo más alto.

Tabla 41. Costo de energía eléctrica industrial

Máquina	C. de luz (h)	0,25	Escritorio modelo lineal		Estante modelo básico		Módulo básico de computo	
	Potencia (kWh)	Costo por máquina (h)	T. de máquina	Costo eléctrico	T. de máquina	Costo eléctrico	T. de máquina	Costo eléctrico
Cortadora Xenia 30	5,9	S/ 1,48	38,2	S/ 0,94	9,01	S/0,22	27,47	S/ 0,68
Enchapadora de cantos lineal	9,75	S/ 2,44	48,4	S/ 1,97	14,58	S/ 0,59	39,56	S/ 1,61
Aspirador Woodman DE-203	2,23	S/ 0,56	86,6	S/ 0,80	23,59	S/ 0,22	67,03	S/ 0,62
Compresor vertical FUTURA	1,5	S/ 0,38	48,4	S/ 0,30	14,58	S/ 0,09	39,56	S/ 0,25
TOTAL				S/ 4,01	S/ 1,12		S/ 3,15	

Fuente: Edificaciones Metálicas SAVI S.A.C.

La tabla 42 resume estos costos por cada producto en estudio, considerando que el costo de mano de obra se rige al cuello de botella de la producción de cada producto multiplicado por los S/ 5,77 que se paga al operario por hora de trabajo. Este dato se obtuvo de la división de los S/ 1200 entre los 26 días que se trabajan al mes.

Costo de mano de obra = Cuello de botella x Costo por hora x N de operarios

$$\text{Costo M.O. Escritorio modelo lineal} = 107,59 \text{ min} \times 5,77 \frac{\text{S}}{\text{hora}} \times \frac{1 \text{ hora}}{60 \text{ min}} \times 3 \text{ operarios} = \text{S/ } 31,04$$

$$\text{Costo M.O. Estante modelo básico} = 43,55 \text{ min} \times 5,77 \frac{\text{S}}{\text{hora}} \times \frac{1 \text{ hora}}{60 \text{ min}} \times 3 \text{ operarios} = \text{S/ } 12,56$$

$$\text{Costo M.O. Módulo básico de cómputo} = 85,66 \text{ min} \times 5,77 \frac{\text{S}}{\text{hora}} \times \frac{1 \text{ hora}}{60 \text{ min}} \times 3 \text{ operarios} = \text{S/ } 24,71$$

Los costos de materiales en detalle se pueden encontrar en la tabla 14, 15 y 16 y los costos en detalle de tapacantos se observa en las tablas 11, 12 y 13 respectivamente para los 3 muebles, además de los costos de energía eléctrica hallados en la tabla 41. Los costos de melamina se encuentran en la tabla 10.

Tabla 42. Resumen de costos de mano de obra e insumos de los 3 productos

RECURSO	Escritorio Modelo Lineal	Estante modelo básico	Módulo básico de cómputo
Melamina RH DE 18mm Cerezo-Novopan	S/ 255,00	S/ 178,50	S/ 242,25
Materiales	S/ 73,50	S/ 10,70	S/ 40,22
Tapacantos	S/ 25,26	S/ 8,73	S/ 20,74
Costo total de mano de obra	S/ 31,04	S/ 12,56	S/ 24,71
Costo de energía eléctrica	S/ 4,01	S/ 1,12	S/ 3,15
TOTAL	S/ 388,81	S/ 211,62	S/ 331,07

Fuente: Edificaciones Metálicas SAVI S.A.C.

En base a los datos presentados en la tabla 30, se puede hallar la eficiencia económica:

$$\text{Eficiencia económica} = \frac{\text{Ingresos}}{\text{Egresos}}$$

$$\text{Eficiencia económica escritorio modelo básico} = \frac{\text{S/ } 480}{\text{S/ } 388,81} = 1,23$$

$$\text{Eficiencia económica estante modelo básico} = \frac{\text{S/ } 350}{\text{S/ } 211,62} = 1,65$$

$$\text{Eficiencia económica estante modelo básico} = \frac{\text{S/ } 420}{\text{S/ } 331,07} = 1,27$$

Los indicadores hallados reflejan que por cada sol invertido en la producción del escritorio modelo lineal, estante modelo básico y módulo básico de cómputo, Edificaciones Metálicas SAVI S.A.C. gana 23 céntimos de sol, 65 céntimos de sol y 27 céntimos de sol respectivamente.

d. Productividad económica

La productividad económica refleja la productividad del dinero invertido para la producción de los muebles en estudio, en base a la siguiente fórmula.

$$Productividad\ económica = \frac{Producción}{Costos\ de\ producción}$$

La tabla 42 resume los costos de producción totales en cuanto a mano de obra, insumos y materia prima para la producción de los 3 muebles. En conclusión, la productividad económica es:

$$Productividad\ económica\ del\ escritorio\ modelo\ lineal = \frac{1\ un}{S/ 388,81} = 0,002572\ un/sol$$

$$Productividad\ económica\ del\ estante\ modelo\ básico = \frac{1\ un}{S/ 211,62} = 0,004726\ un/sol$$

$$Productividad\ económica\ del\ módulo\ básico\ de\ computo = \frac{1\ un}{S/ 331,07} = 0,003021\ un/sol$$

Los valores hallados simbolizan que Edificaciones Metálicas SAVI S.A.C. produce 0,002572 escritorios modelo lineal; 0,004726 estante modelo básico y 0,003021 módulo básico de cómputo por sol invertido en la producción de estos productos respectivamente.

e. Eficiencia de la línea

La figura 34 muestra la línea de producción actual con respecto a las operaciones en la producción del escritorio modelo lineal y la suma de los tiempos registrados en el diagnóstico.

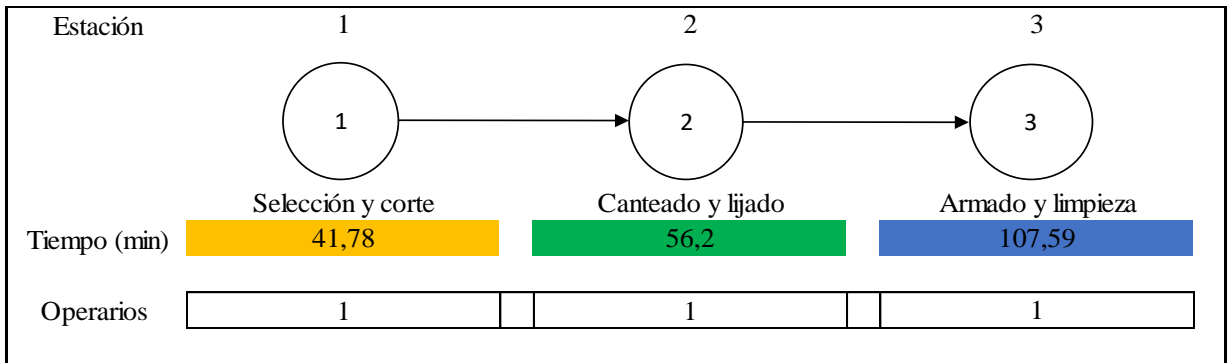


Figura 34. Balance de línea actual del escritorio modelo lineal

Fuente: Edificaciones Metálicas SAVI S.A.C.

La figura 35 muestra la línea actual de producción en cuanto a las operaciones de la producción del estante modelo básico en la empresa.

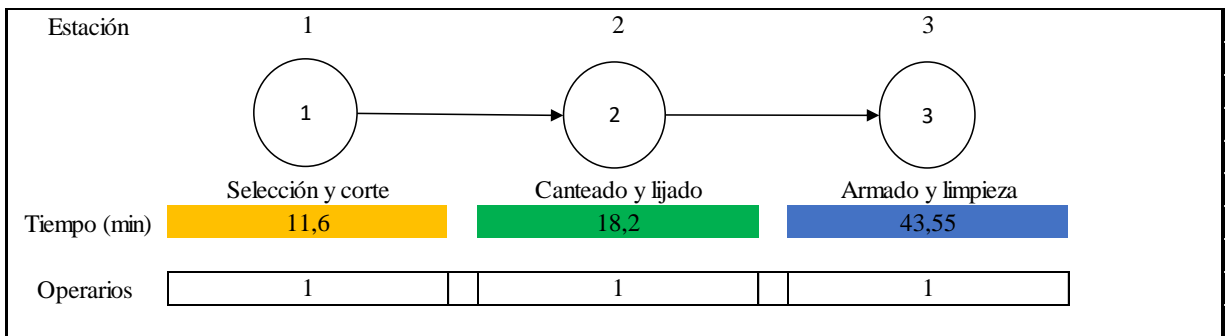


Figura 35 . Balance de línea actual del estante modelo básico

Fuente: Edificaciones Metálicas SAVI S.A.C.

De igual manera, se muestra en la figura 36 la línea actual de producción de las operaciones en el módulo básico de cómputo.

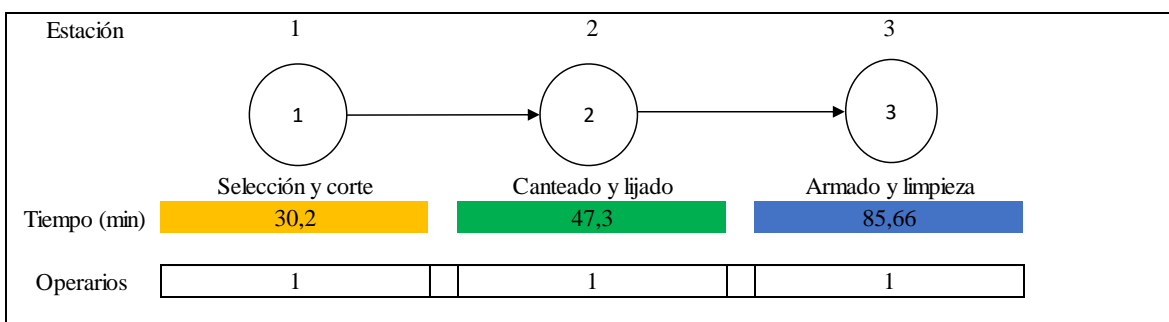


Figura 36. Balance de línea actual del módulo básico de cómputo

Fuente: Edificaciones Metálicas SAVI S.A.C.

Con respecto a esto, la estación que tiene el ciclo de control en la producción de los 3 muebles pertenece al armado, con un tiempo de ciclo total de 107,6 min, 43,6 min y 85,7 min para el escritorio modelo lineal, el estante modelo básico y el módulo básico de cómputo respectivamente, ya que es un operario el encargado de la estación. La eficiencia de línea actual se muestra a continuación, para cada uno de los productos:

$$\text{Eficiencia de línea} = \frac{\Sigma \text{Tiempos de operación total}}{N^{\circ} \text{de estaciones} \times \text{ciclo}} \times 100$$

$$\text{Eficiencia de línea del escritorio modelo lineal} = \frac{41,78 \text{ min} + 56,2 \text{ min} + 107,59 \text{ min}}{3 \times 107,59 \text{ min}} \times 100 = 63,7 \%$$

$$\text{Eficiencia de línea del estante modelo básico} = \frac{11,6 \text{ min} + 18,2 \text{ min} + 43,55 \text{ min}}{3 \times 43,55 \text{ min}} \times 100 = 56,13 \%$$

$$\text{Eficiencia de línea del módulo básico de comp} = \frac{30,2 \text{ min} + 47,3 \text{ min} + 85,66 \text{ min}}{3 \times 85,66 \text{ min}} \times 100 = 63,5 \%$$

f. Tiempos muertos

A raíz de la baja eficiencia de línea, se reflejan tiempos muertos u ociosos por parte de los 2 operarios que no corresponden al cuello de botella, a continuación, se muestra la fórmula para el cálculo de este:

$$\text{Tiempo muerto} = (N \text{ de estaciones} \times \text{Cuello de botella}) - \text{Tiempo de ciclo}$$

$$\text{Tiempo muerto para el escritorio modelo lineal} = (3 \times 107,6 \text{ min}) - 205,6 \text{ min} = 117,2 \text{ min}$$

$$\text{Tiempo muerto para el estante modelo básico} = (3 \times 43,6 \text{ min}) - 73,3 \text{ min} = 57,3 \text{ min}$$

$$\text{Tiempo muerto para el módulo básico de cómputo} = (3 \times 85,7 \text{ min}) - 163,2 \text{ min} = 93,8 \text{ min}$$

g. Horas extras de trabajo

Se muestra la producción de muebles en horas de trabajo, frente a la producción de ellos fuera de los horarios establecidos, generando un costo adicional a la empresa. Las tablas 43, 44 y 45 muestran el costo incurrido en mano de obra por horas extras trabajadas al año para cumplir con los pedidos de escritorios modelo lineal, estantes modelo básico y módulos básicos de cómputo. El cálculo del costo se obtiene mediante la multiplicación del costo por hora extra, que es S/7,20 por las horas extras trabajadas.

Tabla 43. Horas extras trabajadas para el escritorio modelo lineal en el año 2018

DEMANDA MENSUAL AÑO 2018-ESCRITORIO MODELO LINEAL						
Demanda mensual	Demanda	Muebles realizados en horarios de trabajo	Muebles producidos fuera de los horarios de trabajo	Horas extras trabajadas por operario	Horas extras trabajadas totales	Costo mano de obra total por horas extras
Ene-18	49	36	13	19	57	S/410,40
Feb-18	60	45	15	22	66	S/475,20
Mar-18	65	49	16	24	72	S/518,40
Abr-18	70	54	16	24	72	S/518,40
May-18	91	78	13	19	57	S/410,40
Jun-18	68	51	17	25	75	S/540,00
Jul-18	68	53	15	22	66	S/475,20
Ago-18	54	46	8	12	36	S/259,20
Set-18	65	52	13	19	57	S/410,40
Oct-18	64	54	10	15	45	S/324,00
Nov-18	51	42	9	13	39	S/280,80
Dic-18	68	52	16	24	72	S/518,40
TOTAL	773	612	161	238	714	S/5 140,80

Fuente: Edificaciones Metálicas SAVI S.A.C.

Tabla 44. Horas extras trabajadas para el estante modelo básico en el año 2018

DEMANDA MENSUAL AÑO 2018-ESTANTE MODELO BÁSICO						
Mes	Demanda	Un. producidas en horarios de trabajo	Un. producidas fuera de los horarios de trabajo	Horas extras trabajadas por operario	Horas extras trabajadas totales	Costo mano de obra total por horas extras
Ene-18	52	40	12	6	18	S/129,60
Feb-18	54	39	15	8	24	S/172,80
Mar-18	40	28	12	6	18	S/129,60
Abr-18	56	42	14	7	21	S/151,20
May-18	54	42	12	6	18	S/129,60
Jun-18	42	25	17	9	27	S/194,40
Jul-18	52	40	12	6	18	S/129,60
Ago-18	36	27	9	5	15	S/108,00
Set-18	39	29	10	5	15	S/108,00
Oct-18	54	42	12	6	18	S/129,60
Nov-18	49	38	11	6	18	S/129,60
Dic-18	38	25	13	7	21	S/151,20
TOTAL	566	417	149	77	231	S/1 663,20

Fuente: Edificaciones Metálicas SAVI S.A.C.

Tabla 45. Horas extras trabajadas para el módulo básico de cómputo en el año 2018

DEMANDA MENSUAL AÑO 2018-MÓDULO BÁSICO DE CÓMPUTO						
Mes	Demanda	Un. producidas en horarios de trabajo	Un. producidas fuera de los horarios de trabajo	Horas extras trabajadas por operario	Horas extras trabajadas totales	Costo mano de obra total por horas extras
Ene-18	30	18	12	14	42	S/302,40
Feb-18	43	30	13	15	45	S/324,00
Mar-18	40	27	13	15	45	S/324,00
Abr-18	48	35	13	15	45	S/324,00
May-18	69	51	18	21	63	S/453,60
Jun-18	42	30	12	14	42	S/302,40
Jul-18	40	28	12	14	42	S/302,40
Ago-18	37	28	9	10	30	S/216,00
Set-18	36	26	10	12	36	S/259,20
Oct-18	39	30	9	10	30	S/216,00
Nov-18	38	28	10	12	36	S/259,20
Dic-18	19	11	8	9	27	S/194,40
TOTAL	481	342	139	161	483	S/3 477,60

Fuente: Edificaciones Metálicas SAVI S.A.C.

En base a los datos expuestos, se muestra la tabla 46, que resume los valores hallados en el análisis.

Tabla 46. Cuadro resumen de indicadores de proceso actual

INDICADOR	Escritorio modelo lineal	Estante modelo básico	Modulo básico de cómputo
Tiempo promedio del proceso (min)	205,59	73,33	163,20
Tiempo de ciclo (min)	107,59	43,55	85,66
Producción (un/día)	4,46	11,02	5,60
Productividad de mano de obra (un/día.operario)	1,49	3,67	1,87
Productividad económica (un/sol)	0,00257192	0,004725518	0,003020519
Eficiencia económica	1,23	1,65	1,27
Tiempo de transporte (min)	19,71	11,62	17,68
Eficiencia de línea	63,69%	56,13%	63,5%
Tiempo muerto (min)	117,1888889	57,32	93,79
Horas extra usadas al año	714	231	483

Fuente: Edificaciones Metálicas SAVI S.A.C.

3.2. IDENTIFICACION DE PROBLEMAS EN EL SISTEMA DE PRODUCCION Y SUS CAUSAS

3.2.1. Análisis y evaluación de la información del proceso

La empresa Edificaciones Metálicas SAVI S.A.C. presenta diversos problemas en el proceso productivo de sus productos, que conlleva a la baja productividad en su sistema de producción con respecto a los muebles estudiados.

3.2.1.1.Falta de estandarización de tiempos

Como se mostró en el estudio de tiempos en las tablas 21, 22 y 23 con respecto al escritorio modelo lineal, el estante modelo básico y el módulo básico de cómputo, existen variaciones en sus tiempos de producción, ya que la empresa no cuenta con tiempos estandarizados definidos.

3.2.1.2.Tiempos muertos

A raíz de la diferencia de tiempos de operación en la producción de los muebles, los operarios que corresponden a las estaciones que no representan el cuello de botella tienen tiempos ociosos o muertos para el proceso de producción, ya que lo ocupan en otras actividades por encargo de administración. Los tiempos muertos respectivos son de 117,19 min para el escritorio modelo lineal, 57,32 para el estante modelo básico y 93,79 para el módulo básico de cómputo.

3.2.1.3.Tiempo de transportes altos

Como se describió anteriormente, los operarios incurren tiempos de transporte altos en promedio en el proceso de producción, como son 19,7 min para el escritorio modelo lineal, 11,6 min para el estante modelo básico y 17,7 min para el módulo básico de cómputo. La tabla 48 muestra, en resumen, los tiempos de transporte promedio para los 3 muebles en estudio.

Tabla 47. Tiempos de transporte en la producción de los 3 muebles

Transporte	Tiempo (min)		
	Escritorio modelo lineal	Estante modelo básico	Módulo básico de cómputo
Transporte plancho de melamine a cortadora	0,85	0,99	0,93
Transporte de plancha MDF	1,93	0,83	1,14
Transporte de piezas a canteadora	2,33	1,31	2,48
Transporte a almacén de tapacantos	1,47	-	1,56
Transporte de piezas a mesas de ensamble	6,43	4,24	5,21
Transporte de piezas MDF a armado	2,28	1,48	2,35
Transporte de almacén de insumos	0,54	0,55	0,61
Transporte a almacén o lugar de entrega	3,88	2,22	3,42
TOTAL	19,71	11,62	17,68

Fuente: Edificaciones Metálicas SAVI S.A.C.

En efecto el tiempo de transporte incurre un tiempo alto, sin embargo, este incurre en distracciones del operario al momento de regresar por las piezas tanto cortadas y/o canteadas, como por la plancha de melamina y MDF.

3.2.1.4. Tiempo de espera de materiales

Para la entrega de materiales que se utilizan en la producción de los muebles, el operario debe pedir a la encargada del almacén que le haga entrega de los materiales, teniendo que esperar la recolección y registro de entrega. Esto se debe a raíz de que la empresa desconoce la producción diaria. El tiempo de espera para el escritorio modelo lineal es de 5,32 min, para el estante modelo básico es de 4,59 y la espera en promedio para el módulo básico de cómputo es de 4,83 min.

3.2.1.5. Sobrecarga de actividades en el cuello de botella

Como se observó en los cursogramas de la operación de armado y limpieza de los muebles en estudio, el operario a cargo se encuentra sobresaturado de actividades

productivas, sumando un tiempo de operación de corte de 107,59 min para el escritorio modelo lineal, 43,55 min para el estante modelo básico y 85,66 min para el módulo básico de cómputo.

A raíz de la evaluación de factores, se presenta el método del diagrama de Ishikawa, graficado en la figura 37.

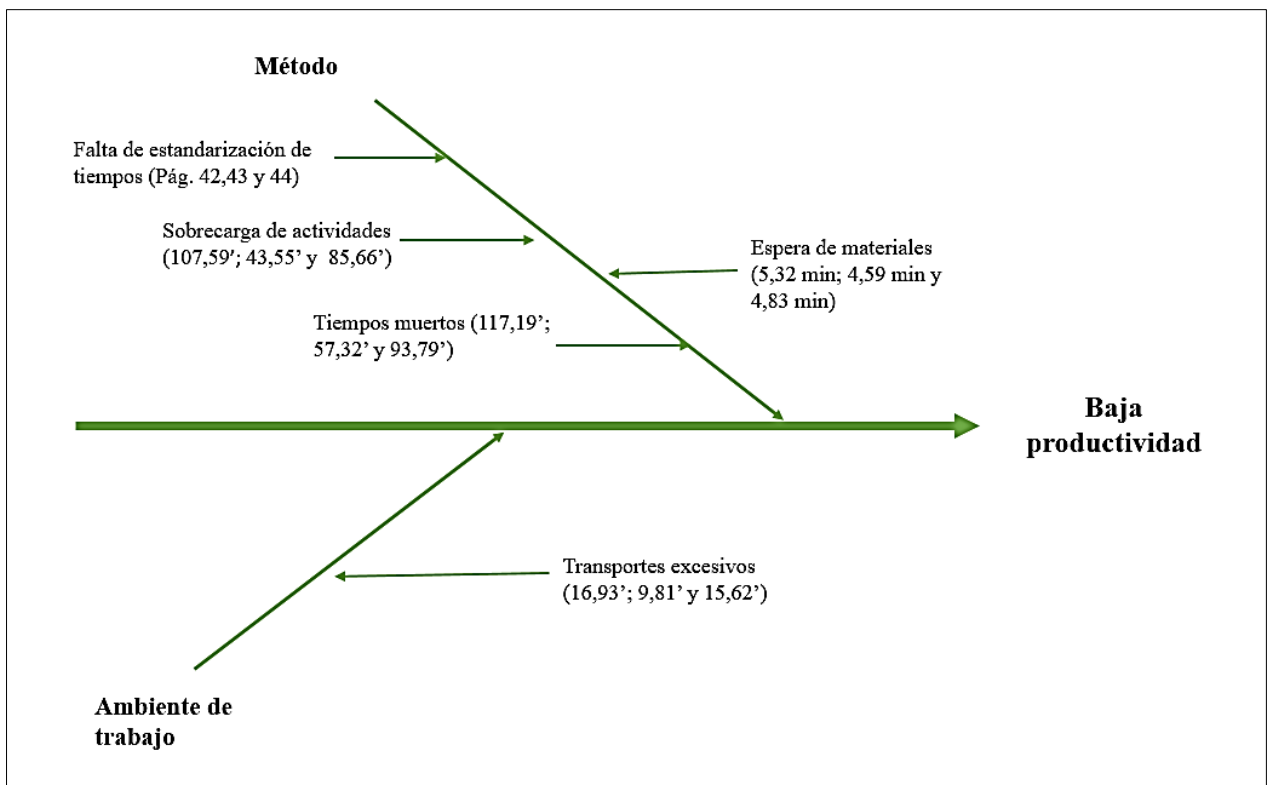


Figura 37. Diagrama de Ishikawa

Fuente: Edificaciones Metálicas SAVI S.A.C.

3.2.2. Cuadro de Problemas, Causas y Pérdidas

La tabla 48 muestra el cuadro de análisis de problemas y las causas que lo generan, así como las pérdidas económicas generadas por cada una de ellas. El costo hallado por cada causa se halló multiplicando los S/ 5,77 que se le paga al operario por hora.

Tabla 48. Pérdida económica por el problema de estudio

PROBLEMA	CAUSAS	PÉRDIDA ECONÓMICA S/		
		Escritorio modelo lineal	Estante modelo básico	Módulo básico de cómputo
Baja productividad en el sistema productivo	Tiempos muertos	S/ 11,27	S/ 5,51	S/ 9,02
	Transportes excesivos	S/ 1,89	S/ 1,12	S/ 1,70
	Tiempo de espera	S/ 0,51	S/ 0,44	S/ 0,46
Total		S/ 13,67	S/ 7,07	S/ 11,18
Costo de mano de obra por mueble		S/ 31,04	S/ 12,56	S/ 24,71
% de costo total de mano de obra pagada por unidad		44,05%	56,26%	45,23%

Fuente: Edificaciones Metálicas SAVI S.A.C.

3.2.3. Instrumento de orientación de Enfoque de Investigación

La tabla 49 muestra la matriz de consistencia que evidencia el problema y las diferentes causas, y la relación de estas junto a la metodología a usar en la investigación para así alcanzar los objetivos planteados que serán reflejados con los indicadores, para el posterior análisis de los resultados de la propuesta de mejora presentada.

Tabla 49. Matriz de consistencia

Área	Problema	Causas	Metodologías	Tecnologías/ Herramientas	Logros	Indicadores
Producción	Baja productividad	Falta de estandarización de tiempos de producción	Ingeniería de métodos	Estandarización de tiempos	Tiempos de producción estandarizados	$T. estándar = \frac{T. normal}{1-Suplementos}$
		Sobrecarga de actividades en el cuello de botella		Balace de línea	Aumento de la eficiencia de línea	$\Delta Eficiencia de línea = \frac{Eficiencia de línea 2 - Eficiencia de línea 1}{Eficiencia de línea 1}$
		Tiempos muertos		Aplicación de tarjetas kanban	Reducción de hora extras	$\Delta Horas extra = \frac{Horas extra 2 - Horas extra 1}{Horas extra 1}$
		Tiempo de espera de materiales			Reducción de ciclo (cuello de botella)	$\Delta Tiempo de ciclo = \frac{Tiempo de ciclo 2 - Tiempo de ciclo 1}{Tiempo de ciclo 1}$
					Aumento de la productividad	$\Delta Productividad = \frac{Productividad 2 - Productividad 1}{Productividad 1}$
	Transportes excesivos	Diseño y distribución de planta	Systematic Layout Planning (SLP), Método de Guerchet	Reducción en tiempos y número de transportes	$\Delta Tiempo de transporte = \frac{Tiempos de transporte 2 - Tiempos de transporte 1}{Tiempos de transporte 1}$	

Fuente: Edificaciones Metálicas SAVI S.A.C.

3.2.4. Problemas, Causas y Propuestas de Solución en el Sistema de Producción

- **Problema principal**

El problema principal que afronta la empresa Edificaciones Metálicas SAVI S.A.C. es la baja productividad en el sistema productivo de muebles de melamina, evidenciado en las actividades que no generan valor al producto y al desbalance de línea actual.

- **Causas**

- a) **Transportes excesivos**

La mala distribución de planta y la falta de máquinas o materiales que faciliten el transporte de las piezas para la producción de muebles extienden los tiempos de transporte en el proceso de fabricación de la línea de melamina: 19,71 min para el escritorio modelo lineal, 11,62 min para el estante modelo básico y 17,68 min para el módulo básico de cómputo.

- b) **Falta de estandarización de tiempos**

La empresa no cuenta con tiempos de producción estándar definidos, generando desniveles en producción.

- c) **Sobrecarga de actividades en el cuello de botella**

Como se observó en los cursogramas de armado, el operario a cargo se encuentra sobresaturado de actividades que generan valor al producto, generando así un cuello de botella en la línea de producción de melamina.

- d) **Tiempos muertos**

A raíz del cuello de botella generado en la estación de armado, los operarios a cargo del canteado y corte de piezas tienen tiempos ociosos, ocupándolos en actividades que no tienen que ver con el proceso de producción, generando además una baja eficiencia de línea: 63,69% para el escritorio modelo lineal, 56,13 % para el estante modelo básico y 63,5 % para el módulo básico de cómputo.

e) Tiempo de espera de materiales

El operario de armado debe esperar a que la encargada de almacén de materiales haga entrega de estos para la fabricación de un mueble, generando actividades improductivas de espera, extendiendo el tiempo de ciclo del producto a fabricar.

- **Propuestas de mejora**

a) Mejora 1: Redistribución de planta

El fin de la redistribución de planta es la reducción en tiempos de transporte, con las instalaciones propias de la planta y aquellas propuestas por la mejora, tomando en cuenta los requerimientos de áreas en estaciones de trabajo según el método Guerchet, y la propia distribución en base al método Systematic Layout Planning (SLP). Además, se propuso la adquisición de carros de transporte para la carga de planchas de melamina y MDF.

b) Mejora 2: Estandarización de métodos de trabajo

A raíz de que la empresa carece de un tiempo estándar para la fabricación de sus productos, generando desniveles en la producción y la utilización de horas extra, se propone estandarizar los tiempos de producción. Para ello, es necesario describir con claridad las actividades que se realizarán en el proceso, proponiendo instructivos de trabajo en cada estación.

c) Mejora 3: Balance de línea

El balance de línea de producción tiene la finalidad igualar en lo posible, los tiempos de trabajo de los 3 operarios, reduciendo el cuello de botella y así reducir los tiempos muertos de los operarios de corte y canteado. Para facilitar el flujo del proceso se propone a su vez la aplicación de tarjetas Kanban. Para el desarrollo del balance de línea de la propuesta, es necesario la contratación de un operario en la estación de armado, debido a la sobrecarga de actividades que tiene el operario.

3.4. Desarrollo de propuesta en el sistema de producción

3.4.1. Mejora 1: Redistribución de planta

3.4.1.1. Carretilla de transporte

En el estudio realizado, mediante la observación en los transportes realizados en cuanto a las planchas de melamina desde el almacén de materia prima hasta el cortado, se recorre una distancia considerable en cuanto a planchas que pesan aproximadamente 10 kg, generando fatiga a los operarios y alargando el tiempo de transporte, afectando a la larga a la productividad. Frente a este problema, la primera propuesta consiste en la producción una carretilla de que acople las planchas de melamine y MDF, gracias a la disponibilidad de material en cuanto a que la empresa dispone también con un área de trabajo de metal, ostentando no solo materia prima para este si no mano de obra calificada para el trabajo. Se requiere producirlas ya que las medidas requeridas para las carretillas transportadoras deben tener las medidas descritas en la tabla 50 en cuanto a ancho, y estas no se encuentran disponibles en el mercado. El uso de las carretillas facilitará el transporte de planchas de melamina, haciendo que el operario realice el transporte de forma rápida y ergonómica, sin la necesidad de tener que regresar por las demás planchas, además de que, gracias a la carretilla, se mantendrán las planchas en orden y evitando la interferencia en el recorrido a las demás etapas del proceso.

Para el cálculo de las dimensiones que debe tener la carretilla, se debe tener en cuenta el número de planchas necesarias para la producción diaria de los 3 productos, considerando el procesamiento de las 25 planchas del estante modelo básico, y las medidas correspondientes a estas, donde cada una de ellas tiene un grosor de 18 mm., adicionándole además el espacio a ocupar por los 3 tubos de acero (\varnothing : 25,4 mm) y las 25 planchas de MDF (4 mm). A ello, se le adiciona un espacio de tolerancia para la fácil manipulación de planchas, considerando 1,2 m el ancho total de la plataforma. El largo de la plataforma se determina por el tamaño de las planchas, considerando apropiada la medida de 1,8 ya que es la necesaria para mantener el equilibrio de la plancha.

Tabla 50. Ficha técnica de carretilla transportadora de planchas

Carretilla porta planchas	
Largo de plataforma (m)	1,8
Ancho de plataforma (m)	1,2
Largo de tubos (m)	1,8
Altura de tubos (m)	0,9 m; 0,6 m; 0,3 m.
Capacidad de planchas	9 planchas
Tipo de ruedas	Giratorias



Fuente: Edificaciones Metálicas SAVI S.A.C.

3.4.1.2. Método Guerchet

El método Guerchet permite calcular el área necesaria para el área de producción de melamina, con los datos tomados de las medidas de las máquinas y elementos otros de esta, además de considerar los nuevos componentes de la propuesta. Para la aplicación del método es necesario determinar la constante K mediante el promedio de la altura de los elementos tanto móviles como fijos. Los trabajadores se consideran como aquellos elementos móviles. La tabla 51 muestra las alturas de los elementos de la estación de corte, incluido el carro de transporte de melamina propio de la mejora.

Tabla 51. Altura de elementos en estación de corte

Altura de elementos en la estación			
Elementos fijos (m)		Elementos móviles (m)	
Cortadora Xenia 30	0,9	Operario	1,70
Aspirador de polvo	2	Carro transportador de melamina y MDF	2,50
Promedio	1,45	Promedio	2,10

Fuente: Edificaciones Metálicas SAVI S.A.C.

Por ende, el cálculo de la constante K para la estación de corte es:

$$K = \frac{E. M\acute{o}viles}{2 \times E. fijos} = \frac{2,1 m}{2 \times 1,45 m} = 0,72$$

En la tabla 52 se muestra el cálculo del área necesaria para la estaci3n de corte, donde se puede observar que se requieren 80,26 m² para el área que está destinada al cortado de piezas en conjunto con los componentes propios de la propuesta (carro transportador de melamina).

Tabla 52. Estimaci3n de área de corte

Elemento	n	N	Largo (L)	Ancho (L)	SS	SG	Altura (h)	SE	S	ST
Elementos m3viles										
Operarios	4		0,75	0,5	0,375		1,70			
Carro transportador de melamina y MDF	1	3	2,4	0,8	1,92	5,76	2,5	5,56	13,24	13,24
Elementos fijos										
Cortadora Xenia 30	1	2	3,7	3,35	12,4	24,79	0,9	26,93	64,11	64,11
Aspirador de polvo	1	2	0,72	0,78	0,56	1,12	2	1,22	2,90	2,90
Superficie Total m²										80,26

Fuente: Edificaciones Metálicas SAVI S.A.C.

De igual manera, la tabla 53 muestra las alturas de los elementos de la estaci3n de canteado, incluido las carretillas contenedoras kanban, mostradas posteriormente en la mejora 3.

Tabla 53. Altura de elementos en estaci3n de canteado

Altura de elementos en la estaci3n			
Elementos fijos (m)		Elementos m3viles (m)	
Compresora de aire	1,8	Operarios	
Enchapadora de cantos curva	1,7	Contenedores de piezas cortadas	1,60
Enchapadora de cantos lineal + mesa de lijado	1,44		
Aspirador de polvo	2		1,32
Promedio	1,75	Promedio	1,46

Fuente: Edificaciones Metálicas SAVI S.A.C.

Por ende, el cálculo de la constante K para la estación de canteado es:

$$K = \frac{E. M\acute{o}viles}{2 \times E. fijos} = \frac{1,46}{1,75} = 0,42$$

El área necesaria para el proceso del canteado, que contiene a la máquina canteadora de cantos, los contenedores de piezas cortadas propias de la propuesta de mejora, la enchapadora curva, la aspiradora de polvo de la máquina y la compresora de aire, que debe estar compartida entre la estación de corte y canteado, debido a que las dos máquinas comparten la compresora, comprende un total de área de 72,05 m², como se puede apreciar en la tabla 54.

Tabla 54. Estimación del área de canteado

Elemento	n	N	Largo (L)	Ancho (L)	SS	SG	Altura (h)	SE	S	ST
Elementos móviles										
Operarios	4		0,5	0,5	0,25		1,6			
Contenedores de piezas cortadas	3	4	1,2	0,6	0,72	2,9	1,32	1,52	5,12	15,35
Elementos fijos										
Compresora de aire	1	2	0,72	0,78	0,56	1,12	1,8	0,71	2,39	2,39
Enchapadora de cantos curva	1	2	1,8	0,9	1,62	3,24	1,7	2,05	6,91	6,91
Enchapadora de cantos lineal + mesa de lijado	1	3	6,6	1,2	7,92	23,8	1,44	13,3	45,01	45,01
Aspirador de polvo	1	2	0,72	0,78	0,56	1,12	2	0,71	2,39	2,39
<i>Superficie Total m²</i>										72,05

Fuente: Edificaciones Metálicas SAVI S.A.C.

Por último, la tabla 55 muestra las alturas de los elementos de la estación de armado, incluido las carretillas contenedoras Kanban, mostradas posteriormente en la mejora 3.

Tabla 55. Altura de elementos en estación de canteado

Altura de elementos en la estación			
Elementos fijos		Elementos móviles	
Mesa de trabajo	0,9	Operarios	1,70
Estantes de materiales	1,8	Contenedores de piezas canteadas	1,32
Promedio	1,35	Promedio	1,51

Fuente: Edificaciones Metálicas SAVI S.A.C.

El cálculo de la constante K para la estación de armado es:

$$K = \frac{E. Móviles}{2 \times E. fijos} = \frac{1,51}{1,35} = 0,56$$

Para la etapa del ensamble de las piezas se requiere un espacio que incluya las mesas de trabajo de los 2 operarios y los estantes de materiales necesarios para ensamble y los contenedores propios de la propuesta, es necesaria un área mínima de 42,29 m² para el desarrollo de las actividades, como se muestra en la tabla 56.

Tabla 56. Estimación del área de ensamble

Elemento	n	N	Largo (L)	Ancho (L)	SS	SG	Altura (h)	SE	S	ST
Elementos móviles										
Operarios	4		0,5	0,5	0,25			1,7		
Contenedores de piezas canteadas	2	4	1,2	0,6	0,7 2	2,8 8	1,3	2,01	5,61	11,2 3
Elementos fijos										
Mesa de trabajo	2	4	1,8	1	1,8	7,2	0,9	5,04	14,0 4	28,0 7
Estantes de materiales	2	1	1,2	0,4	0,4 8	0,4 8	1,8	0,54	1,50	2,99
Superficie Total m²										42,2 9

Fuente: Edificaciones Metálicas SAVI S.A.C.

3.4.1.3. Systematic Layout Planning (SLP)

Luego se procede a establecer la ubicación adecuada de cada componente, que generen menores distancias de recorrido y menor cruce entre actividades. Para esto se realizó el diagrama de relaciones confrontando a todas las áreas en base a la leyenda de la tabla 57.

Tabla 57. Códigos de valores de proximidad

Código	Valor de proximidad
A	Absolutamente necesario
E	Especialmente necesario
I	Importante
O	Normal u ordinario
U	Sin importancia
X	No recomendable

Fuente: García [16]

A continuación, la tabla 58 muestra la codificación de los motivos de la ubicación de cada área con respecto a la mejora propuesta.

Tabla 58. Códigos de motivos

Código	Motivos
1	Uso de mismo equipo
2	Flujo del proceso
3	Facilitar almacenamiento
4	Facilitar desechos de material
5	Monitoreo del proceso
6	Alcance de materiales
7	No es necesario
8	No se desea cerca

Fuente: Edificaciones Metálicas SAVI S.A.C.

Tabla 59. Diagrama de relaciones de áreas

ÁREAS	ÁREA DE ARMADO	ALMACÉN DE MATERIALES	ALMACÉN DE MELAMINA Y MDF	ALMACÉN DE PRODUCTO TERMINADO	ÁREA DE CORTE	ÁREA DE CANTO	SS HH	ÁREA DE DESPERDICIOS	OFICINAS ADMIN.	ÁREA DE VENTAS
ÁREA DE ARMADO	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ALMACÉN DE MATERIALES	A	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ALMACÉN DE MELAMINA Y MDF	U	I	-	-	-	-	-	-	-	-
ALMACÉN DE PRODUCTO TERMINADO	A	I	U	-	-	-	-	-	-	-
ÁREA DE CORTE	I	I	A	U	-	-	-	-	-	-
ÁREA DE CANTO	A	A	U	U	A	-	-	-	-	-
SS HH	U	U	U	U	U	U	-	-	-	-
Á. DE DESPERDICIOS	U	U	U	X	A	I	U	-	-	-
OFICINAS ADMIN.	U	I	I	I	I	U	I	U	-	-
ÁREA DE VENTAS	I	U	U	A	U	U	U	X	I	-

Fuente: Edificaciones Metálicas SAVI S.A.C.

En la figura 38 se puede apreciar la matriz relacional, donde se describe la simbología que representa la importancia de cercanía o lejanía entre áreas y se detalla la razón de cada decisión de ubicación según el flujo del proceso.

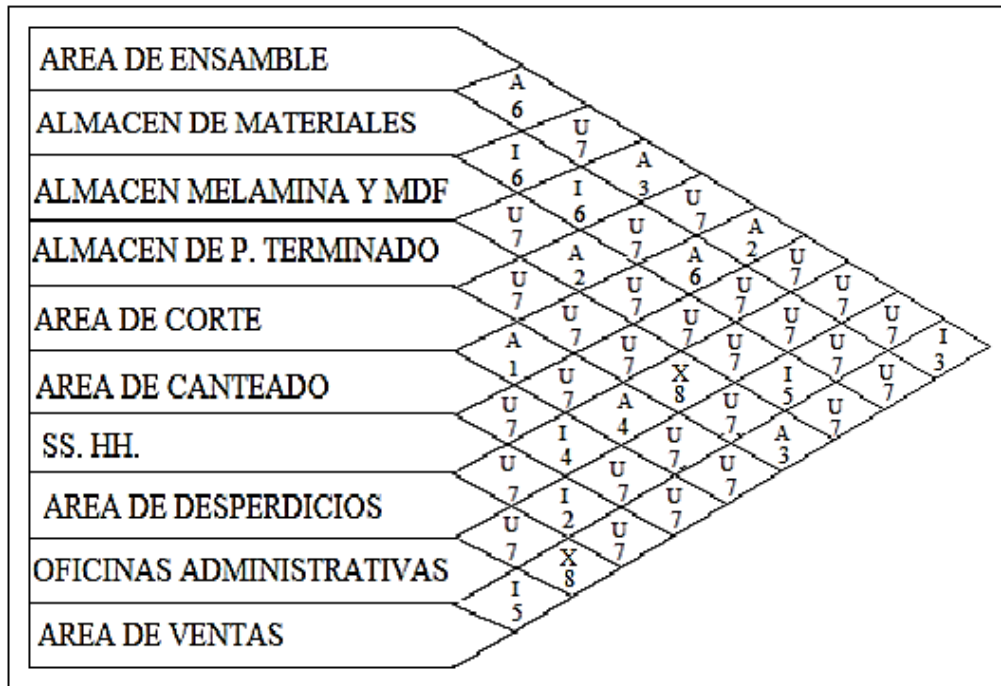


Figura 38. Matriz relacional
Fuente: Edificaciones Metálicas SAVI S.A.C.

El flujo del proceso justifica los valores presentados, ya que el proceso inicia desde la recepción de materia prima (melamina) al área de cortado, es por tanto que se requiere que estas dos áreas se hallen cercanas, para luego proceder al proceso del canteado, por lo tanto, deben encontrarse próximas e igualmente con la última etapa. Además, la maquina canteadora y la cortadora comparten el uso de la compresora.

Se realizó, además, el diagrama de relaciones entre las distintas actividades del proceso productivo de los cuatro productos estudiados en Edificaciones Metálicas SAVI S.A.C, donde en la tabla 60, se pueden apreciar los códigos asignados y usados en el diagrama de relaciones.

Tabla 60. Codificación de áreas

Área	Código
Área de ensamble	A
Almacén de materiales	B
Almacén de melamina y MDF	C
Almacén de PT	D
Área de canteado	E
SS. HH.	F
Área de desperdicios	G
Área de corte	H
Área de ventas (mostradores)	I

Fuente: Edificaciones Metálicas SAVI S.A.C.

La leyenda de líneas puede encontrarse en la tabla 3. A continuación se muestra el diagrama de relaciones de las áreas.

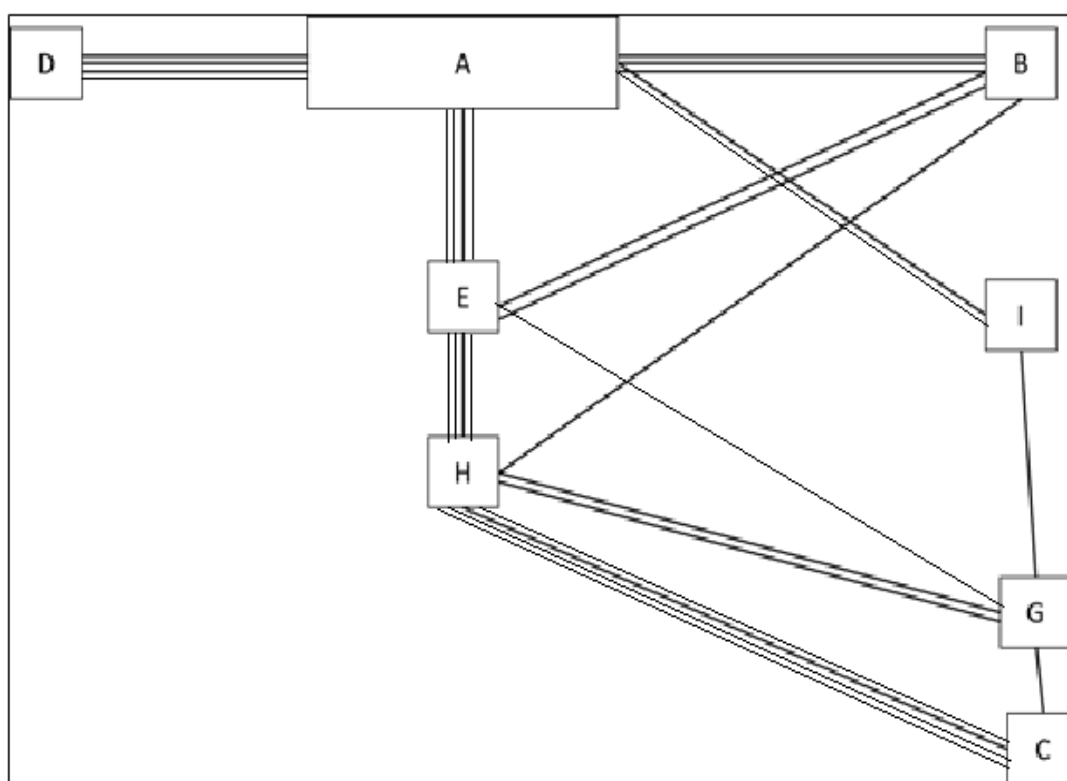


Figura 39. Diagrama de relación de actividades propuesto

Fuente: Edificaciones Metálicas SAVI S.A.C.

El diagrama de relaciones propuesto se elaboró en base a los siguientes criterios:

- Cercanía de almacén de melamina con máquina cortadora, ya que es la primera transformación física que sufre la melamina.
- Debido al flujo del proceso de producción de los muebles, la máquina cortadora debe encontrarse a una distancia pequeña de la canteadora lineal, pero con el suficiente espacio para los contenedores propios de la propuesta.
- La enchapadora de cantos debe encontrarse adyacente de la mesa de lijado debido a que es ella la que recibe las piezas para su inspección.
- El almacén de accesorio, insumos y tapacantos debe encontrarse disponible para las mesas personales de trabajo de los dos operarios, y a su vez encontrarse disponible en caso se necesite material de limpieza las mesas de limpieza. También debe estar cerca a la máquina canteadora, guardando un espacio para los contenedores que contienen las piezas canteadas.

La figura 40 muestra la distribución de planta propuesta.

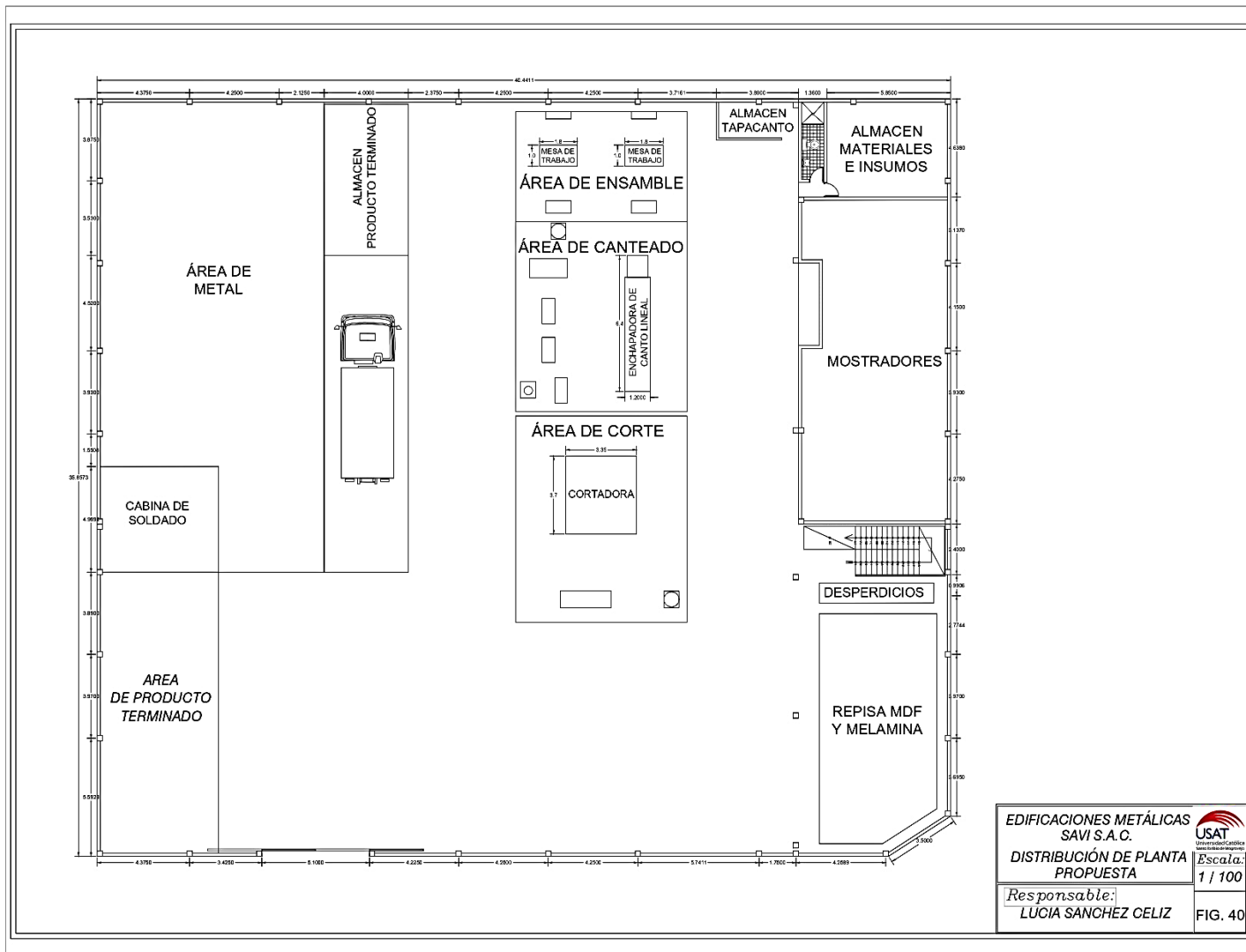


Figura 40. Redistribución de planta propuesta

Con respecto a la distribución propuesta y la adición de las carretillas, los tiempos de transporte disminuyen en cuestión de que los operarios no tendrían que regresar repetidas veces por las piezas cortadas y canteadas, además de no tener que trasladar las piezas MDF a las mesas de ensamble, ya que el operario colocará estas en los contenedores una vez cortadas, eliminando el transporte de la cortadora hacia las mesas de ensamble.

En base a un cálculo de regla de tres simple, se hallaron los nuevos tiempos de transporte con respecto a las nuevas distancias, mostradas en la tabla 61, en base al tiempo efectivo de transporte.

Tabla 61. Tiempos de transporte de la propuesta

Transporte	Distancia	Tiempo (seg)	Tiempo (min)
Transporte de plancha de melamina y MDF	13	15	0,25
Transporte de piezas cortadas a canteadora	4	6	0,1
Transporte a almacén de tapacantos	11	23	0,38
Transporte de piezas a mesas de ensamble	8	10	0,17
Transporte a almacén de PT	9	120	2

Fuente: Edificaciones Metálicas SAVI S.A.C.

Cabe resaltar, que en el caso de la producción del estante modelo básico, el operario no requiere hacer un traslado a almacén de tapacantos.

3.4.1.4. Ambiente físico

a) Estación de corte

La adquisición de nuevos elementos de transporte, requiere espacio para ello. Se propone entonces la siguiente distribución del puesto de trabajo de la estación de corte, mostrado en la figura 41. Las áreas delimitadas fueron halladas en la tabla 52.

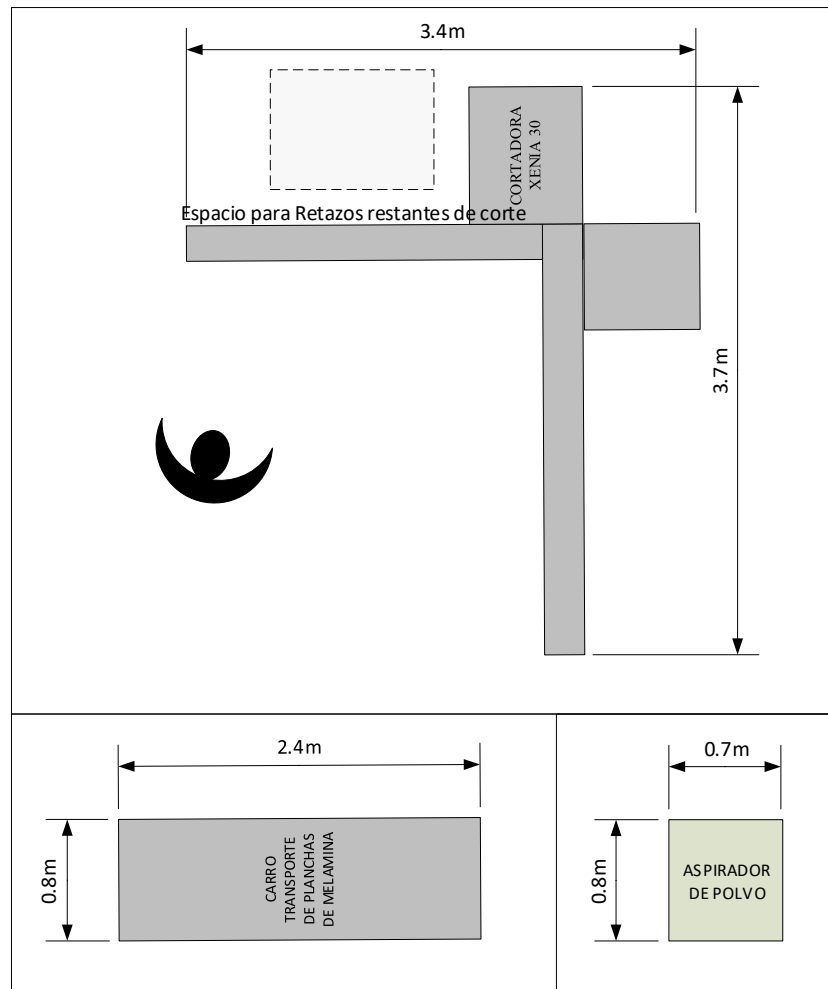


Figura 41. Estación de trabajo del cortado

b) Estación de canteado

La figura 42 ilustra la distribución del área de canteado propuesto, y los espacios requeridos para los componentes de este. Las áreas delimitadas fueron halladas en la tabla 54.

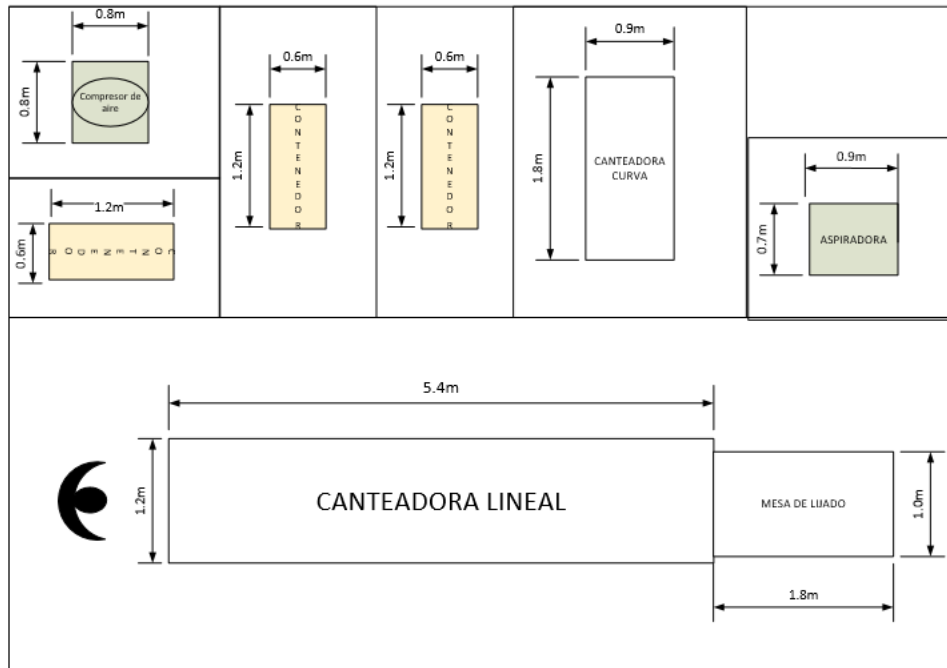


Figura 42. Estación de canteado

c) Estación de armado

La figura 43 muestra el diseño de puesto de trabajo de los operarios de armado, con las respectivas medidas de los contenedores propuestos y los estantes. Las áreas delimitadas fueron halladas en la tabla 56.

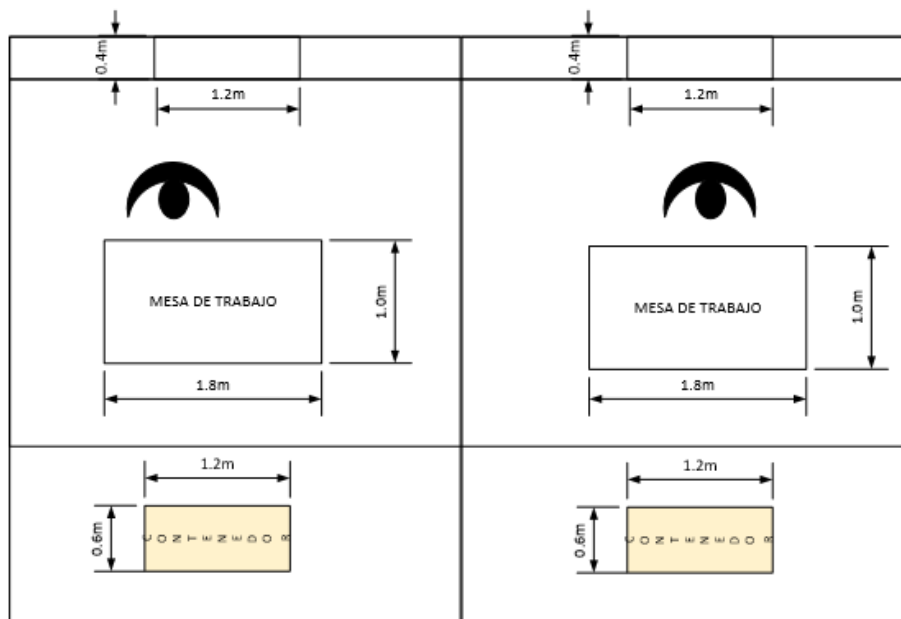



Figura 43. Estación de trabajo armado


Para la delimitación de aquellos espacios que ocupan los materiales móviles a proponer posteriormente (carros de transporte), es necesaria la adherencia de una cinta reflectante blanca, mostrada en la tabla 62.

Tabla 62. Ficha técnica de cinta reflectante blanca

CINTA REF TOPEX BLANCO	
<p>Descripción Cinta reflectante resistente a la humedad, corrosión y aceites, no corrosiva. Posee un soporte flexible y un rango de temperatura de trabajo de -7°C hasta 60°C. Hecha a base de vinilo.</p>	
<p>Usos: Especial para delimitación de celdas de trabajo y carriles de tráfico.</p>	
<p>Modo de uso: Se debe adherir al piso según la delimitación antes calculada para cada área de trabajo. Las superficies en las que se va a aplicar la cinta, deberán estar limpias, secas y libres de grasas, aceites u otros contaminantes.</p>	
<p>Precio: S/ 19.90</p>	
<p>Proveedor: Topex</p>	<p>Tiempo de reposición: 1 vez al año</p>
<p>Fuente: TOPEX</p>	<p>Cantidad a requerir: 01</p>

Como parte de la propuesta, se requiere a su vez delimitar las áreas con cintas reflectoras que diferencian los espacios de cada estación, ya que la empresa no cuenta con un espacio definido y designado para las estaciones de trabajo en general. Para esto, se propone adherir cintas reflectoras para la delimitación de celdas de trabajo. La ficha técnica de la cinta reflectora a adquirir se muestra en la tabla 63.

Tabla 63. Ficha técnica de cinta reflectora amarilla

CINTA SEGURIDAD VIAL 2" AMARILLO	
<p>Descripción Cinta reflectante resistente a la humedad, corrosión y aceites, no corrosiva. Posee un soporte flexible. Rango de temperatura de trabajo de -7°C hasta 60°C. Hecha de Policloruro de vinilo flexible (SPVC).</p>	
<p>Usos: Especial para delimitación de celdas de trabajo y carriles de tráfico.</p>	
<p>Modo de uso: Se debe adherir al piso según la delimitación antes calculada para cada área de trabajo. Las superficies en las que se va a aplicar la cinta, deberán estar limpias, secas y libres de grasas, aceites u otros contaminantes.</p>	
<p>Precio: S/ 29.90</p>	
<p>Proveedor: Topex</p>	<p>Tiempo de reposición: 1 año</p>
<p>Fuente: Sodimac</p>	<p>Cantidad a requerir: 01</p>

3.4.2. Mejora 2: Estandarización del método de trabajo

3.4.2.1. Procedimientos operativos estándar

3.4.2.1.1. Corte

Para la estandarización del método de trabajo, se establecen en principio Procedimientos Operativos Estándar que debe seguir el operario en cada puesto de trabajo, e indica las subactividades que conlleva la operación que realiza. Los procedimientos están basados en la estructura que dicta la norma ISO 9001, donde debe contener los puntos mostrados. Cabe resaltar que las medidas de corte deben ser actualizadas según las especificaciones de medida del cliente. Además, la figuras 12 y 13 en el diagnóstico, evidencian que los operarios no hacen uso de equipos de protección personal, poniendo en riesgo su integridad física. Es por ello que los procedimientos incluyen también la instrucción del uso de equipos de protección personal, que deben ser adquiridos por el empleador. La ficha técnica de estos se puede encontrar en los anexos 1 y 2.



PROCEDIMIENTO DE CORTADO DE PLANCHAS DE MELAMINA Y MDF PARA LAS PIEZAS DEL ESCRITORIO MODELO LINEAL, ESTANTE MODELO BÁSICO Y MÓDULO BÁSICO DE CÓMPUTO

01. Objetivo

Cortar las planchas de melamina y MDF para la producción del escritorio modelo lineal, estante modelo básico y módulo básico de computo en la empresa Edificaciones Metálicas SAVI S.A.C. de manera óptima.

02. Alcance

El presente instructivo abarca desde la lectura de la orden de las hojas de cortado hasta la descarga de piezas cortadas (acomodo).

03. Definiciones

- **Plancha de melamina:** es un aglomerado de astillas y restos de bagazo comprimidos, cubiertos por una lámina, que es un polímero sintético que le da un buen acabado a la superficie de los tableros.
- **MDF:** tablero de fibras de madera de pino radiata que están conformadas por adhesivos urea-formaldehído y son obtenidas mediante un proceso termo-mecánico y unidas con adhesivo mediante altas presiones y temperaturas.
- **Cortadora:** tablero de mesa deslizante automático, que, con ayuda del operario, corta gracias a sierras inclinables hechas de hierro fundido.
- **Corte de acondicionamiento:** corte de los bordes de la plancha de melamina, por efecto de imperfecciones de este (1 mm aprox).
- **Calibrado:** la cortadora es calibrada a las medidas necesarias para el corte.

04. Responsabilidades

- **Administración:** proporcionar hojas de corte realizadas en el software al operario.
- **Operario de cortado:** recibir hojas de corte por parte de administración, cumplir y aplicar lo planteado en el presente procedimiento en el cortado.

05. Desarrollo

a. Antes de comenzar la operación

- Verificar si la hoja de corte entregada por administración es la adecuada al producto a realizar.
- Verificar el orden y limpieza en el puesto de trabajo.
- Seleccionar la plancha de melamina y la plancha MDF a cortar, según los requerimientos del cliente (color).

Figura 44. Procedimiento de corte - pág. 1



b. Operación de cortado

En la empresa Edificaciones Metálicas SAVI S.A.C., el operario de cortado sigue las actividades mostradas en la tabla 1 para la obtención de las piezas cortadas en la elaboración de los productos en estudio.

Tabla 1. Actividades del corte

ACTIVIDAD	DESCRIPCIÓN
Corte de acondicionamiento	También llamado refilado, el operario corta aproximadamente 1 mm de los bordes de la plancha.
Corte de acondicionamiento	El operario lee la hoja de corte proveída por administración para verificar los cortes a realizar.
Carga de plancha	Al momento del primer corte, el operario debe cargar la plancha de melamina o MDF.
Calibrado	El operario adecúa las sierras de la cortadora para la obtención de las piezas con las medidas requeridas.
Corte	Con la ayuda del operario (empuje), la cortadora corta la melamina o MDF.
Descarga de pieza	Una vez cortada la pieza, el operario se encarga de descargar la pieza y ordenarla rápidamente en el carro de transporte que irá a la operación de canteado.
Búsqueda de pieza	En caso se trate de piezas pequeñas, el operario debe buscar que piezas se acomodan más para el corte, según la medida.

Los anexos 1, 2 y 3 muestran las medidas necesarias junto a la codificación de las piezas a cortar, para los productos: Escritorio modelo lineal, estante modelo básico y módulo básico de computo.

Figura 45. Procedimiento de corte -pág. 2



06. Anexos

Anexo 1. Medidas de corte para Escritorio modelo lineal

Elemento	COD. pieza	Pieza	Medidas (mm)		
			Largo	Altura	
Cajón 1	LFC1	Lateral frontal cajón 1	302	140	
	PFC1	Pieza frontal cajón 1	420	174	
	LPC1	Lateral posterior cajón 1	302	140	
	LDC1	Lateral derecho cajón 1	400	140	
	LIC1	Lateral izquierdo cajón 1	400	140	
Cajón 2	LFC2	Lateral frontal cajón 2	302	140	
	PFC2	Pieza frontal cajón 2	420	174	
	LPC2	Lateral posterior cajón 2	302	140	
	LDC2	Lateral derecho cajón 2	400	140	
	LIC2	Lateral izquierdo cajón 2	400	140	
Cajón 3	LFC3	Lateral frontal cajón 3	302	140	
	PFC3	Pieza frontal cajón 3	420	174	
	LPC3	Lateral posterior cajón 3	302	140	
	LDC3	Lateral derecho cajón 3	400	140	
	LIC3	Lateral izquierdo cajón 3	400	140	
Cajón 4	LFC4	Lateral frontal cajón 4	302	140	
	PFC4	Pieza frontal cajón 4	420	174	
	LPC4	Lateral posterior cajón 4	302	140	
	LDC4	Lateral derecho cajón 4	400	140	
	LIC4	Lateral izquierdo cajón 4	400	140	
Cajón 5	LFC5	Lateral frontal cajón 5	302	140	
	PFC5	Pieza frontal cajón 5	420	174	
	LPC5	Lateral posterior cajón 5	302	140	
	LDC5	Lateral derecho cajón 5	400	140	
	LIC5	Lateral izquierdo cajón 5	400	140	
Cajón 6	LFC6	Lateral frontal cajón 6	302	140	
	PFC6	Pieza frontal cajón 6	420	174	
	LPC6	Lateral posterior cajón 6	302	140	
	LDC6	Lateral derecho cajón 6	400	140	
	LIC6	Lateral izquierdo cajón 6	400	140	
Lateral 1-derecho	LDL1	Lateral derecho lateral 1	730	600	
	LIL1	Lateral izquierdo lateral 1	730	600	
	A1L1	Amarre 1 lateral 1	418	80	
	A2L1	Amarre 2 lateral 1	418	80	
	A3L1	Amarre 3 lateral 1	418	80	
	A4L1	Amarre 4 lateral 1	418	80	
	Z1	Zócalo 1	364	80	
	F1	Fondo 1	364	730	
	Lateral 2-izquierdo	LDL2	Lateral derecho lateral 2	730	600
		LIL2	Lateral izquierdo lateral 2	730	600
A1L2		Amarre 1 lateral 2	418	150	
A2L2		Amarre 2 lateral 2	418	150	
A3L2		Amarre 3 lateral 2	418	90	
A4L2		Amarre 4 lateral 2	418	90	
Z2		Zócalo 2	364	80	
F2		Fondo 2	364	730	
MESA		MT	Mesa tablero	1150	600
Mandil		FD	Mandil	350	400
Cajón 1	BC1	Base MDF cajón 1	317	378	
Cajón 2	BC2	Base MDF cajón 2	317	378	
Cajón 3	BC3	Base MDF cajón 3	317	378	
Cajón 4	BC4	Base MDF cajón 4	317	378	
Cajón 5	BC5	Base MDF cajón 5	317	378	
Cajón 6	BC6	Base MDF cajón 6	317	378	

Figura 46. Procedimiento de corte - pág. 3



Anexo 2. Medidas de corte para Estante modelo básico

Elemento	COD. pieza	Pieza	Medidas (mm)	
			Largo	Altura
LATERAL DERECHO	LD	Lateral derecho	2000	360
LATERAL IZQUIERDO	LI	Lateral izquierdo	2000	360
REPISA EXTERIOR 1	RE1	Repisa exterior 1	864	360
REPISA EXTERIOR 2	RE2	Repisa exterior 2	864	360
REPISA INTERIOR 1	RI1	Repisa interior 1	864	346
REPISA INTERIOR 2	RI2	Repisa interior 2	864	346
REPISA INTERIOR 3	RI3	Repisa interior 3	864	346
REPISA INTERIOR 4	RI4	Repisa interior 4	864	346
ZÓCALO 1	Z1	Zócalo 1	864	80
ZÓCALO 2	Z2	Zócalo 2	864	80
MDF FONDO	F1	Fondo	1899	879


Anexo 3. Medidas de corte para Módulo básico de cómputo

Elemento	COD. pieza	Pieza	Medidas (mm)		
			Largo	Altura	
Cajón 1	LFC1	Lateral frontal cajón 1	352	110	
	PFC1	Pieza frontal cajón 1	410	152	
	LPC1	Lateral posterior cajón 1	352	110	
	LDC1	Lateral derecho cajón 1	400	110	
	LIC1	Lateral izquierdo cajón 1	400	110	
Cajón 2	LFC2	Lateral frontal cajón 2	352	110	
	PFC2	Pieza frontal cajón 2	410	152	
	LPC2	Lateral posterior cajón 2	352	110	
	LDC2	Lateral derecho cajón 2	400	110	
	LIC2	Lateral izquierdo cajón 2	400	110	
Cajón 3	LFC3	Lateral frontal cajón 3	352	110	
	PFC3	Pieza frontal cajón 3	410	152	
	LPC3	Lateral posterior cajón 3	352	110	
	LDC3	Lateral derecho cajón 3	400	110	
	LIC3	Lateral izquierdo cajón 3	400	110	
LATERAL DERECHO	LDL1	Lateral derecho lateral 1	730	600	
	LIL1	Lateral izquierdo lateral 1	730	600	
	A1L1	Amarre 1 lateral 1	414	80	
	A2L1	Amarre 2 lateral 1	414	80	
	A3L1	Amarre 3 lateral 1	414	80	
	ZLD1	Zócalo lateral derecho 1	414	80	
	ZLD2	Zócalo lateral derecho 2	414	80	
	F1	Fondo 1	730	414	
	RLD	Repisa lateral derecho	414	600	
	LDL2	Lateral derecho lateral 2	730	600	
	LIL2	Lateral izquierdo lateral 2	730	600	
	LATERAL IZQUIERDO	RLI1	Repisa 1 lateral izquierdo	264	600
RLI2		Repisa 2 lateral izquierdo	264	600	
A1L2		Amarre 1 lateral 2	264	80	
A2L2		Amarre 2 lateral 2	264	80	
ZLI1		Zócalo lateral izquierdo 1	264	80	
ZLI2		Zócalo lateral izquierdo 2	264	80	
MESA		MT	Mesa tablero	1200	600
Mandil		FD	Mandil	450	400
MESA TECLADO		MTT	Mesa para teclado	424	250
Cajón 1		BC1	Base MDF cajón 1	367	349
Cajón 2		BC2	Base MDF cajón 2	367	349
Cajón 3		BC3	Base MDF cajón 3	367	349

Figura 47. Procedimiento de corte -pág. 4

3.4.2.1.2. Canteado

El procedimiento operativo estándar de trabajo para los 3 productos que son objetos de estudio en la estación de trabajo del canteado se muestra en las figuras 48 y 49, 50 y 51.

	EDIFICACIONES METÁLICAS SAVI S.A.C	PROCEDIMIENTO DE CANTEADO	CÓDIGO: P-PCA-001 VERSIÓN: 01 FECHA: 02/04/2019
-----------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------	--------------------------------------	----------------------------------------------------------------

PROCEDIMIENTO DE CANTEADO DE PIEZAS DE MELAMINA PARA LA PRODUCCIÓN DEL ESCRITORIO MODELO LINEAL, ESTANTE MODELO BÁSICO Y MÓDULO BÁSICO DE CÓMPUTO

01. Objetivo

Cantear las piezas de melamina cortadas para la producción del escritorio modelo lineal, estante modelo básico y módulo básico de computo en la empresa Edificaciones Metálicas SAVI S.A.C. de manera óptima.

02. Alcance

El presente instructivo abarca desde la programación de la máquina canteadora hasta el despacho de piezas canteadas al carro de transporte.

03. Definiciones

- **Piezas de melamina:** piezas cortadas de un tablero de melamina, que es un aglomerado de astillas y restos de bagazo comprimidos.
- **Canteadora:** máquina semi-automatizada, que a través de rodillos traslada la pieza de melamina y adhiere el tapacantos a esta con la ayuda de un pegamento.
- **Canteado:** Acción de fijar cinta tapacanto a los bordes de una pieza cortada de melamina con pegamento.

04. Responsabilidades

- **Operario de cortado:** proporcionar piezas de melamina cortadas.
- **Operario de canteado:** recibir piezas canteadas y cumplir con lo establecido en el presente procedimiento.

05. Desarrollo

a. Antes de comenzar la operación

- Verificar que el pegamento se encuentre en condiciones (temperatura) adecuada para poder realizar el canteado.
- Verificar la disposición cercana de piezas a cortar en el carrito.
- Verificar el orden y limpieza en el puesto de trabajo.
- El operario de canteado tiene puesto los EEPs dispuestos para la actividad de canteado.

Figura 48. Procedimiento de canteado- pág. 1



b. Operación de cortado

En la empresa Edificaciones Metálicas SAVI S.A.C., el operario de canteado sigue las actividades mostradas en la tabla 1 para la obtención de las piezas canteadas en la elaboración de los productos en estudio.

Tabla 1. Actividades del canteado

ACTIVIDAD	DESCRIPCIÓN
Programación para cinta tapacanto	El operario debe programar la máquina según el tipo de tapacanto a utilizar: grueso y delgado, cargando la máquina con el tipo necesario para cada pieza. Además se programa la velocidad de avance.
Búsqueda de pieza	El operario busca la pieza a cantear, debe haber un orden de canteo debido a la programación del tapacanto anterior.
Acondicionar lado a cantear	Se acomoda la posición de la pieza según el lado a cantear para poder darle alimentación a la máquina.
Espera de pieza	El operario debe esperar el proceso de la máquina para poder darle una pequeña inspección a la pieza canteada en caso sea necesario un reproceso.
Inspección	Se realiza la inspección a la pieza recién canteada, antes de que el pegamento seque del todo.
Despacho de pieza	La pieza inspeccionada es despachada al carro de transporte para la próxima estación de trabajo.
Transporte a almacén y búsqueda de tapacanto	El operario debe transportarse hacia el almacén de insumos en busca del tapacanto a utilizar según el tamaño y color.

Los anexos 1, 2 y 3 muestran los lados necesarios a cantear junto a la codificación de las piezas para los productos y el tipo de tapacanto a utilizar para la producción de los productos: Escritorio modelo lineal, estante modelo básico y módulo básico de computo.



06. Anexos

Anexo 1. Tipo de canto para piezas de Escritorio modelo lineal

Elemento	COD. pieza	Pieza	Medidas (mm)		Canteo			
			Largo	Altura	Largo	Tipo	Altura (n)	Tipo
Cajón 1	LFC1	Lateral frontal cajón 1	302	140	1	D	-	-
	PFC1	Pieza frontal cajón 1	420	174	2	G	2	G
	LPC1	Lateral posterior cajón 1	302	140	1	D	-	-
	LDC1	Lateral derecho cajón 1	400	140	1	D	-	-
	LIC1	Lateral izquierdo cajón 1	400	140	1	D	-	-
Cajón 2	LFC2	Lateral frontal cajón 2	302	140	1	D	-	-
	PFC2	Pieza frontal cajón 2	420	174	2	G	2	G
	LPC2	Lateral posterior cajón 2	302	140	1	D	-	-
	LDC2	Lateral derecho cajón 2	400	140	1	D	-	-
	LIC2	Lateral izquierdo cajón 2	400	140	1	D	-	-
Cajón 3	LFC3	Lateral frontal cajón 3	302	140	1	D	-	-
	PFC3	Pieza frontal cajón 3	420	174	2	G	2	G
	LPC3	Lateral posterior cajón 3	302	140	1	D	-	-
	LDC3	Lateral derecho cajón 3	400	140	1	D	-	-
	LIC3	Lateral izquierdo cajón 3	400	140	1	D	-	-
Cajón 4	LFC4	Lateral frontal cajón 4	302	140	1	D	-	-
	PFC4	Pieza frontal cajón 4	420	174	2	G	2	G
	LPC4	Lateral posterior cajón 4	302	140	1	D	-	-
	LDC4	Lateral derecho cajón 4	400	140	1	D	-	-
	LIC4	Lateral izquierdo cajón 4	400	140	1	D	-	-
Cajón 5	LFC5	Lateral frontal cajón 5	302	140	1	D	-	-
	PFC5	Pieza frontal cajón 5	420	174	2	G	2	G
	LPC5	Lateral posterior cajón 5	302	140	1	D	-	-
	LDC5	Lateral derecho cajón 5	400	140	1	D	-	-
	LIC5	Lateral izquierdo cajón 5	400	140	1	D	-	-
Cajón 6	LFC6	Lateral frontal cajón 6	302	140	1	D	-	-
	PFC6	Pieza frontal cajón 6	420	174	2	G	2	G
	LPC6	Lateral posterior cajón 6	302	140	1	D	-	-
	LDC6	Lateral derecho cajón 6	400	140	1	D	-	-
	LIC6	Lateral izquierdo cajón 6	400	140	1	D	-	-
Lateral 1-derecho	LDL1	Lateral derecho lateral 1	730	600	2	D	1	D
	LIL1	Lateral izquierdo lateral 1	730	600	2	D	1	D
	A1L1	Amarre 1 lateral 1	418	80	1	D	-	-
	A2L1	Amarre 2 lateral 1	418	80	1	D	-	-
	A3L1	Amarre 3 lateral 1	418	80	1	D	-	-
	A4L1	Amarre 4 lateral 1	418	80	1	D	-	-
	Z1	Zócalo 1	364	80	1	D	-	-
Lateral 2-izquierdo	F1	Fondo 1	364	730	1	D	-	-
	LDL2	Lateral derecho lateral 2	730	600	2	D	1	D
	LIL2	Lateral izquierdo lateral 2	730	600	2	D	1	D
	A1L2	Amarre 1 lateral 2	418	150	1	D	-	-
	A2L2	Amarre 2 lateral 2	418	150	1	D	-	-
	A3L2	Amarre 3 lateral 2	418	90	1	D	-	-
	A4L2	Amarre 4 lateral 2	418	90	1	D	-	-
MESA	Z2	Zócalo 2	364	80	1	D	-	-
	F2	Fondo 2	364	730	1	D	-	-
MESA	MT	Mesa tablero	1150	600	2	G	2	G
Mandil	FD	Mandil	350	400	1	D	-	-

Figura 50. Procedimiento de canteado pág. 3



Anexo 2. . Tipo de canto para piezas de Estante modelo básico

Elemento	COD. pieza	Pieza	Medidas (mm)		Canteo			
			Largo	Altura	Largo	Tipo	Altura (n)	Tipo
LATERAL DERECHO	LD	Lateral derecho	2000	360	2	D	2	D
LATERAL IZQUIERDO	LI	Lateral izquierdo	2000	360	2	D	2	D
REPISA EXTERIOR 1	RE1	Repisa exterior 1	864	360	2	D	-	-
REPISA EXTERIOR 2	RE2	Repisa exterior 2	864	360	2	D	-	-
REPISA INTERIOR 1	RI1	Repisa interior 1	864	346	1	D	-	-
REPISA INTERIOR 2	RI2	Repisa interior 2	864	346	1	D	-	-
REPISA INTERIOR 3	RI3	Repisa interior 3	864	346	1	D	-	-
REPISA INTERIOR 4	RI4	Repisa interior 4	864	346	1	D	-	-
ZÓCALO 1	Z1	Zócalo 1	864	80	2	D	-	-
ZÓCALO 2	Z2	Zócalo 2	864	80	2	D	-	-


Anexo 3. . Tipo de canto para piezas de Módulo básico de cómputo

Elemento	COD. pieza	Pieza	Medidas (mm)		Canteo				
			Largo	Altura	Largo	Tipo	Altura (n)	Tipo	
Cajón 1	LFC1	Lateral frontal cajón 1	352	110	1	D	-	-	
	PFC1	Pieza frontal cajón 1	410	152	2	G	2	G	
	LPC1	Lateral posterior cajón 1	352	110	1	D	-	-	
	LDC1	Lateral derecho cajón 1	400	110	1	D	-	-	
	LIC1	Lateral izquierdo cajón 1	400	110	1	D	-	-	
Cajón 2	LFC2	Lateral frontal cajón 2	352	110	1	D	-	-	
	PFC2	Pieza frontal cajón 2	410	152	2	G	2	G	
	LPC2	Lateral posterior cajón 2	352	110	1	D	-	-	
	LDC2	Lateral derecho cajón 2	400	110	1	D	-	-	
	LIC2	Lateral izquierdo cajón 2	400	110	1	D	-	-	
Cajón 3	LFC3	Lateral frontal cajón 3	352	110	1	D	-	-	
	PFC3	Pieza frontal cajón 3	410	152	2	G	2	G	
	LPC3	Lateral posterior cajón 3	352	110	1	D	-	-	
	LDC3	Lateral derecho cajón 3	400	110	1	D	-	-	
	LIC3	Lateral izquierdo cajón 3	400	110	1	D	-	-	
LATERAL DERECHO	LDL1	Lateral derecho lateral 1	730	600	2	D	2	D	
	LIL1	Lateral izquierdo lateral 1	730	600	2	D	2	D	
	A1L1	Amarre 1 lateral 1	414	80	1	D	-	-	
	A2L1	Amarre 2 lateral 1	414	80	1	D	-	-	
	A3L1	Amarre 3 lateral 1	414	80	1	D	-	-	
	ZLD1	Zócalo lateral derecho 1	414	80	1	D	-	-	
	ZLD2	Zócalo lateral derecho 2	414	80	1	D	-	-	
	F1	Fondo 1	730	414	1	D	1	D	
	RLD	Repisa lateral derecho	414	600	1	D	-	-	
	LATERAL IZQUIERDO	LDL2	Lateral derecho lateral 2	730	600	2	D	2	D
LIL2		Lateral izquierdo lateral 2	730	600	2	D	2	D	
RLI1		Repisa 1 lateral izquierdo	264	600	1	D	-	-	
RLI2		Repisa 2 lateral izquierdo	264	600	1	D	-	-	
A1L2		Amarre 1 lateral 2	264	80	1	D	-	-	
A2L2		Amarre 2 lateral 2	264	80	1	D	-	-	
ZLI1		Zócalo lateral izquierdo 1	264	80	1	D	-	-	
ZLI2		Zócalo lateral izquierdo 2	264	80	1	D	-	-	
MESA		MT	Mesa tablero	1200	600	2	G	2	G
Mandil		FD	Mandil	450	400	1	D	-	-
MESA TECLADO	MTT	Mesa para teclado	424	250	1	D	2	D	

Figura 51. Procedimiento de canteado pág. 4

3.4.2.1.3. Armado

En este caso, se propuso un procedimiento específico de ensamble para cada mueble en estudio. Las figuras siguientes muestran el procedimiento de ensamble que los participantes de la estación deben seguir de acuerdo con la asignación propuesta, con respecto a la producción del escritorio modelo lineal.

	EDIFICACIONES METÁLICAS SAVI S.A.C	PROCEDIMIENTO DE ENSAMBLE	CÓDIGO: P-EL-001 VERSIÓN: 01 FECHA: 02/04/2019
-----------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------	----------------------------------	---------------------------------------------------------------------------

PROCEDIMIENTO DE ARMADO DEL ESCRITORIO MODELO LINEAL

01. Objetivo

Ensamblar las piezas requeridas para la producción del escritorio modelo lineal en la empresa Edificaciones Metálicas SAVI S.A.C.

02. Alcance

El presente instructivo abarca las actividades realizadas para el armado del escritorio modelo lineal, desde la fabricación de cajones hasta el pegado de tapas autoadhesivas.

03. Definiciones

- **Escritorio modelo lineal:** es un escritorio que cuenta con 6 cajones corredizos: 3 de lado izquierdo y 3 de lado derecho. Además, funcionan con un sistema de enchapado multiseuro.
- **Deslizadores:** insumo que facilita el movimiento de los muebles en superficies planas.
- **Tornillos:** elemento mecánico utilizado en la fijación temporal de piezas entre sí.
- **Sistema chapatrapa:** sistema de cerradura que garantiza seguridad, trabaja con un una sola llave para todos aquellos cajones con los que se trabaje.

04. Responsabilidades

- **Operario de ensamble:** ensamblar las piezas para la elaboración de escritorio modelo lineal.

05. Desarrollo

5.1. Antes de comenzar la operación

- Verificar la disponibilidad de las herramientas necesarias y la estación de trabajo se encuentra ordenada y limpia.
- Revisar que se cuenta con las piezas necesarias para el armado.
- Tener puestos los EPPs designados: lentes de seguridad y guantes anticorte.
- Revisar la disponibilidad de insumos para el ensamble.

5.2. Ensamble

En la empresa Edificaciones Metálicas SAVI S.A.C., el operario de armado debe seguir las indicaciones siguientes para el desarrollo del ensamble del escritorio modelo lineal.

Figura 52. Procedimiento de armado del escritorio modelo lineal (Pag. 1)



a) Para los cajones


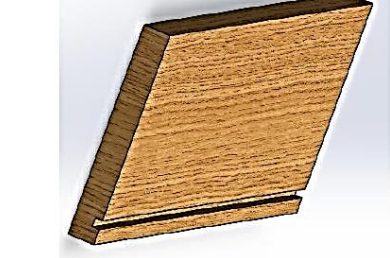
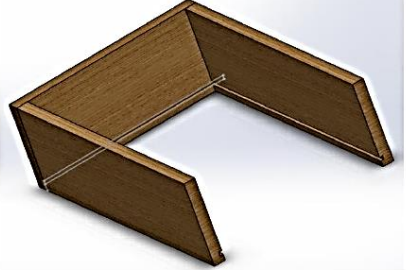
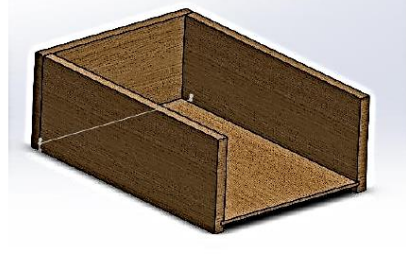


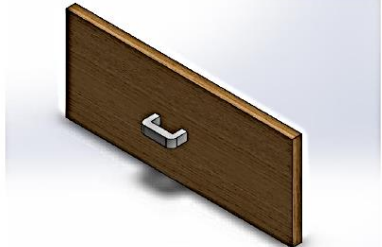

<p>1. Se realiza el trazado previo a la perforación.</p> 	<p>2. Se realizan los canales para el MDF.</p> 
<p>3. Empernado de laterales derecho e izquierdo con lateral frontal.</p> 	<p>4. Inserción del fondo MDF.</p> 
<p>5. Empernado de lateral posterior.</p> 	<p>6. Empernado de las correderas.</p> 
<p>7. Empernado de jalador a pieza frontal.</p> 	<p>8. Empernado de pieza frontal de cajón.</p> 

Figura 53. Procedimiento de armado del escritorio modelo lineal (Pag. 2)



b) Para los laterales


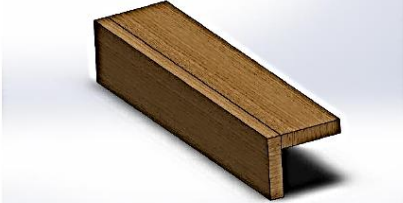
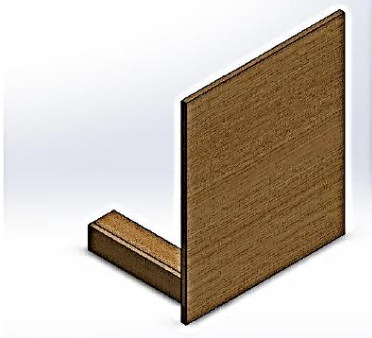
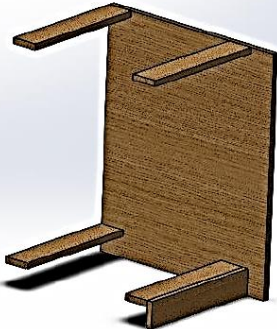
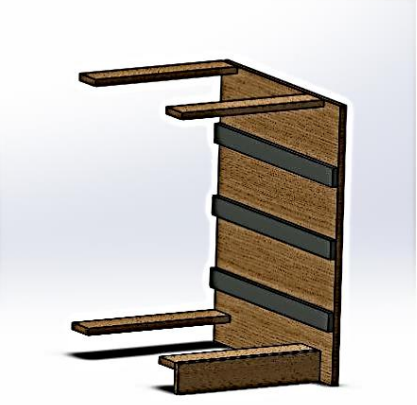

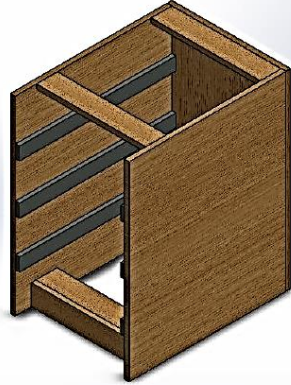
1. Se realiza el trazado previo a la perforación.	2. Empernado de amarre inferior con zócalo
	
3. Empernado de lateral derecho con zócalo y amarre.	4. Empernado de amarres superiores.
	
5. Empernado de sistema de correderas telescópicas en lateral derecho.	6. Empernado de sistema de correderas telescópicas en lateral izquierdo.
	

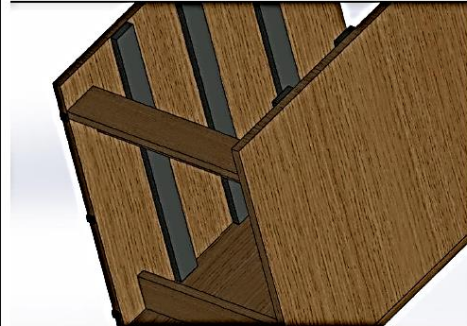
Figura 54. Procedimiento de armado del escritorio modelo lineal (Pag. 3)



7. Empernado de lateral izquierdo.

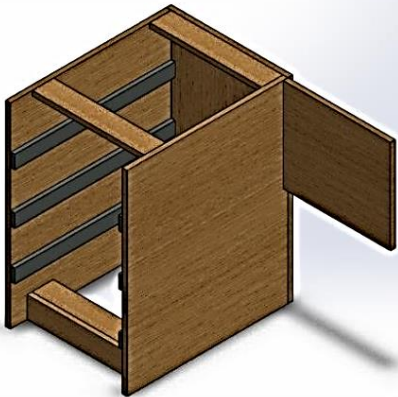


8. Colocación de deslizadores.



c) Para el armado final

1. Ensamble del faldón al lateral derecho.



2. Ensamble de lateral izquierdo.




Por último, se procede a empernar el tablero por la parte posterior de los amarres en los laterales y de la misma forma se empernan los angulares. Adherir las tapas autoadhesivas a los tornillos visibles.

Figura 55. Procedimiento de armado del escritorio modelo lineal (Pag. 4)

Fuente: Edificaciones Metálicas SAVI S.A.C.

De la misma manera, las figuras 56, 57 y 58 muestran el procedimiento elaborado para el armado del estante modelo básico.

	EDIFICACIONES METÁLICAS SAVI S.A.C	PROCEDIMIENTO DE ENSAMBLE	CÓDIGO: P-EMB- 001 VERSIÓN: 01 FECHA: 02/04/2019
-----------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------	--------------------------------------	---------------------------------------------------------------------

PROCEDIMIENTO DE ARMADO DEL ESTANTE MODELO BÁSICO

01. Objetivo

Ensamblar las piezas requeridas para la producción del estante modelo básico en la empresa Edificaciones Metálicas SAVI S.A.C.

02. Alcance

El presente instructivo abarca las actividades realizadas para el armado del estante modelo básico, desde la fabricación de la base del estante hasta el pegado de tapas autoadhesivas.

03. Definiciones

- **Deslizadores:** insumo que facilita el movimiento de los muebles en superficies planas.
- **Tornillos:** elemento mecánico utilizado en la fijación temporal de piezas entre sí.
- **Zócalo:** pieza de melamina que actúa como soporte al mueble, se le adhiere deslizadores para su fácil traslado.
- **Estante modelo básico:** cuenta con 6 repisas simples de melamina (4 interiores y 2 exteriores).

04. Responsabilidades

- **Operario de ensamble:** ensamblar las piezas para la elaboración de estante modelo básico.

05. Desarrollo

5.1. Antes de comenzar la operación

- Verificar la disponibilidad de las herramientas necesarias y la estación de trabajo se encuentra ordenada y limpia.
- Revisar que se cuenta con las piezas necesarias para el armado.
- Tener puestos los EPPs designados: guantes anticorte y lentes de seguridad.
- Revisar la disponibilidad de insumos para el ensamble.

5.2. Ensamble

En la empresa Edificaciones Metálicas SAVI S.A.C., el operario de armado debe seguir las indicaciones siguientes para el desarrollo del ensamble del estante modelo básico.

Figura 56. Procedimiento de armado del estante modelo básico (Pag. 1)




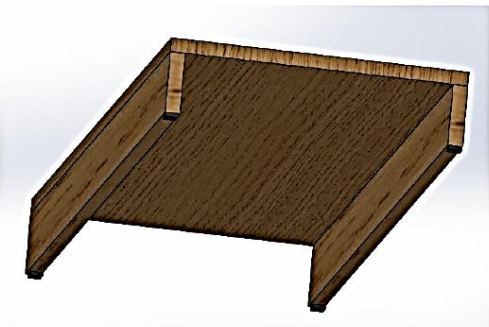


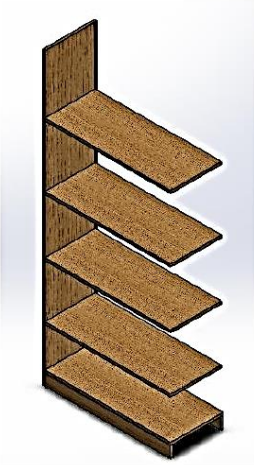
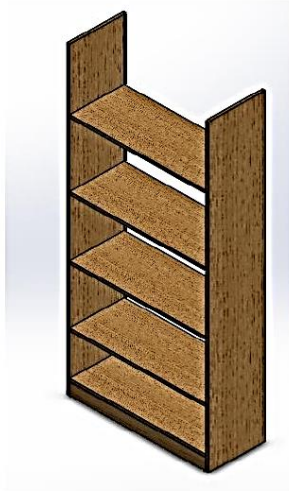
 GRUPO SAVI	EDIFICACIONES METÁLICAS SAVI S.A.C	PROCEDIMIENTO DE ENSAMBLE	CÓDIGO: P-EMB-001 VERSIÓN: 01 FECHA: 02/04/2019
1. Se realiza el trazado previo a la perforación.	2. Empernado de zócalos con repisa exterior.		
3. Colocación de deslizadores	4. Se realizan los canales para el MDF.		
5. Empernado de lateral izquierdo con base.	6. Empernado de repisas interiores a la base.		

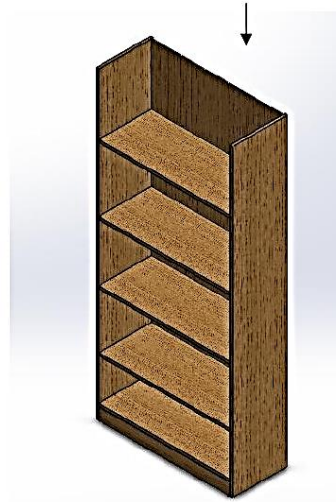
Figura 57. Procedimiento de armado del estante modelo básico (Pag. 2)



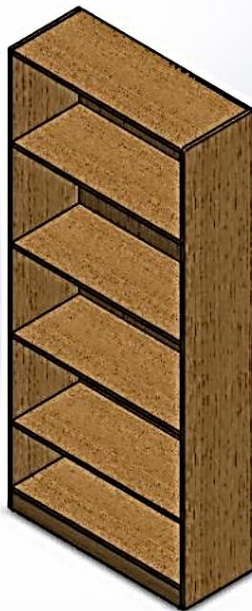
7. Empernado de lateral derecho.



8. Inserción de fondo MDF.



9. Empernado de repisa exterior y pegado de tapas autoadhesivas.



Por último, se procede a adherir las tapas autoadhesivas a aquellos tornillos visibles.

Figura 58. Procedimiento de armado del estante modelo básico (Pag. 3)

Por último, en las figuras 59, 60, 61, 62 y 63 se encuentra exployado el procedimiento de armado del módulo básico de cómputo.


	EDIFICACIONES METÁLICAS SAVI S.A.C	PROCEDIMIENTO DE ENSAMBLE	CÓDIGO: P-MBC-001 VERSIÓN: 01 FECHA: 02/04/2019
PROCEDIMIENTO DE ARMADO DEL MÓDULO BÁSICO DE COMPUTO			
01. Objetivo			
Ensamblar las piezas requeridas para la producción del módulo básico de computo en la empresa Edificaciones Metálicas SAVI S.A.C.			
02. Alcance			
El presente instructivo abarca las actividades realizadas para el armado del módulo básico de cómputo, desde la fabricación de la base del estante hasta el pegado de tapas autoadhesivas.			
03. Definiciones			
<ul style="list-style-type: none">- Estante modelo básico: mueble que cuenta con 3 cajones con enchapado multiseuro, y una repisa deslizante para el uso de teclado de computadora, además de contar con una repisa especial para CPU, que permite su ventilación por la parte trasera.- Deslizadores: insumo que facilita el movimiento de los muebles en superficies planas.- Tornillos: elemento mecánico utilizado en la fijación temporal de piezas entre sí.- Sistema chapatrapa: sistema de cerradura que garantiza seguridad, trabaja con un una sola llave para todos aquellos cajones con los que se trabaje.			
04. Responsabilidades			
<ul style="list-style-type: none">- Operarios de ensamble: ensamblar las piezas para la elaboración del módulo básico de computo.			
05. Desarrollo			
5.1. Antes de comenzar la operación			
<ul style="list-style-type: none">- Verificar la disponibilidad de las herramientas necesarias y la estación de trabajo se encuentra ordenada y limpia.- Revisar que se cuenta con las piezas necesarias para el armado.- Tener puestos los EPPs designados: lentes de seguridad y guantes anticorte.- Revisar la disponibilidad de insumos para el armado.			
5.2. Ensamble			
En la empresa Edificaciones Metálicas SAVI S.A.C., el operario de armado debe seguir las indicaciones siguientes para el desarrollo del ensamble del módulo básico de computo.			

Figura 59. Procedimiento de armado del módulo básico de cómputo (Pag. 1)

a) Para los cajones



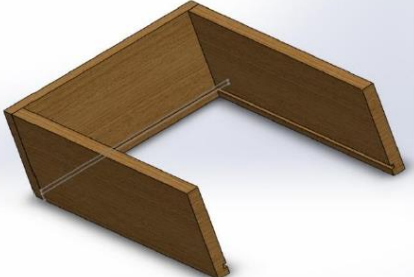
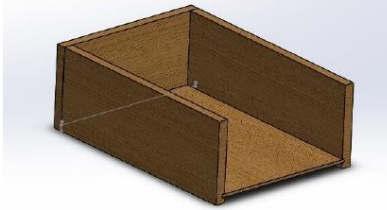

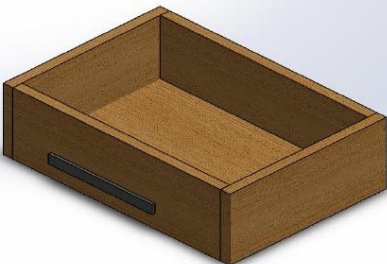
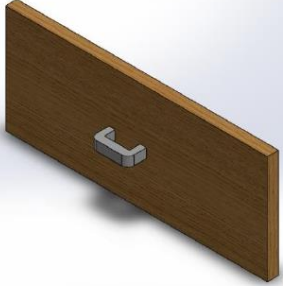

<p>1. Se realiza el trazado previo a la perforación.</p> 	<p>2. Se realizan los canales para el MDF.</p> 
<p>3. Empernado de laterales derecho e izquierdo con lateral frontal.</p> 	<p>4. Inserción del fondo MDF.</p> 
<p>5. Empernado de lateral posterior.</p> 	<p>6. Empernado de las correderas.</p> 
<p>7. Empernado de jalador a pieza frontal.</p> 	<p>8. Empernado de pieza frontal de cajón.</p> 

Figura 60. Procedimiento de armado del módulo básico de cómputo (Pag. 2)



b) Para el lateral 2

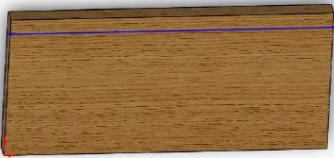

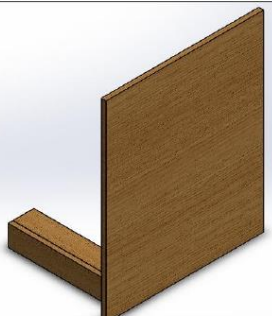
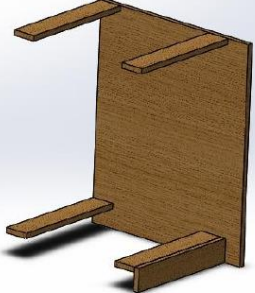
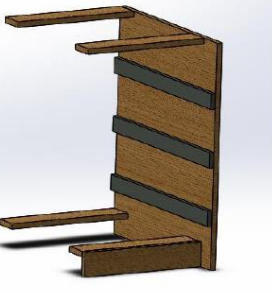
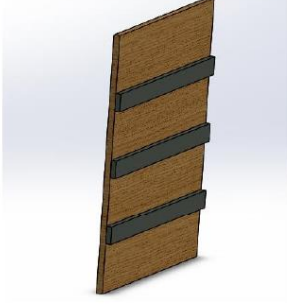
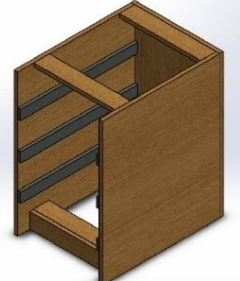
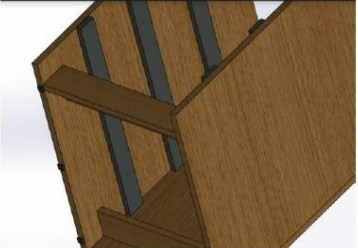
1. Se realiza el trazado previo a la perforación.	2. Empernado de amarre inferior con zócalo
	
3. Empernado de lateral derecho con zócalo y amarre.	4. Empernado de amarres superiores.
	
5. Empernado de sistema de correderas telescópicas en lateral derecho.	6. Empernado de sistema de correderas telescópicas en lateral izquierdo.
	
7. Empernado de lateral izquierdo.	8. Colocación de deslizadores.
	

Figura 61. Procedimiento de armado del módulo básico de cómputo (Pag. 3)

c) Para el lateral 1




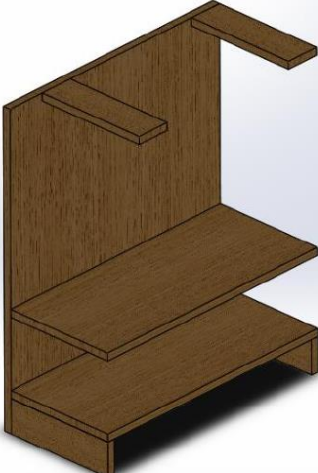
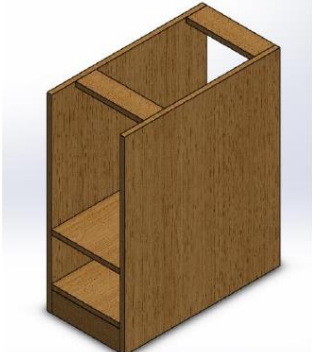

1. Empernado de los zócalos con repisa 2.	2. Empernado del lateral derecho.
	
3. Empernado de repisa 1.	4. Empernado de amarres.
	
5. Empernado de lateral.	6. Colocación de deslizadores
	

Figura 62. Procedimiento de armado del módulo básico de cómputo (Pag. 4)

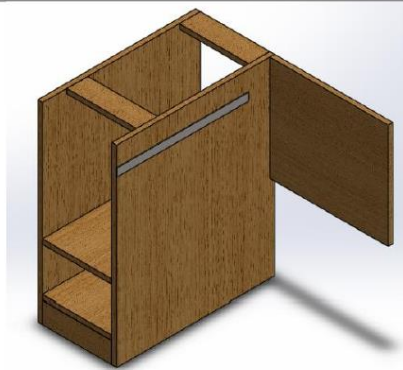


d) Para el armado final

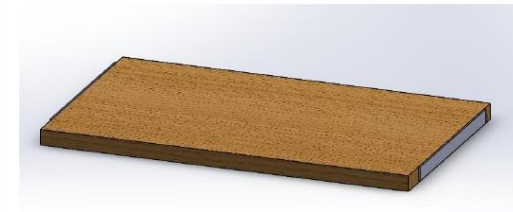
1. Empernado de correderas para teclado en ambos laterales



2. Empernado de faldón con lateral 1



3. Empernado de correderas a la base de teclado (30 rodagio)



Por último, se procede a empernar el tablero por la parte posterior de los amarres en los laterales y de la misma forma se empernan los angulares. Adherir las tapas autoadhesivas a los tornillos visibles.

Figura 63. Procedimiento de armado del módulo básico de cómputo (Pag. 5)

3.4.2.2. Estandarización de tiempos de producción

Una vez establecidas y plasmadas las actividades en procedimientos las operaciones del proceso de producción de los muebles en estudio, es necesario definir el tiempo estándar del proceso de los 3 productos en estudio. Para esto, se consideraron aquellas actividades que generan valor al producto, diagnosticadas en las tablas 23, 24 y 25, con respecto al tiempo promedio. En el caso de los transportes, se consideraron los tiempos hallados en la tabla 61, donde se encuentran los tiempos disminuidos gracias a la distribución de planta. El cálculo del tiempo normal se halla mediante la multiplicación del factor de desempeño, evaluado bajo los factores de calificación explicados en la tabla 1, con los tiempos promedio. Las tablas 64, 65 y 66 muestran los tiempos normales para el escritorio modelo lineal, estante modelo básico y módulo básico de cómputo respectivamente. Cabe resaltar que la operación de armado y limpieza de desglosó con la finalidad de un mejor análisis, donde sus tiempos promedio pueden encontrarse en los cursogramas analíticos de procesos propios del armado, en los tres productos.

Debido a la estandarización de tiempos, la producción diaria de muebles será predecible para la empresa y la encargada de almacén podrá dar disposición de materiales de manera diaria a los operarios de armado, eliminando así el registro y espera de materiales que se realiza por mueble fabricado.

Tabla 64. Tiempos normales de producción en el escritorio modelo lineal

FACTORES DE CALIFICACION ESCRITORIO MODELO LINEAL

Actividad	Tiempo Prom. (min)	Habilidades	Esfuerzo	Condiciones	Consistencia	Suma	Factor de Desempeño	Tiempo Normal (min)
Selección de plancha de melamina	0,78	0,06	0,05	0,02	0,01	0,14	1,14	0,89
Transporte de plancha de melamina y MDF	0,25	0	0,02	0	0,01	0,03	1,03	0,26
Corte de piezas de melamina	34,59	0,06	0,05	0,02	0,01	0,14	1,14	39,43
Corte de piezas MDF	3,63	0,06	0,02	0,02	0,01	0,11	1,11	4,03
Transporte de piezas a canteadora	0,10	0	0,02	0	0,01	0,03	1,03	0,10
Transporte a almacén de tapacantos	0,38	0	0,02	0	0,01	0,03	1,03	0,39
Canteado y lijado de piezas	52,42	0,06	0	0,02	0,01	0,09	1,09	57,13
Transporte de piezas a mesas de ensamble	0,17	0,06	0	0	0,01	0,07	1,07	0,18
Armado y limpieza	Armado I (Armado de cajones)	42,30	0,06	0,05	0,02	0,01	1,14	48,22
	Armado II (Laterales)	25,18	0,06	0,05	0,02	0,01	1,14	28,71
	Armado III	19,83	0,06	0,05	0,02	0,01	1,14	22,61
	Limpieza	1,83	0,06	0,05	0,02	0,01	1,14	2,09
Transporte a almacén o lugar de entrega	2,00	0	0,05	0	0,01	0,06	1,06	2,12
TOTAL	183,47							206,18

Fuente: Edificaciones Metálicas SAVI S.A.C

Tabla 65. Tiempos normales de producción en el estante modelo básico

FACTORES DE CALIFICACION ESTANTE MODELO BÁSICO

Actividad	Tiempo Promedio (min)	Habilidades	Esfuerzo	Condiciones	Consistencia	Suma	Factor de Desempeño	Tiempo Normal (min)	
Selección de plancha de melamina	0,78	0,06	0,05	0,02	0,01	0,14	1,14	0,89	
Transporte de plancha de melamina y MDF	0,25	0,00	0,02	0,00	0,01	0,03	1,03	0,26	
Corte de piezas de melamina	8,31	0,06	0,05	0,02	0,01	0,14	1,14	9,47	
Corte de piezas MDF	0,70	0,06	0,02	0,02	0,01	0,11	1,11	0,78	
Transporte de piezas a canteadora	0,10	0,00	0,02	0,00	0,01	0,03	1,03	0,10	
Canteado y lijado de piezas	16,86	0,06	0,00	0,02	0,01	0,09	1,09	18,38	
Transporte de piezas a mesas de ensamble	0,17	0,06	0,00	0,00	0,01	0,07	1,07	0,18	
Armado y limpieza	Armado base	14,12	0,06	0,05	0,02	0,01	0,14	1,14	16,10
	Armado final	15,60	0,06	0,05	0,02	0,01	0,14	1,14	17,78
	Limpieza	1,42	0,06	0,05	0,02	0,01	0,14	1,14	1,62
Transporte a almacén o lugar de entrega	2,00	0,00	0,05	0,00	0,01	0,06	1,06	2,12	
TOTAL	60,31							67,68	

Fuente: Edificaciones Metálicas SAVI S.A.C

Tabla 66. Tiempos normales de producción en el módulo básico de cómputo

FACTORES DE CALIFICACION MÓDULO BÁSICO DE COMPUTO								
Actividad	Tiempo Promedio (min)	Habilidades	Esfuerzo	Condiciones	Consistencia	Suma	Factor de Desempeño	Tiempo Normal (min)
Selección de plancha de melamina	0,71	0,06	0,05	0,02	0,01	0,14	1,14	0,80
Transporte de plancha de melamina y MDF	0,25	0	0,02	0	0,01	0,03	1,03	0,26
Corte de piezas de melamina	25,09	0,06	0,05	0,02	0,01	0,14	1,14	28,61
Corte de piezas MDF	2,38	0,06	0,02	0,02	0,01	0,11	1,11	2,64
Transporte de piezas a canteadora	0,10	0	0,02	0	0,01	0,03	1,03	0,10
Transporte a almacén de tapacantos	0,38	0	0,02	0	0,01	0,03	1,03	0,39
Canteado y lijado de piezas	43,26	0,06	0	0,02	0,01	0,09	1,09	47,15
Transporte de piezas a mesas de ensamble	0,17	0,06	0	0	0,01	0,07	1,07	0,18
Armado y limpieza	Armado I (Armado de cajones)	28,60	0,06	0,05	0,02	0,14	1,14	32,60
	Armado II (Laterales)	28,46	0,06	0,05	0,02	0,14	1,14	32,44
	Armado III	10,78	0,06	0,05	0,02	0,14	1,14	12,29
	Limpieza	1,42	0,06	0,05	0,02	0,14	1,14	1,62
Transporte a almacén o lugar de entrega	2,00	0	0,05	0	0,01	0,06	1,06	2,12
TOTAL	143,59							160,14

Fuente: Edificaciones Metálicas SAVI S.A.C

A continuación, para hallar el cálculo del tiempo estándar de las operaciones, se adiciona el tiempo por suplementos propios del proceso. Las tablas 67, 68 y 69 muestran las tablas cálculo del tiempo estandarizado del escritorio modelo lineal, estante modelo básico y el módulo básico de cómputo respectivamente. Los valores asociados a la estandarización de tiempos pueden encontrarse en la tabla 2. Donde:

- NP: Suplemento por necesidades personales
- F: Suplemento base por fatiga
- TP: Trabajo de pie
- EM: Energía muscular
- CI: Concentración intensa
- TM: Tensión mental
- M: Monotonía

Tabla 67. Tiempos estandarizados del escritorio modelo lineal

Descripción de la operación	Tiempo normal	Suplementos							Σ	Tiempo estándar (min)	
		Constantes		Variables							
		NP	F	TP	EM	CI	TM	M			
Selección de plancha de melamina	0,89	5	4	2	0	0	0	0	11	0,99	
Transporte de plancha de melamina y MDF	0,26	5	4	2	0	0	0	0	11	0,29	
Corte de piezas de melamina	39,43	5	4	2	3	5	1	1	21	47,71	
Corte de piezas MDF	4,03	5	4	2	3	5	1	1	21	4,88	
Transporte de piezas a canteadora	0,10	5	4	2	0	0	0	0	11	0,11	
Transporte a almacén de tapacantos	0,39	5	4	2	0	0	0	0	11	0,44	
Canteado y lijado de piezas	57,13	5	4	2	0	2	0	1	14	65,13	
Transporte de piezas a mesas de ensamble	0,18	5	4	2	0	0	0	0	11	0,20	
Armado y limpieza	Armado I (Armado de cajones)	48,22	5	4	2	0	2	1	0	14	54,97
	Armado II (Laterales)	28,71	5	4	2	0	2	1	0	14	32,73
	Armado III	22,61	5	4	2	0	2	1	0	14	25,78
	Limpieza	2,09	5	4	2	0	0	0	0	11	2,32
Transporte a almacén o lugar de entrega	2,12	5	4	2	0	0	0	0	11	2,35	
TOTAL	206,18				TOTAL					237,90	

Fuente: Edificaciones Metálicas SAVI S.A.C.

Tabla 68. Tiempos estandarizados del estante modelo básico

Estante modelo básico											
Descripción de la operación	Tiempo normal	Suplementos								Σ	Tiempo estándar (min)
		Constantes		Variables							
		NP	F	TP	EM	CI	TM	M			
Selección de plancha de melamina	0,89	5	4	2	0	0	0	0	0	11	0,99
Transporte de plancha de melamina y MDF	0,26	5	4	2	0	0	0	0	0	11	0,29
Corte de piezas de melamina	9,47	5	4	2	3	5	1	1	1	21	11,46
Corte de piezas MDF	0,78	5	4	2	3	5	1	1	1	21	0,94
Transporte de piezas a canteadora	0,10	5	4	2	0	0	0	0	0	11	0,11
Canteadado y lijado de piezas	18,38	5	4	2	0	2	0	0	1	14	20,95
Transporte de piezas a mesas de ensamble	0,18	5	4	2	0	0	0	0	0	11	0,20
Arma do y limpie za	Armado base	16,10	5	4	2	0	2	1	0	14	18,35
	Armado final	17,78	5	4	2	0	2	1	0	14	20,27
	Limpieza	1,62	5	4	2	0	0	0	0	11	1,79
Transporte a almacén o lugar de entrega	2,12	5	4	2	0	0	0	0	0	11	2,35
TOTAL	67,68						TOTAL				77,72

Fuente: Edificaciones Metálicas SAVI S.A.C

Tabla 69. Tiempos estandarizados del módulo básico de cómputo

Módulo básico de computo											
Descripción de la operación	Tiempo normal	Suplementos								Σ	Tiempo estándar (min)
		Constantes			Variables						
		NP	F	TP	EM	CI	TM	M			
Selección de plancha de melamina	0,80	5	4	2	0	0	0	0	11	0,89	
Transporte de plancha de melamina y MDF	0,26	5	4	2	0	0	0	0	11	0,29	
Corte de piezas de melamina	28,61	5	4	2	3	5	1	1	21	34,62	
Corte de piezas MDF	2,64	5	4	2	3	5	1	1	21	3,19	
Transporte de piezas a canteadora	0,10	5	4	2	0	0	0	0	11	0,11	
Transporte a almacén de tapacantos	0,39	5	4	2	0	0	0	0	11	0,44	
Canteado y lijado de piezas	47,15	5	4	2	0	2	0	1	14	53,75	
Transporte de piezas a mesas de ensamble	0,18	5	4	2	0	0	0	0	11	0,20	
Armado y limpieza	Armado I (Armado de cajones)	32,60	5	4	2	0	2	1	0	14	37,17
	Armado II (Laterales)	32,44	5	4	2	0	2	1	0	14	36,98
	Armado III	12,29	5	4	2	0	2	1	0	14	14,01
	Limpieza	1,62	5	4	2	0	0	0	0	11	1,79
Transporte a almacén o lugar de entrega	2,12	5	4	2	0	0	0	0	11	2,35	
TOTAL	161,20						TOTAL				185,80

Fuente: Edificaciones Metálicas SAVI S.A.C

3.4.3. Mejora 3: Balance de línea

3.4.3.1. Asignación de actividades

Una vez obtenidos los tiempos estandarizados de proceso, se procede al balanceo de línea de producción de los 3 productos bajo estudio, donde será necesario definir las responsabilidades de los operarios, agrupando de manera en que el operario pueda realizar sus actividades de manera independiente. Para reducir el cuello de botella en la producción de melamina que se encuentra en la estación del armado, se propone la asignación de un nuevo operario, donde para ello se asignan las tareas nuevas, expresadas en la tabla 70, para el escritorio modelo lineal. El perfil de puesto de trabajo del nuevo operario se encuentra el en anexo 3.

Tabla 70. Asignación de operarios por actividad para la producción del escritorio modelo lineal- Tiempo estándar

ACTIVIDAD	Tiempo de operación	Tiempo por operario	N OPERARIOS
Selección y corte de plancha de melamina y MDF	53,87	53,87	1
Canteado y lijado de piezas	65,69	65,69	1
Armado I (Armado de cajones)	55,17	55,17	1
Armado II (Laterales)	32,73		
Armado III	25,78	63,18	1
Limpieza y almacenamiento	4,67		

El operario nuevo trabajará en base al tiempo estándar hallado anteriormente, con respecto al armado II que corresponde a los laterales del mueble y el armado III. Cabe resaltar que el armado de laterales no depende del armado de cajones, es por ello que se puede trabajar de manera individual, disminuyendo así el cuello de botella. Sin embargo, para el armado III, el ensamble de cajones es parte de ello, por lo que el operario debe dar comienzo a esta etapa como se muestra en el procedimiento.

Con respecto a la asignación de actividades al nuevo operario en la tabla 70 el balance de línea propuesto se muestra en la figura 64.

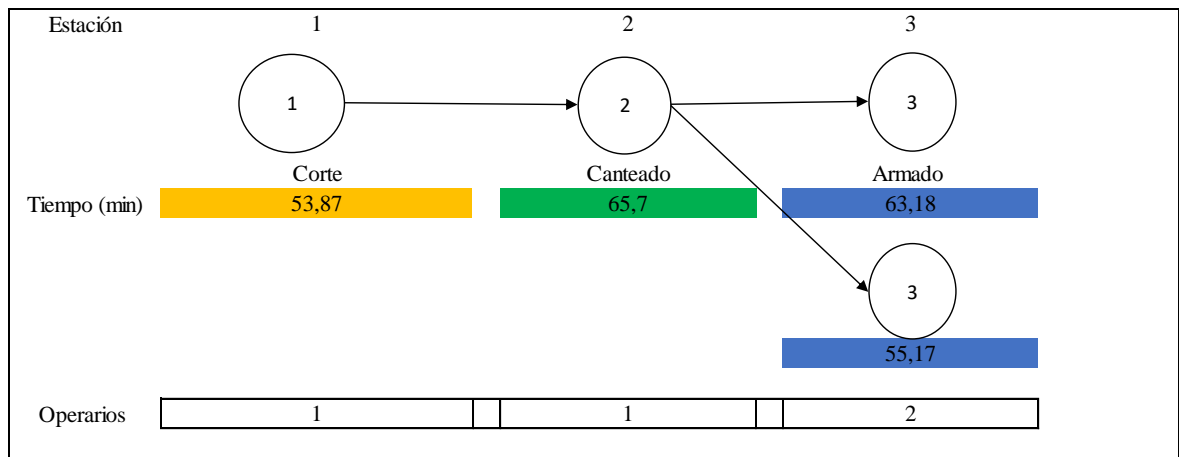


Figura 64. Balance de línea para el escritorio modelo lineal- Tiempo estándar

Con las nuevas asignaciones, se calcula la eficiencia de línea nueva:

$$Eficiencia\ de\ línea = \frac{\Sigma\ Tiempos\ de\ operación\ total}{N^{\circ}\ de\ estaciones\ x\ ciclo} \times 100$$

$$Eficiencia\ de\ línea = \frac{53,87\ min + 65,7\ min + 63,18\ min}{3\ estaciones\ x\ 65,1\ min} \times 100 = 92,73\ \%$$

De igual manera sucede para el estante modelo básico, mostrando la reasignación de actividades en la tabla 71, con respecto al operario contratado.

Tabla 71. Asignación de operarios por actividad para la producción del estante modelo básico-Tiempo estándar

ACTIVIDAD	TIEMPO	Tiempo por operario	N OPERARIOS
Selección y corte de plancha de melamina y MDF	13,68	13,68	1
Canteado y lijado de piezas	21,07	21,07	1
Armado base	18,55	18,55	1
Armado final	20,27	24,42	1
Limpieza	4,15		

En este caso, el operario a cargo del armado final debe esperar a que el operario que realiza el armado de la base finalice. Sin embargo, esto solo ocurriría en la fabricación del primero producto, ya que cuando se empieza a ensamblar la segunda unidad, gracias al flujo de la línea, el operario a cargo de ensamblar el armado final se encontrará ya armando, mientras el otro operario de armado realizará el armado base, y así sucesivamente. La figura 65 muestra el balance de línea que ha sido propuesto en base a la asignación dada en la tabla 71, con respecto al estante modelo básico.

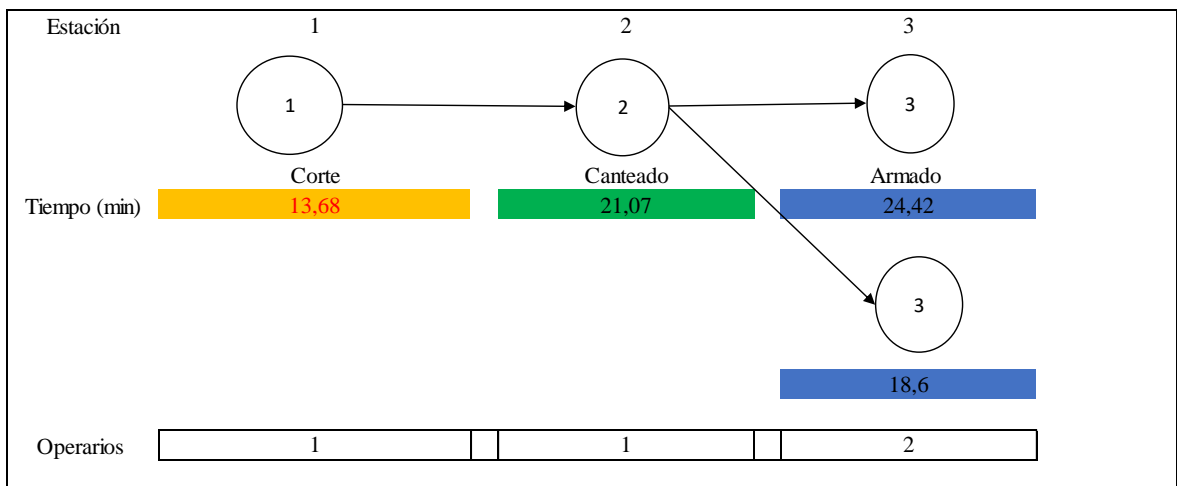


Figura 65. Balance de línea para el estante modelo básico-Tiempo estándar

De esta manera se calcula la eficiencia de línea nueva:

$$Eficiencia\ de\ línea = \frac{\sum Tiempos\ de\ operación\ total}{N^{\circ}\ de\ estaciones\ x\ ciclo} \times 100$$

$$Eficiencia\ de\ línea = \frac{13,7\ min + 21,1\ min + 24,42\ min}{3\ estaciones\ x\ 24,42\ min} \times 100 = 80,76\ \%$$

Por último, la tabla 72 presenta la asignación de actividades para la fabricación del módulo básico, reduciendo el cuello de botella a 55,1 min. Para la fabricación de este mueble, el armado de cajones y el armado de laterales es independiente, por lo que puede ser asignado a diferentes operarios. Es por ello que se designa a un operario en cada armado. Sin embargo, para el armado final (Armado III), es necesario en últimas instancias los cajones, siguiendo con el procedimiento establecido del armado del módulo básico de cómputo.

Tabla 72. Asignación de operarios por actividad para la producción del módulo básico de cómputo

ACTIVIDAD	TIEMPO	Tiempo por operario	N OPERARIOS
Selección y corte de plancha de melamina y MDF	38,99	38,99	1
Canteado y lijado de piezas	54,30	54,30	1
Armado I (Armado de cajones)	37,37	37,37	1
Armado II (Laterales)	36,98		
Armado III	14,01	55,14	1
Limpieza	4,15		

La figura 66 muestra el balance de línea propuesto para la producción del módulo básico de cómputo.

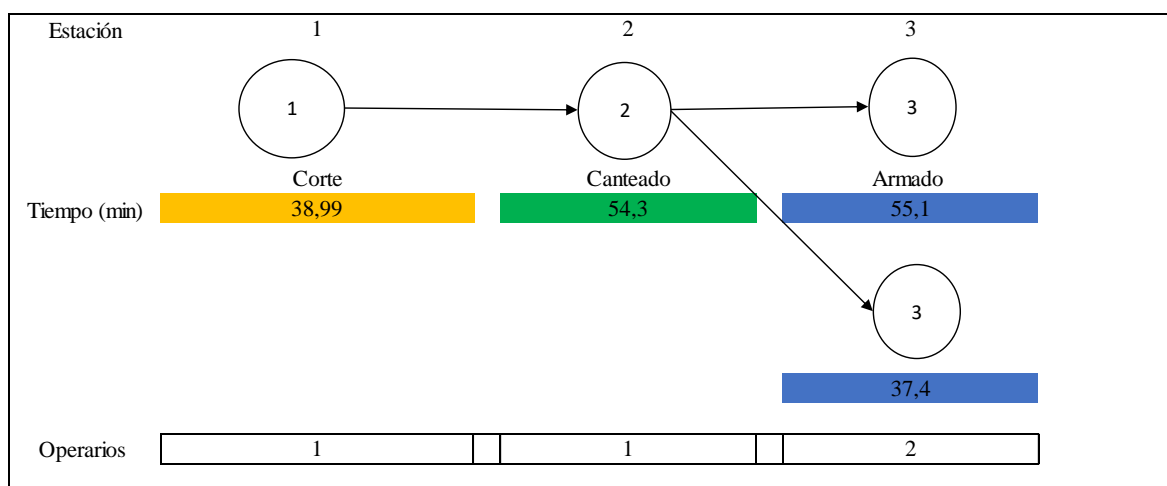


Figura 66. Balance de línea para el módulo básico de cómputo- Tiempo estándar

De esta manera se calcula la nueva eficiencia de línea:

$$Eficiencia\ de\ línea = \frac{\Sigma\ Tiempos\ de\ operación\ total}{N^{\circ}\ de\ estaciones\ x\ ciclo} \times 100$$

$$Eficiencia\ de\ línea = \frac{38,99\ min + 54,3\ min + 55,1\ min}{3\ estaciones\ x\ 55,1\ min} \times 100 = 89,73\ \%$$

Con el fin de facilitar la comparación de indicadores del tiempo promedio actual del proceso y el tiempo promedio de la propuesta, las figuras 67,68 y 69 muestran el balance de líneas en el caso de que no se hubiese aplicado la estandarización de tiempos.

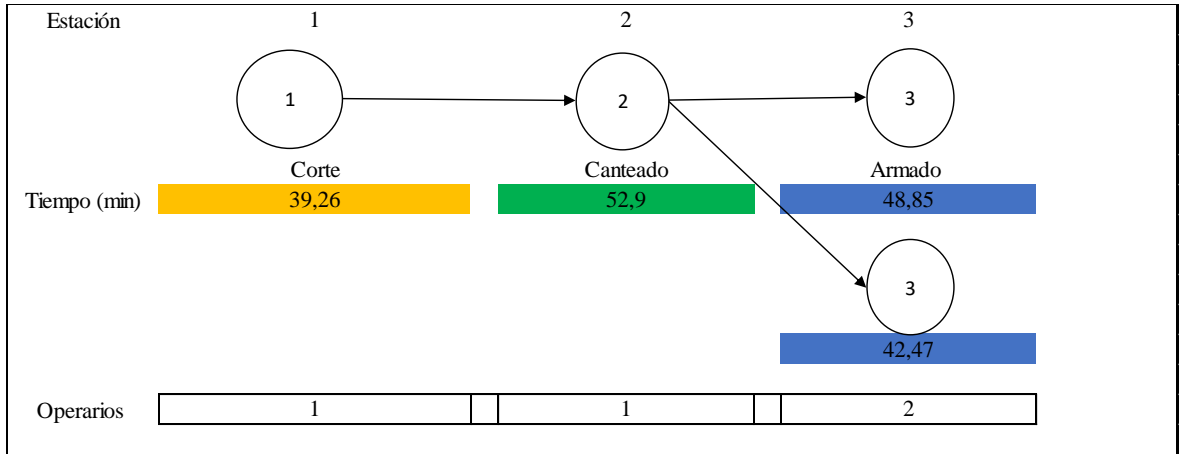


Figura 67. Balance de línea para el escritorio modelo lineal- Tiempo promedio

$$Eficiencia\ de\ línea = \frac{39,26\ min + 52,9\ min + 48,85\ min}{3\ estaciones \times 52,9\ min} \times 100 = 88,85\ \%$$

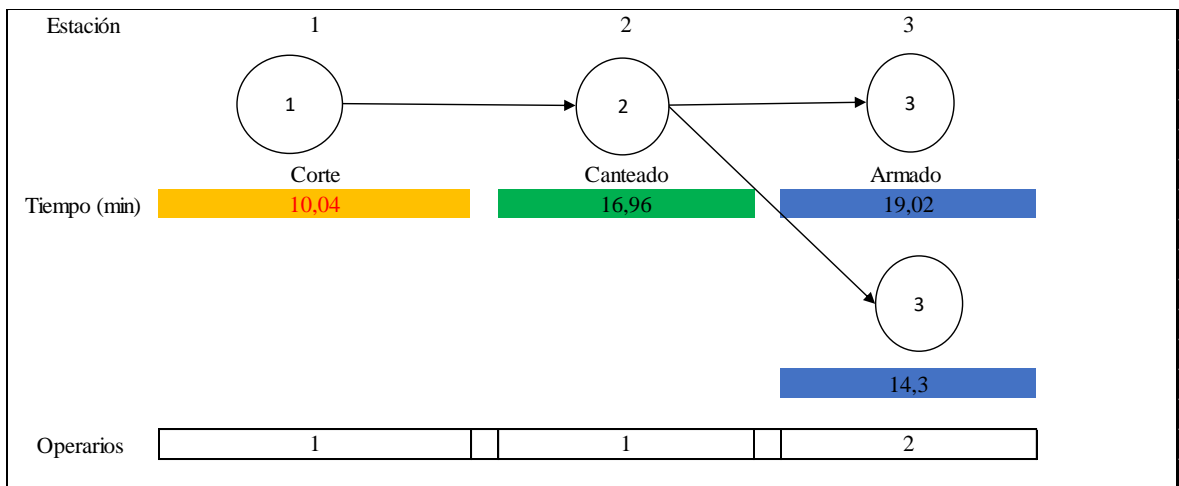


Figura 68. Balance de línea para el estante modelo básico- Tiempo promedio

$$Eficiencia\ de\ línea = \frac{10,04\ min + 16,96\ min + 19,02\ min}{3\ estaciones \times 19,02\ min} \times 100 = 80,67\ \%$$

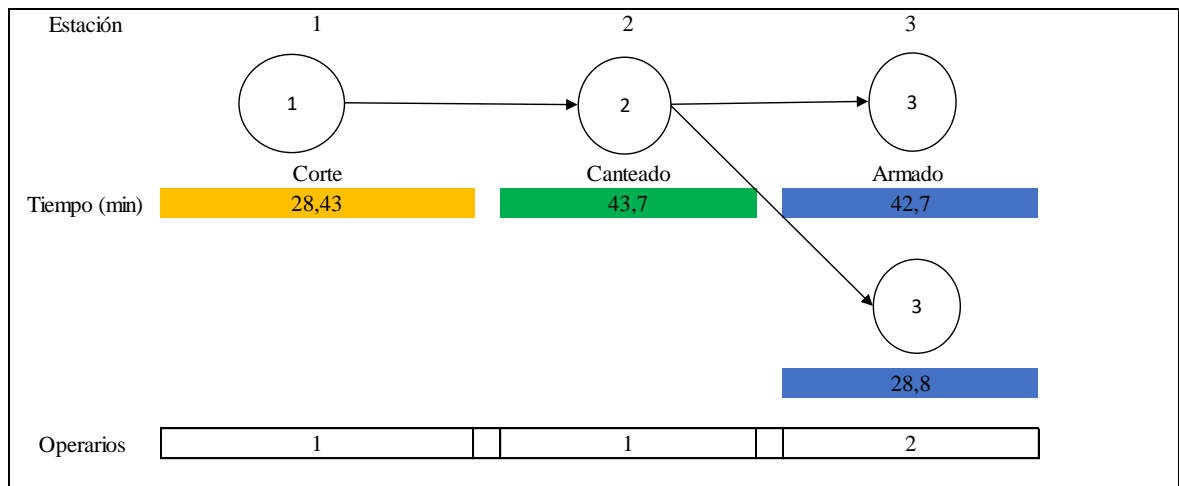


Figura 69. Balance de línea para el módulo básico de cómputo- Tiempo promedio

$$Eficiencia\ de\ línea = \frac{28,43\ min + 43,7\ min + 42,7\ min}{3\ estaciones \times 43,7\ min} \times 100 = 87,51\ %$$

3.4.3.2. Aplicación de tarjetas Kanban

a) De la estación de corte a cantado

Para determinar el número emitido de Kanbans para las piezas se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$Número\ de\ kanban = (Demanda\ diaria) \times (Tiempo\ unitario\ precedente) \times (Factor\ de\ seguridad)$$

Para hallar el cálculo del tiempo unitario precedente (TU) de la estación de corte, se procede al siguiente cálculo:

$$T.U.\ Escritorio\ modelo\ lineal = (53,87\ min) \times \frac{(1\ h)}{(60\ min)} \times \frac{(1\ día)}{(8\ h)} = 0,11\ días$$

$$T.U.\ Estante\ modelo\ básico = (13,68\ min) \times \frac{(1\ h)}{(60\ min)} \times \frac{(1\ día)}{(8\ h)} = 0,03\ días$$

$$T.U.\ Modulo\ básico\ de\ cómputo = (38,99\ min) \times \frac{(1\ h)}{(60\ min)} \times \frac{(1\ día)}{(8\ h)} = 0,08\ días$$

En base a este dato, se halla al cálculo de número de Kanban de producción, considerando que la demanda diaria es de 7,31 escritorios modelo lineal, 19,66 estantes modelo básico y 8,71 módulos básicos de cómputo, y tomando un factor de seguridad con valor de 1, que significa que el Kanban de retiro es entregado a tiempo cuando las partes se necesitan, debido a que el tiempo de transporte entre operaciones es despreciable. Por lo tanto, el:

$$\text{Número de kanban Escritorio modelo lineal} = (7,31 \text{ unidades}) \times (0,11 \text{ días}) \times (1) = 0,82 = 1$$

$$\text{Número de kanban Estante modelo básico} = (19,66 \text{ unidades}) \times (0,03 \text{ días}) \times (1) = 0,56 = 1 = 1$$

$$\text{Número de kanban Estante modelo básico} = (8,71 \text{ unidades}) \times (0,08 \text{ días}) \times (1) = 0,71 = 1$$

A raíz de que el número de Kanban debe ser entero, se redondea el resultado al número inmediato superior, por lo tanto, se modifica el factor de seguridad (FS), que ahora será de:

$$F.S \text{ Escritorio modelo lineal} = \frac{1}{(7,31)(0,11)} = 1,22$$

$$F.S \text{ Estante modelo básico} = \frac{1}{(19,66)(0,03)} = 1,79$$

$$F.S \text{ Módulo básico de cómputo} = \frac{1}{(8,71)(0,08)} = 1,41$$

En base a los cálculos hallados, el número de Kanban total de la estación de canteado a corte se rige bajo la suma del número de Kanban y el nuevo factor de seguridad hallado, por lo tanto:

$$\text{Número total de kanban Escritorio modelo lineal} = 0,82 + 1,22 = 2,04 = 3$$

$$\text{Número total de kanban Estante modelo básico} = 0,56 + 1,79 = 2,35 = 3$$

$$\text{Número total de kanban Modulo básico de computo} = 0,71 + 1,41 = 2,12 = 3$$

b) De la estación de canteado a armado

De igual manera para el cálculo del tiempo unitario precedente (TU) de la estación de canteado, se procede al siguiente cálculo:

$$T.U. \text{Escritorio modelo lineal} = (65,69 \text{ min}) \times \frac{(1 \text{ h})}{(60 \text{ min})} \times \frac{(1 \text{ día})}{(8 \text{ h})} = 0,14 \text{ días}$$

$$T.U. \text{Estante modelo básico} = (21,07 \text{ min}) \times \frac{(1 \text{ h})}{(60 \text{ min})} \times \frac{(1 \text{ día})}{(8 \text{ h})} = 0,04 \text{ días}$$

$$T.U. \text{Módulo básico de cómputo} = (54,3 \text{ min}) \times \frac{(1 \text{ h})}{(60 \text{ min})} \times \frac{(1 \text{ día})}{(8 \text{ h})} = 0,11 \text{ días}$$

En base a este dato se procede al cálculo de número de Kanban de producción de la estación de armado a canteado, considerando que la demanda diaria es de 7,31 escritorios modelo lineal, 19,66 estantes modelo básico y 8,71 módulos básicos de cómputo, y tomando un factor de seguridad con valor de 1, que significa que el Kanban de retiro es entregado a tiempo cuando las partes se necesitan, debido a que el tiempo de transporte entre operaciones de igual manera es despreciable. Por lo tanto, el:

$$\text{Número de kanban Escritorio modelo lineal} = (7,31 \text{ unidades}) \times (0,14 \text{ días}) \times (1) = 1$$

$$\text{Número de kanban Estante modelo básico} = (19,66 \text{ unidades}) \times (0,04 \text{ días}) \times (1) = 0,86$$

$$\text{Número de kanban Módulo básico de cómputo} = (8,71 \text{ unidades}) \times (0,11 \text{ días}) \times (1) = 0,98$$

A raíz de que el número de Kanban debe ser entero, se redondea el resultado al número inmediato superior, por lo tanto, se modifica el factor de seguridad, que ahora será de:

$$F.S \text{ Escritorio modelo lineal} = \frac{1}{(7,31)(0,14)} = 1$$

$$F.S \text{ Estante modelo básico} = \frac{1}{(19,66)(0,04)} = 1,16$$

$$F.S \text{ Módulo básico de cómputo} = \frac{1}{(8,71)(0,11)} = 1,02$$

En base a los cálculos hallados, el número de Kanban total de la estación de canteado a corte se rige bajo la suma del número de Kanban y el nuevo factor de seguridad hallado, por lo tanto:

$$\text{Número total de kanban Escritorio modelo lineal} = 1 + 1 = 2$$

$$\text{Número total de kanban Estante modelo básico} = 0,86 + 1,16 = 2,02 = 3$$

$$\text{Número total de kanban Modulo básico de computo} = 0,98 + 1,02 = 2$$

La tabla 73 resume el número de Kanban total en el proceso de producción de los 3 productos en estudio.

Tabla 73. Número de Kanban por producto

Estación	N de Kanban por producto		
	Escritorio Modelo Lineal	Estante modelo básico	Módulo básico de cómputo
Canteado	3	3	3
Armado	2	3	2
TOTAL	5	6	5

Para finalizar con la propuesta, se realizó el diseño de tarjetas Kanban para los 3 productos y las estaciones que lo requiere, siendo un total de 6 tarjetas diseñadas, las figuras 70,71 y 72 muestran el diseño de las tarjetas Kanban del proceso de corte para el escritorio modelo lineal, el estante modelo básico y el módulo básico de cómputo respectivamente. Cabe mencionar que la capacidad de los contenedores Kanban para los 3 productos, tienen la capacidad de contener hasta 60 piezas cortadas, según las medidas de piezas con las que trabaja la empresa.

Kanban de producción	
Código de pieza: CEML	Proceso: Corte
Nombre de la pieza: Piezas cortadas EML	Cantidad a producir: 48 piezas (1 escritorio modelo lineal)
Producto: Escritorio modelo lineal	

Figura 70. Tarjeta Kanban proceso de corte del escritorio modelo lineal

Kanban de producción	
Código de pieza: CEMB	Proceso: Corte
Nombre de la pieza: Piezas cortadas EMB	Cantidad a producir: 10 piezas (1 estante modelo básico)
Producto: Estante modelo básico	

Figura 71. Tarjeta Kanban proceso de corte del estante modelo básico

Kanban de producción	
Código de pieza: CMBC	Proceso: Corte
Nombre de la pieza: Piezas cortadas MBC	Cantidad a producir: 35 piezas (1 estante modelo básico)
Producto: Módulo básico de computo	

Figura 72. Tarjeta Kanban proceso de corte del módulo básico de cómputo

De igual manera, las figuras 73,74 y 75 muestran el diseño de las tarjetas Kanban que serán entregadas a la estación de canteado en el caso de los 3 productos.

Kanban de producción	
Código de pieza: CAEML	Proceso: Canteado
Nombre de la pieza: Piezas canteadas EML	Cantidad a producir: 48 piezas (1 escritorio modelo lineal)
Producto: Escritorio modelo lineal	

Figura 73. Tarjeta Kanban proceso de canteado del escritorio modelo lineal

Kanban de producción	
Código de pieza: CAEMB	Proceso: Canteado
Nombre de la pieza: Piezas canteadas EMB	Cantidad a producir: 10 piezas (1 estante modelo básico)
Producto: Estante modelo básico	

Figura 74. Tarjeta Kanban proceso de canteado del estante modelo básico

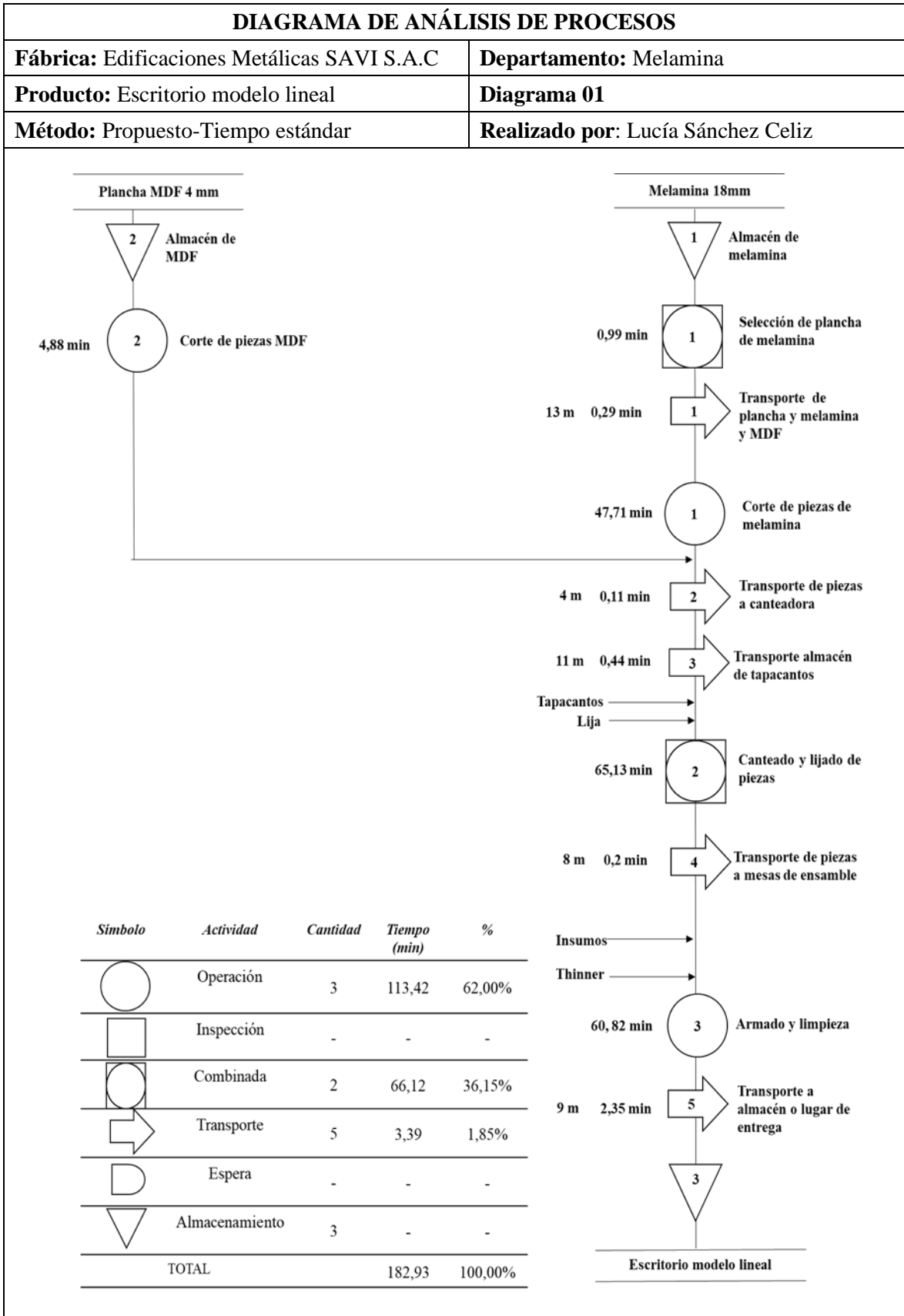
Kanban de producción	
Código de pieza: CAMBC	Proceso: Canteado
Nombre de la pieza: Piezas canteadas MBC	Cantidad a producir: 35 piezas (1 estante modelo básico)
Producto: Módulo básico de computo	

Figura 75. Tarjeta Kanban proceso de canteado del módulo básico de cómputo

Por último, se debe capacitar tanto a gerentes, supervisores y operarios en cuando al uso de las tarjetas, considerando:

- Al final de cada turno, las tarjetas Kanban de producción emitida deben ser contabilizadas y se deberá comparar con la producción del día.
- En caso la empresa quisiera emitir tarjetas Kanban de transporte, podrá hacerlo, pero para el presente caso no se requirieron debido a la cercanía de las estaciones por lo que el tiempo de transporte es despreciable.
- Se debe verificar que las tarjetas Kanban estén en correcto estado antes de su uso, además de ello se deberá fabricar un tarjetero para su correcto almacenamiento.

A continuación, las figuras 76,77 y 78 muestran los diagramas de análisis de procesos de los tres muebles en estudio, evidenciando una disminución en el número y tiempo de transportes y con los tiempos estandarizados y a su vez la reducción del cuello de botella. Las figuras 79 y 80 muestran los nuevos diagramas de recorrido según el diagrama de análisis de operaciones, teniendo en cuenta que el diagrama de recorrido del escritorio modelo lineal y el módulo básico es el mismo.



**Figura 76. Diagrama de análisis de procesos propuesto del escritorio modelo lineal-
Tiempo estándar**

Fuente: Edificaciones Metálicas SAVI S.A.C

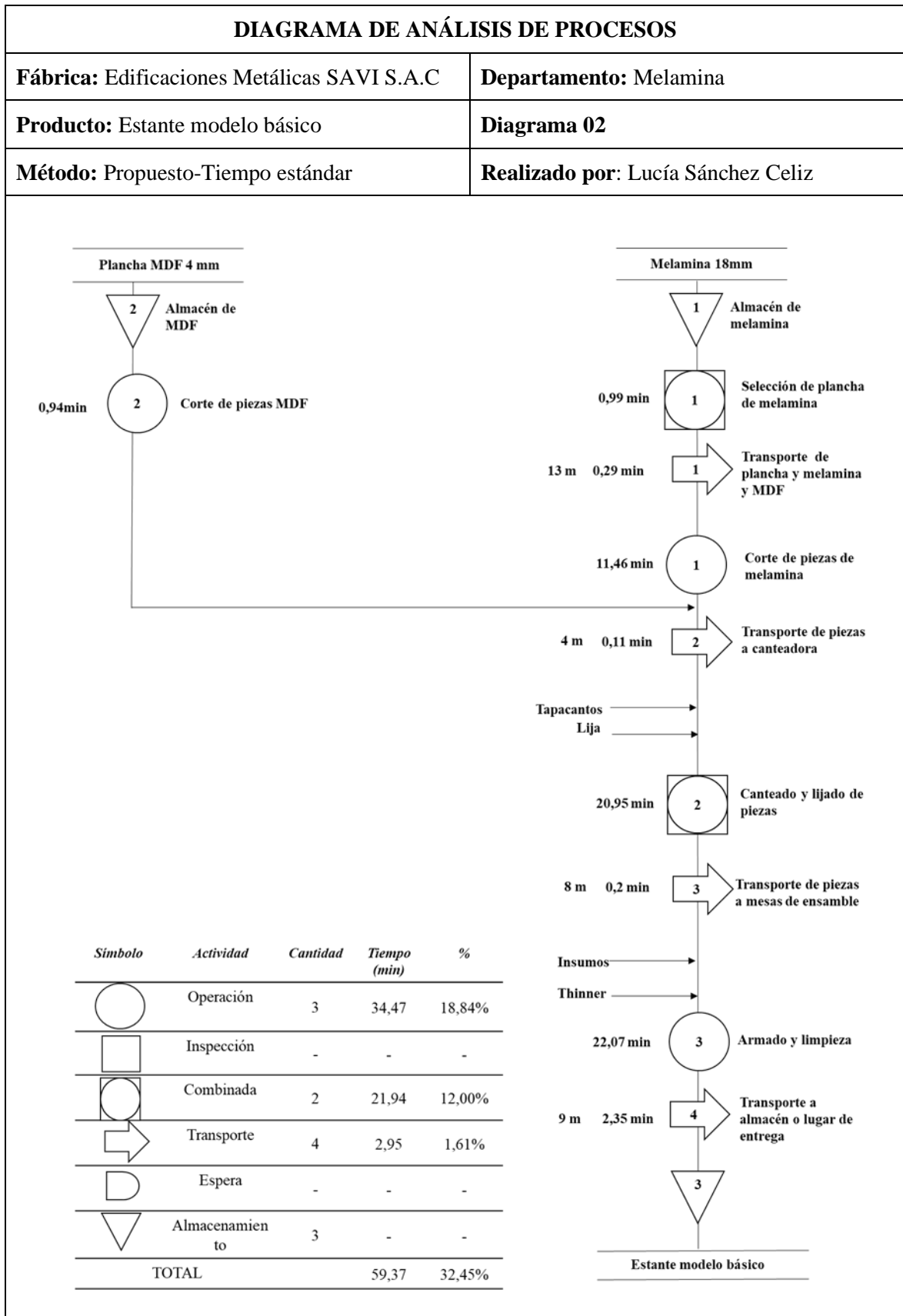


Figura 77. Diagrama de análisis de procesos propuesto del estante modelo básico-Tiempo estándar

Fuente: Edificaciones Metálicas SAVI S.A.C

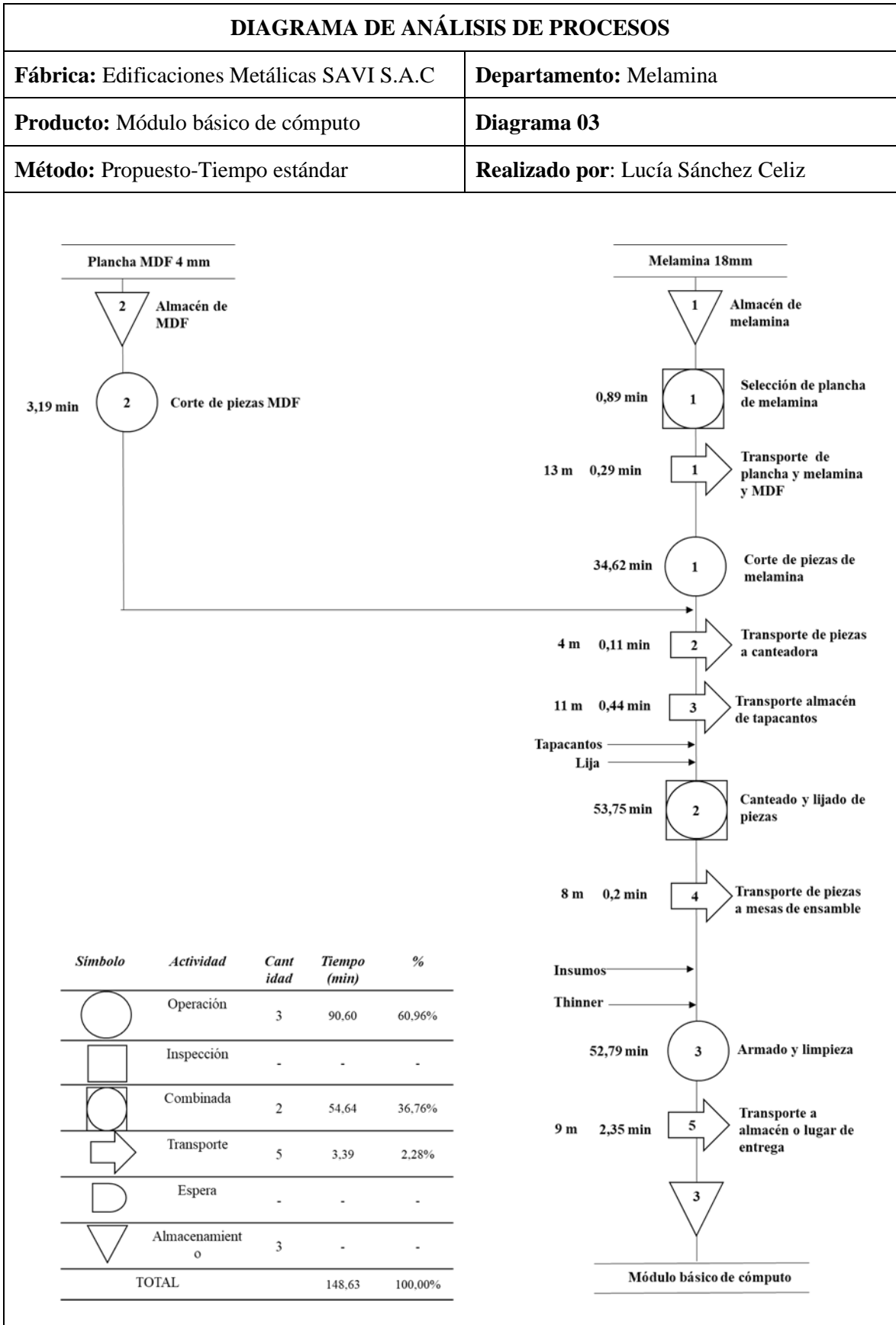


Figura 78. Diagrama de análisis de procesos propuesto del módulo básico de cómputo-Tiempo estándar

Fuente: Edificaciones Metálicas SAVI S.A.C

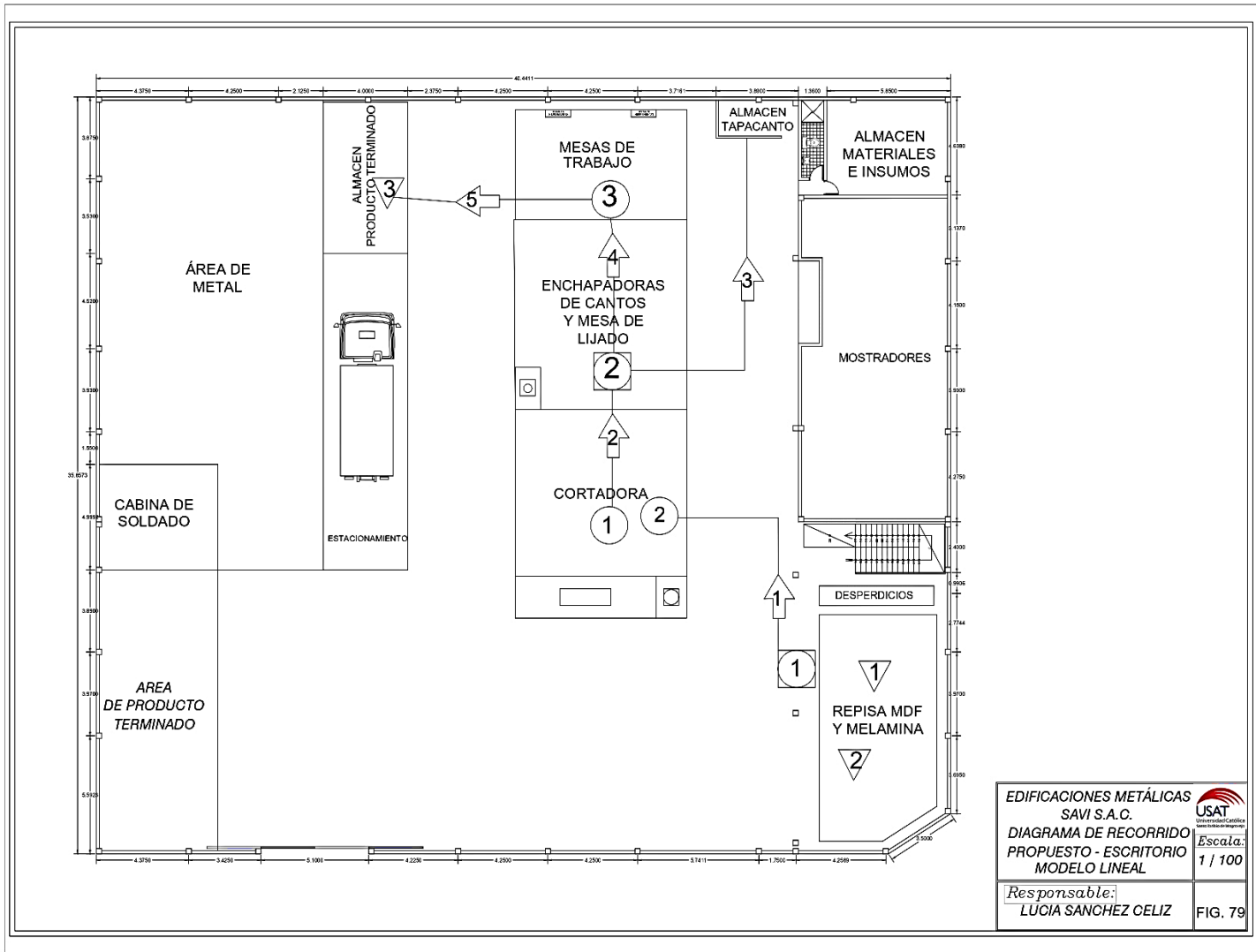


Figura 79. Diagrama de recorrido propuesto para el escritorio modelo lineal y el módulo básico de cómputo

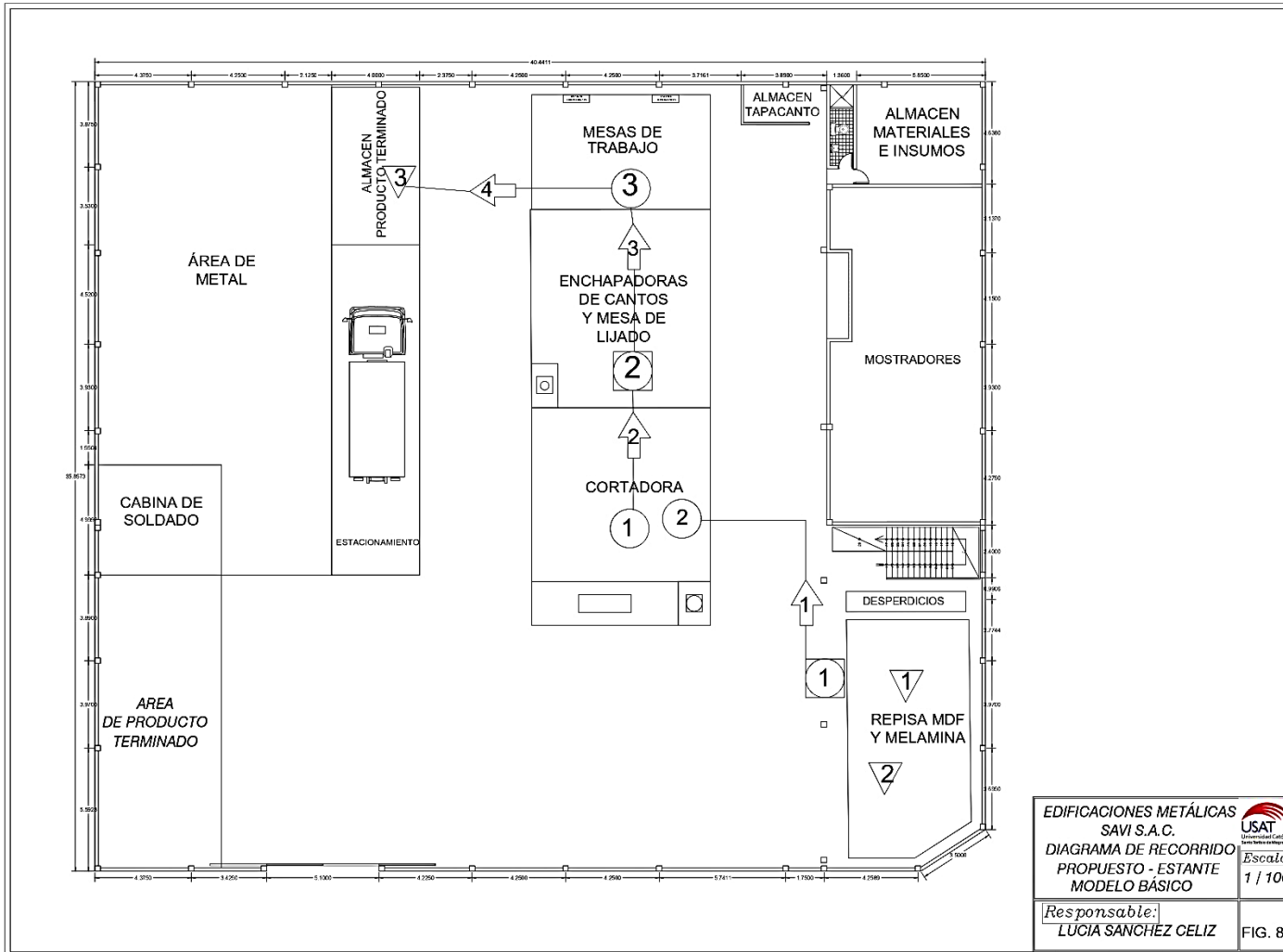


Figura 80. Diagrama de recorrido propuesto para el estante modelo básico

3.4.4. Nuevos indicadores de proceso

a. Producción

En base a la siguiente fórmula se halla la producción teórica nueva de la empresa.

$$\text{Producción} = \frac{\text{Tiempo base}}{\text{Ciclo}}$$

Se considera igualmente, como tiempo base, los minutos disponibles al día para la producción de cada uno de los tres muebles estudiados, siendo 480 min diarios. El ciclo hace referencia al tiempo máximo que demora la estación con el nuevo cuello de botella que corresponde a la estación del canteado para el escritorio modelo lineal y el módulo básico de cómputo, y armado para el estante modelo básico. El tiempo de ciclo para la producción de cada uno de los muebles en estudio es:

$$\text{Ciclo promedio mejorado del escritorio modelo lineal} = 52,9 \text{ min/unidad}$$

$$\text{Ciclo promedio mejorado del estante modelo básico} = 19,02 \text{ min/unidad}$$

$$\text{Ciclo promedio mejorado del módulo básico de cómputo} = 43,74 \text{ min/unidad}$$

En base al dato de tiempo de ciclo de los 3 muebles en estudio, se halla la nueva producción teórica diaria en base al tiempo promedio de la mejora:

$$\begin{aligned} \text{Producción promedio mejorada del escritorio mod. lineal} &= \frac{480 \text{ min}}{52,9 \text{ min}} \\ &= 9,07 \text{ escritorio mod. lineal/día} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Producción promedio mejorada del estante modelo básico} &= \frac{480 \text{ min}}{19,02 \text{ min}} \\ &= 25,24 \text{ estante modelo básico/día} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Producción promedio mejorada del modulo básico de computo} &= \frac{480 \text{ min}}{43,74 \text{ min}} \\ &= 10,97 \text{ mod. básico de computo/día} \end{aligned}$$

Con respecto a la estandarización de tiempos del proceso, el tiempo de ciclo también se redujo, considerando de igual manera 480 min diarios de trabajo.

Ciclo estándar mejorado del escritorio modelo lineal = 65,69 min/unidad

Ciclo estándar mejorado del estante modelo básico = 24,42 min/unidad

Ciclo estándar mejorado del módulo básico de cómputo = 55,14 min/unidad

De igual manera, se calcula la nueva producción bajo el concepto de los tiempos estandarizados:

$$\begin{aligned} \text{Producción estándar mejorada del escritorio mod. lineal} &= \frac{480 \text{ min}}{65,69 \text{ min}} \\ &= 7,31 \text{ escritorio mod. lineal/día} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Producción estándar mejorada estante modelo básico} &= \frac{480 \text{ min}}{24,42 \text{ min}} \\ &= 19,66 \text{ estante modelo básico/día} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Producción estándar mejorada módulo básico de computo} &= \frac{480 \text{ min}}{55,14 \text{ min}} \\ &= 8,71 \text{ mod. básico de computo/día} \end{aligned}$$

b. Productividad de mano de obra

El cálculo de la productividad de mano de obra se calculó tomando en cuenta a los 4 operarios que participan en el proceso de producción mejorado de los 3 muebles con respecto a la producción teórica hallada. Con estos datos, se halla la productividad promedio y estándar de la mano de obra.

- $$\text{Productividad promedio de M.O. del escritorio mod. lineal} = \frac{9,07 \frac{\text{unid}}{\text{día}}}{4 \text{ operarios}}$$

$$\text{Productividad promedio de M.O. del escritorio mod. lineal} = \frac{2,27 \frac{\text{unid}}{\text{día}}}{\text{operario}}$$

- $Productividad\ promedio\ de\ M.O.\ del\ estante\ modelo\ básico = \frac{25,24\ \frac{unid}{día}}{4\ operarios}$

$$Productividad\ promedio\ de\ M.O.\ del\ estante\ modelo\ básico = \frac{6,31\ \frac{unid}{día}}{operario}$$

- $Productividad\ promedio\ de\ M.O.\ del\ modulo\ básico\ de\ computo = \frac{10,97\ \frac{unid}{día}}{4\ operarios}$

$$Productividad\ promedio\ de\ M.O.\ del\ modulo\ básico\ de\ computo = \frac{2,74\ \frac{unid}{día}}{operario}$$

- $Productividad\ estándar\ de\ M.O.\ del\ escritorio\ mod.\ lineal = \frac{7,31\ \frac{unid}{día}}{4\ operarios}$

$$Productividad\ estándar\ de\ M.O.\ del\ escritorio\ mod.\ lineal = \frac{1,83\ \frac{unid}{día}}{operario}$$

- $Productividad\ estándar\ de\ M.O.\ del\ estante\ modelo\ básico = \frac{19,66\ \frac{unid}{día}}{4\ operarios}$

$$Productividad\ estándar\ de\ M.O.\ del\ estante\ modelo\ básico = \frac{4,91\ \frac{unid}{día}}{operario}$$

- $Productividad\ estándar\ de\ M.O.\ del\ modulo\ básico\ de\ computo = \frac{8,71\ \frac{unid}{día}}{4\ operarios}$

$$Productividad\ estándar\ de\ M.O.\ del\ modulo\ básico\ de\ computo = \frac{2,18\ \frac{unid}{día}}{operario}$$

c. Eficiencia económica

El cálculo de la nueva eficiencia económica para los productos en estudio, se halla por medio del contraste entre ingresos y egresos de igual manera; donde el resultado de los egresos equivale a la mano de obra pagada, los costos en materia prima e insumos por unidad y el costo de energía eléctrica por producto. Los únicos costos que varían bajo la mejora es la de mano de obra pagada, que se resume en la multiplicación del nuevo cuello de botella por mano de obra pagada en ese tiempo. La tabla 74 muestra los costos para el tiempo promedio y la tabla 75 para el tiempo estándar.

$$\text{Costo de mano de obra} = \text{Cuello de botella} \times \text{Costo por hora} \times N \text{ de operarios}$$

$$\text{Costo promedio de M.O. del escritorio modelo lineal} = 52,9 \text{ min} \times 5,77 \frac{\text{S}}{\text{hora}} \times \frac{1 \text{ hora}}{60 \text{ min}} \times 4 \text{ operarios} = \text{S/ } 20,35$$

$$\text{Costo promedio de M.O. del estante modelo básico} = 19,02 \text{ min} \times 5,77 \frac{\text{S}}{\text{hora}} \times \frac{1 \text{ hora}}{60 \text{ min}} \times 4 \text{ operarios} = \text{S/ } 7,31$$

$$\text{Costo promedio de M.O. del módulo básico de cómputo} = 43,74 \text{ min} \times 5,77 \frac{\text{S}}{\text{hora}} \times \frac{1 \text{ hora}}{60 \text{ min}} \times 4 \text{ operarios} = \text{S/ } 16,82$$

Tabla 74. Costos en mano de obra e insumos de la mejora con tiempo promedio

RECURSO	Escritorio Modelo Lineal	Estante modelo básico	Módulo básico de computo
Melamina RH DE 18mm Cerezo- Novopan	S/ 255,00	S/ 178,50	S/ 242,25
Insumos	S/ 73,50	S/ 10,70	S/ 40,22
Tapacantos	S/ 25,26	S/ 8,73	S/ 20,74
Costo total de mano de obra	S/ 20,35	S/ 7,31	S/ 16,82
Energía eléctrica	S/ 4,01	S/ 1,12	S/ 3,15
TOTAL	S/ 378,12	S/ 206,37	S/ 323,18

Fuente: Edificaciones Metálicas SAVI S.A.C.

Tabla 75. Costos en mano de obra e insumos de la mejora con tiempo estándar

RECURSO	Escritori o Modelo Lineal	Estante modelo básico	Módulo básico de computo
Melamina RH DE 18mm Cerezo- Novopan	S/ 255,00	S/ 178,50	S/ 242,25
Insumos	S/ 73,50	S/ 10,70	S/ 40,22
Tapacantos	S/ 25,26	S/ 8,73	S/ 20,74
Costo total de mano de obra	S/ 25,26	S/ 9,39	S/ 21,21
Energía eléctrica	S/ 4,01	S/ 1,12	S/ 3,15
TOTAL	S/ 383,04	S/ 208,45	S/ 327,57

Fuente: Edificaciones Metálicas SAVI S.A.C.

En base a los datos presentados en la tabla 74, se puede hallar la eficiencia económica con tiempos promedio:

$$\text{Eficiencia económica} = \frac{\text{Ingresos}}{\text{Egresos}}$$

$$\text{Eficiencia económica promedio del escritorio modelo lineal} = \frac{S/480}{S/378,12} = 1,27$$

$$\text{Eficiencia económica promedio del estante modelo básico} = \frac{S/350}{S/206,37} = 1,7$$

$$\text{Eficiencia económica promedio del módulo básico de cómputo} = \frac{S/420}{S/323,18} = 1,30$$

Los indicadores hallados reflejan que, con la mejora, por cada sol invertido en la producción del escritorio modelo lineal, estante modelo básico y módulo básico de cómputo, Edificaciones Metálicas SAVI S.A.C. ganaría 27 céntimos de sol, 70 céntimos de sol y 30 céntimos de sol respectivamente.

De igual manera, se halla la eficiencia económica en cuanto a la mejora con tiempos estandarizados.

$$\text{Eficiencia económica estándar del escritorio modelo lineal} = \frac{S/480}{S/383,04} = 1,25$$

$$\text{Eficiencia económica estándar del estante modelo básico} = \frac{S/350}{S/208,45} = 1,68$$

$$\text{Eficiencia económica estándar del módulo básico de cómputo} = \frac{S/420}{S/327,57} = 1,28$$

Los indicadores hallados con el tiempo estándar en la mejora, reflejan que por cada sol invertido en la producción del escritorio modelo lineal, estante modelo básico y módulo básico de cómputo, Edificaciones Metálicas SAVI S.A.C. ganaría 25 céntimos de sol, 68 céntimos de sol y 28 céntimos de sol respectivamente.

d. Productividad económica

La productividad económica refleja la productividad del dinero invertido para la producción de los muebles en estudio, en base a la siguiente fórmula.

$$\text{Productividad económica} = \frac{\text{Producción}}{\text{Costos de producción}}$$

En base a la tabla 74 resume los costos de producción totales en cuanto a mano de obra propio de la propuesta con tiempos promedio, insumos y materia prima para la producción de los 3 muebles. En conclusión, la productividad económica promedio para los 3 muebles:

$$\text{Productividad económica promedio del escritorio modelo lineal} = \frac{1 \text{ un}}{\text{S/ } 378,12} = 0,002645 \text{ un/sol}$$

$$\text{Productividad económica promedio del estante modelo básico} = \frac{1 \text{ un}}{\text{S/ } 206,37} = 0,004846 \text{ un/sol}$$

$$\text{Productividad económica promedio del módulo básico de computo} = \frac{1 \text{ un}}{\text{S/ } 323,17} = 0,003094 \text{ un/sol}$$

Los valores hallados simbolizan que Edificaciones Metálicas SAVI S.A.C., bajo la propuesta con tiempos promedio, producirá 0,002645 escritorios modelo lineal; 0,004846 estante modelo básico y 0,003094 módulo básico de cómputo por sol invertido en la producción de estos muebles respectivamente.

De igual forma y en cuanto a los costos que muestra la tabla 75, con tiempos estandarizados, la productividad económica estándar para los 3 muebles es:

$$\text{Productividad económica estándar del escritorio modelo lineal} = \frac{1 \text{ un}}{\text{S/ } 383,04} = 0,002611 \text{ un/sol}$$

$$\text{Productividad económica estándar del estante modelo básico} = \frac{1 \text{ un}}{\text{S/ } 208,45} = 0,004797 \text{ un/sol}$$

$$\text{Productividad económica estándar del módulo básico de computo} = \frac{1 \text{ un}}{\text{S/ } 327,57} = 0,003053 \text{ un/sol}$$

Los valores hallados simbolizan que Edificaciones Metálicas SAVI S.A.C., bajo la propuesta con tiempos estándar, producirá 0,002611 escritorios modelo lineal; 0,004797 estante modelo básico y 0,003053 módulo básico de cómputo por sol invertido en la producción de estos muebles respectivamente.

e. Eficiencia de la línea

A raíz de la asignación de un nuevo operario en la línea de producción de melamina, y el balance realizado en la propuesta, se muestra a continuación la nueva eficiencia de línea promedio y estándar.

$$\text{Eficiencia de línea} = \frac{\Sigma \text{Tiempos de operación total}}{N^{\circ} \text{de estaciones} \times \text{ciclo}} \times 100$$

$$\text{Eficiencia de línea promedio escritorio modelo lineal} = \frac{39,26 \text{ min} + 52,9 \text{ min} + 48,85 \text{ min}}{3 \text{ estaciones} \times 52,9 \text{ min}} \times 100 = 88,85 \%$$

$$\text{Eficiencia de línea promedio del estante modelo básico} = \frac{10,04 \text{ min} + 16,96 \text{ min} + 19,02 \text{ min}}{3 \text{ estaciones} \times 19,02 \text{ min}} \times 100 = 80,67 \%$$

$$\text{Eficiencia de línea promedio del mod básico de cómputo} = \frac{28,4 \text{ min} + 43,7 \text{ min} + 42,7 \text{ min}}{3 \text{ estaciones} \times 43,7 \text{ min}} \times 100 = 87,51 \%$$

$$\text{Eficiencia de línea estándar escritorio modelo lineal} = \frac{53,87 \text{ min} + 65,7 \text{ min} + 63,18 \text{ min}}{3 \text{ estaciones} \times 65,7 \text{ min}} \times 100 = 92,73 \%$$

$$\text{Eficiencia de línea estándar del estante modelo básico} = \frac{13,68 \text{ min} + 21,07 \text{ min} + 24,42 \text{ min}}{3 \text{ estaciones} \times 24,42 \text{ min}} \times 100 = 80,76 \%$$

$$\text{Eficiencia de línea estándar del mod básico de cómputo} = \frac{38,99 \text{ min} + 54,3 \text{ min} + 55,1 \text{ min}}{3 \text{ estaciones} \times 55,1 \text{ min}} \times 100 = 89,73 \%$$

f. Tiempos muertos

Gracias al balance de línea, el tiempo muerto de las 2 estaciones que no correspondían al cuello de botella se reduce, como se muestra a continuación para los dos casos: tiempo muerto con mejora estándar y promedio.

$$\text{Tiempo muerto} = (N \text{ de estaciones} \times \text{Cuello de botella}) - \text{Tiempo de ciclo}$$

$$\text{Tiempo muerto promedio del Escritorio modelo lineal} = (3 \times 52,9 \text{ min}) - 141 \text{ min} = 17,69 \text{ min}$$

$$\text{Tiempo muerto promedio del Estante modelo básico} = (3 \times 19,02 \text{ min}) - 46,02 \text{ min} = 11,03 \text{ min}$$

$$\text{Tiempo muerto promedio del Módulo básico de cómputo} = (3 \times 43,74 \text{ min}) - 114,82 \text{ min} = 16,39 \text{ min}$$

$$\text{Tiempo muerto estándar del Escritorio modelo lineal} = (3 \times 65,68 \text{ min}) - 182,73 \text{ min} = 14,33 \text{ min}$$

$$\text{Tiempo muerto estándar del Estante modelo básico} = (3 \times 24,42 \text{ min}) - 59,17 \text{ min} = 14,09 \text{ min}$$

$$\text{Tiempo muerto estándar del Módulo básico de cómputo} = (3 \times 55,14 \text{ min}) - 148,43 \text{ min} = 16,99 \text{ min}$$

g. Horas extras de trabajo

La propuesta de mejora permite a la empresa cubrir la demanda no producida en las horas de jornada laboral. La tabla 76 muestra el cálculo de ello en cuanto a la mejora con tiempos promedio en el caso del escritorio modelo lineal.

Tabla 76. Cumplimiento con mejora con tiempo promedio de la demanda no atendida en la jornada laboral para el escritorio modelo lineal

Mes	P. diaria (un)	P. actual diaria (un)	Δ	Días de trabajo	Producción	Demanda no atendida en horas de trabajo	¿Cumple con la demanda?	Producción extra
Enero	9	4	5	7	35	13	Sí	22
Febrero	9	4	5	9	45	15	Sí	30
Marzo	9	4	5	10	50	16	Sí	34
Abril	9	4	5	11	55	16	Sí	39
Mayo	9	4	5	16	80	13	Sí	67
Junio	9	4	5	10	50	17	Sí	33
Julio	9	4	5	11	55	15	Sí	40
Agosto	9	4	5	9	45	8	Sí	37
Setiembre	9	4	5	10	50	13	Sí	37
Octubre	9	4	5	10	50	10	Sí	40
Noviembre	9	4	5	9	45	9	Sí	36
Diciembre	9	4	5	10	50	16	Sí	34
TOTAL					610			449

De igual manera se calcula para el estante modelo básico, reflejando en su resultado que se cumple en su totalidad con la demanda no atendida, e incluso permite una producción extra.

Tabla 77. Cumplimiento con mejora con tiempo promedio de la demanda no atendida en la jornada laboral para el estante modelo básico

Mes	P. diaria (un)	P. actual diaria (un)	Δ	Días de trabajo	Producción	Demanda no atendida en horas de trabajo	¿Cumple con la demanda?	Producción extra
Enero	25	11	14	3	42	12	Sí	30
Febrero	25	11	14	3	42	15	Sí	27
Marzo	25	11	14	2	28	12	Sí	16
Abril	25	11	14	3	42	14	Sí	28
Mayo	25	11	14	3	42	12	Sí	30
Junio	25	11	14	2	28	17	Sí	11
Julio	25	11	14	3	42	12	Sí	30
Agosto	25	11	14	2	28	9	Sí	19
Setiembre	25	11	14	2	28	10	Sí	18
Octubre	25	11	14	3	42	12	Sí	30
Noviembre	25	11	14	3	42	11	Sí	31
Diciembre	25	11	14	2	28	13	Sí	15
TOTAL					434			285

La mejora permite eliminar también las horas de trabajo para cumplir los requerimientos de la demanda del módulo básico de cómputo. A continuación, la tabla 78 muestra la diferencia de muebles a producir con la mejora con tiempos promedio.

Tabla 78. Cumplimiento con mejora con tiempo promedio de la demanda no atendida en la jornada laboral para el módulo básico de cómputo

Mes	P. diaria (un)	P. actual diaria (un)	Δ	Días de trabajo	Producción	Demanda no atendida en horas de trabajo	¿Cumple con la demanda?	Producción extra
Enero	9	5	4	3	12	12	Sí	0
Febrero	9	5	4	5	20	13	Sí	7
Marzo	9	5	4	4	16	13	Sí	3
Abril	9	5	4	5	20	13	Sí	7
Mayo	9	5	4	8	32	18	Sí	14
Junio	9	5	4	4	16	12	Si	4
Julio	9	5	4	5	20	12	Sí	8
Agosto	9	5	4	5	20	9	Sí	11
Setiembre	9	5	4	5	20	10	Sí	10
Octubre	9	5	4	5	20	9	Sí	11
Noviembre	9	5	4	5	20	10	Sí	10
Diciembre	9	5	4	2	8	8	Sí	0
TOTAL					224			85

A continuación, la tabla 79 muestra la producción diaria del escritorio modelo lineal con tiempos estandarizados, evidenciando la eliminación de horas extra para la producción de toda su demanda.

Tabla 79. Cumplimiento con mejora con tiempo estándar de la demanda no atendida en la jornada laboral para el escritorio modelo lineal

Mes	P. diaria (un)	P. actual diaria (un)	Δ	Días de trabajo	Producción	Demanda no atendida en horas de trabajo	¿Cumple con la demanda?	Producción extra
Enero	7	4	3	7	21	13	Sí	8
Febrero	7	4	3	9	27	15	Sí	12
Marzo	7	4	3	10	30	16	Sí	14
Abril	7	4	3	11	33	16	Sí	17
Mayo	7	4	3	16	48	13	Sí	35
Junio	7	4	3	10	30	17	Sí	13
Julio	7	4	3	11	33	15	Sí	18
Agosto	7	4	3	9	27	8	Sí	19
Setiembre	7	4	3	10	30	13	Sí	17
Octubre	7	4	3	10	30	10	Sí	20
Noviembre	7	4	3	9	27	9	Sí	18
Diciembre	7	4	3	10	30	16	Sí	14
TOTAL					366			205

De igual forma se calcula para el estante modelo básico la disminución de horas extra de trabajo al año.

Tabla 80. Cumplimiento con mejora con tiempo estándar de la demanda no atendida en la jornada laboral para el estante modelo básico

Mes	P. diaria (un)	P. actual diaria (un)	Δ	Días de trabajo	Producción	Demanda no atendida en horas de trabajo	¿Cumple con la demanda?	Producción extra
Enero	19	11	8	3	24	12	Sí	12
Febrero	19	11	8	3	24	15	Sí	9
Marzo	19	11	8	2	16	12	Sí	4
Abril	19	11	8	3	24	14	Sí	10
Mayo	19	11	8	3	24	12	Sí	12
Junio	19	11	8	2	16	17	No	-1
Julio	19	11	8	3	24	12	Sí	12
Agosto	19	11	8	2	16	9	Sí	7
Setiembre	19	11	8	2	16	10	Sí	6
Octubre	19	11	8	3	24	12	Sí	12
Noviembre	19	11	8	3	24	11	Sí	13
Diciembre	19	11	8	2	16	13	Sí	3
TOTAL					248			100

Fuente: Edificaciones Metálicas SAVI S.A.C.

La suma de aquellos muebles que no pueden producirse en los días programados es de 1 mueble a lo largo del año. Por ello es necesario cálculo de horas extras para poder cumplir con esa demanda, en base a la mejora con tiempos estándar.

$$\text{Tiempo base estándar} = \text{Ciclo} \times \text{Producción}$$

$$\text{Tiempo base estándar} = (24,41 \text{ min}) \times (1 \text{ unidad})$$

$$\text{Tiempo base estándar} = 24,41 \text{ min} = 0,41 \text{ horas} = 1 \text{ hora}$$

En el caso del módulo básico de cómputo, la mejora con tiempos estándar permite también reducir las horas de trabajo extra para cumplir con la demanda solicitada.

Tabla 81 Cumplimiento con mejora con tiempo estándar de la demanda no atendida en la jornada laboral para el módulo básico de cómputo

Mes	P. diaria con la propuesta	P. actual diaria (un)	Δ	Días de trabajo	Producción	Demanda no atendida en horas de trabajo	¿Cumple con la demanda?	Producción extra
Enero	8	5	3	3	9	12	No	-3
Febrero	8	5	3	5	15	13	Sí	2
Marzo	8	5	3	4	12	13	No	-1
Abril	8	5	3	5	15	13	Sí	2
Mayo	8	5	3	8	24	18	Sí	6
Junio	8	5	3	4	12	12	Si	0
Julio	8	5	3	5	15	12	Sí	3
Agosto	8	5	3	5	15	9	Sí	6
Setiembre	8	5	3	5	15	10	Sí	5
Octubre	8	5	3	5	15	9	Sí	6
Noviembre	8	5	3	5	15	10	Sí	5
Diciembre	8	5	3	2	6	8	No	-2
TOTAL					168			35

Fuente: Edificaciones Metálicas SAVI S.A.C.

La suma de aquellos módulos de cómputo que no pueden producirse en los días programados es de 6 muebles a lo largo del año. Por ello es necesario cálculo de horas extras para poder cumplir con esa demanda, en base a la mejora con tiempos estándar.

$$\text{Tiempo base estándar} = \text{Ciclo} \times \text{Producción}$$

$$\text{Tiempo base estándar} = (55,14 \text{ min}) \times (6 \text{ unidades})$$

$$\text{Tiempo base estándar} = 275,7 \text{ min} = 5,51 \text{ horas} = 6 \text{ horas}$$

h. Resumen de comparación de indicadores

En las siguientes tablas se presenta el resumen de indicadores de la situación actual y la propuesta con respecto a los 3 productos en estudio.

Tabla 82. Comparación de indicadores para el escritorio modelo lineal**Escritorio modelo lineal**

INDICADOR	Actual	Propuesto	% Variación	Estándar	% Variación
Tiempo promedio del proceso (min)	205,59	141,01	-31,42%	182,73	-11,12%
Tiempo de ciclo (min)	107,59	52,90	-50,83%	65,69	-38,95%
Producción (un/día)	4,46	9,07	103,39%	7,31	63,80%
Productividad de mano de obra (un/día.operario)	1,49	2,27	52,54%	1,83	22,85%
Productividad económica (un/sol)	0,00257192	0,00264	2,83%	0,002611	1,51%
Eficiencia económica	1,23	1,27	2,83%	1,2531	1,51%
Tiempo de transporte (min)	19,71	2,90	-85,28%	3,39	-82,80%
Eficiencia de línea	63,69%	88,85%	39,50%	92,73%	45,59%
Tiempo muerto (min)	117,19	17,69	-84,90%	14,33	-87,78%
Horas extra usadas al año	714	0	-100,00%	0	-100,00%

Tabla 83. Comparación de indicadores para el estante modelo básico**Estante modelo básico**

INDICADOR	Actual	Propuesto	% Variación	Estándar	% Variación
Tiempo promedio del proceso (min)	73,33	46,02	-37,24%	59,17	-19,32%
Tiempo de ciclo (min)	43,55	19,02	-56,33%	24,41961	-43,93%
Producción (un/día)	11,02	25,24	129,01%	19,66	78,34%
Productividad de mano de obra (un/día.operario)	3,67	6,31	71,76%	4,91	33,76%
Productividad económica (un/sol)	0,00472552	0,0048457	2,54%	0,00479739	1,52%
Eficiencia económica	1,65	1,70	2,54%	1,68	1,52%
Tiempo de transporte (min)	11,62	2,52	-78,35%	2,95	-74,61%
Eficiencia de línea	56,13%	80,67%	43,72%	80,76%	43,89%
Tiempo muerto (min)	57,32	11,03	-80,76%	14,09	-75,41%
Horas extra usadas al año	231	0	-100,00%	1	-99,57%

Tabla 84. Comparación de indicadores para el módulo básico de cómputo

Módulo básico de cómputo					
INDICADOR	Actual	Propuesto	% Variación	Estándar	% Variación
Tiempo promedio del proceso (min)	163,20	114,82	-29,64%	148,43	-9,05%
Tiempo de ciclo (min)	85,66	43,74	-48,94%	55,14	-35,63%
Producción (un/día)	5,60	10,97	95,85%	8,71	55,35%
Productividad de mano de obra (un/día.operario)	1,87	2,74	46,89%	2,18	16,51%
Productividad económica (un/sol)	0,0030205	0,0030942	2,44%	0,00305281	1,07%
Eficiencia económica	1,27	1,30	2,44%	1,28	1,07%
Tiempo de transporte (min)	17,68	2,90	-83,60%	3,39	-80,83%
Eficiencia de línea	63,5%	87,51%	37,79%	89,73%	41,29%
Tiempo muerto (min)	93,79	16,39	-82,52%	16,99	-81,88%
Horas extra usadas al año	483	0	-100,00%	6	-98,76%

2.3. Análisis costo-beneficio de la propuesta

Los cálculos presentados en esta parte de la investigación, son realizados únicamente para la propuesta de mejora del sistema productivo y los resultados directos de su implementación, considerándose solamente los ingresos y los costos de producción por cada producto adicional fabricado gracias a la propuesta de mejora.

3.5.1. Inversión en la mejora

Para hallar el costo e inversión de las propuestas planteadas, se ha optado por la evaluación de cada propuesta.

3.5.1.1. Mejora 1: Redistribución de planta

La estimación de la inversión para la producción de los carritos de transporte y los contenedores de transporte, se encuentra reflejado en la tabla 85, sustentando el número de planchas necesarias para la producción de este. No se redondea el número de planchas debido

a que el restante de ella puede ser utilizado por la empresa, por lo tanto, la empresa no asume gasto en el sobrante de estas.

Tabla 85. Cantidad de melamina a utilizar para carros de transporte

Tipo de carretilla	Cantidad en m ² por repisa	n de repisas	Cantidad	TOTAL (m ²)	Área plancha de melamina (m ²)	n de planchas necesarias (un)
Contenedores de transporte (Piezas cortadas y canteadas)	0,72	3	5	10,8	5,22	2,07
Carro transportador de melamina	1,92	1	1	1,92		0,37
TOTAL						2,44

Además, es necesaria la compra de insumos para la producción del carro de transporte y los contenedores de transporte de piezas cortadas y canteadas. La tabla 86 muestra los costos de insumos en tubos de acero, soldadura y garrucha (ruedas) necesarias para la producción de los carritos de transporte y los contenedores, además del costo total de melamina.

Tabla 86. Costos de materiales para contenedores y carretillas

Proveedor	Ítem	Costo por unidad (soles)	Cantidad (uds)	Total (S/)
SODIMAC	Soldadura Cellocord x 1 kg	S/ 17,70	1	S/ 17,70
	Garrucha 4"	S/ 15,22	4	S/ 60,89
TABLENORTE S.A.C.	Tableros de melamina	S/ 255,00	2,44	S/ 621,01
ACEROS AREQUIPA	Tubo de acero inoxidable LAF 1"x 6 m	S/ 9,44	4,84	S/ 45,71
Total				S/ 745,31

Fuente: Edificaciones Metálicas SAVI S.A.C.

El costo de mano de obra en horarios extra para la manufactura de la carretilla de transporte de planchas y 5 las carretillas contenedoras se reflejan en la tabla 87.

Tabla 87. Costo de mano de obra para manufactura de carretillas y carrito transportador

Mano de obra	N operarios necesarios	Horas-hombre	Precio de trabajo por hora extra	TOTAL
Operarios de área de melamina	1	1	S/ 7,2	S/ 7,2
Operarios de área de metal	2	6	S/ 7,2	S/ 86,4
TOTAL	3	7	-	S/ 93,6

Fuente: Sodimac

La tabla 88 muestra los costos en resumen de las cintas reflectoras a utilizar para la delimitación de las áreas.

Tabla 88. Costo de cintas reflectoras

Proveedor	Ítem	Costo por unidad	Cantidad	Total
SODIMAC	Cinta de seguridad vial 2" Amarillo	S/ 29,90	1	S/ 9,90
	Cinta Ref Topex blanco	S/ 19,90	1	S/ 19,90
Total				S/ 49,80

Fuente: Sodimac

La tabla 89 resume la inversión hecha para la redistribución de planta. Se considera el costo de oportunidad a aquel que se incurre por las horas que se deja de producir el estante modelo básico, debido a que es aquel que genera más utilidad a la empresa, con un total de S/ 141,55, multiplicado por los 19 muebles que van a dejar de fabricarse en el día. La implementación de esta mejora supondrá una duración de 6 días. La tabla 85 resume los costos totales de la mejora.

Tabla 89. Costos de redistribución de planta

ITEM	COSTO
Estudio del área de trabajo	S/ 200,00
Recolección de medidas	S/ 150,00
Elaboración de plano actual	S/ 200,00
Elaboración de plano mejorado	S/ 400,00
Costo de oportunidad por movimiento de máquinas	S/ 16 137,08
Concientización al personal	S/ 150,00
Cintas reflectoras	S/ 49,80
Materiales de contenedores	S/ 745,31
Costo de mano de obra para manufactura de carretillas	S/ 93,60
TOTAL	S/ 18 125,79

3.5.1.2. Mejora 2: Estandarización de tiempos

La estandarización de tiempos incurre una inversión para la autora del proyecto, que, por el tiempo incurrido en la recolección de datos, análisis de tiempos y capacitación de la propuesta hecha con respecto a estandarización, tendrá un valor de S/ 1500. Además, se incurre también una inversión para el contrato de un técnico capacitado que lleve a cabo un proceso de sensibilización y adecuación al nuevo método de trabajo, por un precio de S/ 4 000. Gracias a ello, tanto los operarios actuales como el operario a contratar serán capacitados no tan solo en el nuevo método de trabajo, si no en uso de Equipos de Protección Personal y manejo de las máquinas. Se llevará a cabo a su vez, una capacitación anual acerca de ello, por un costo aproximado de S/1 000. Los costos de los equipos de protección personal se encuentran en la tabla 90.

Tabla 90. Costos de equipos de protección personal

Proveedor	Ítem	Costo por unidad (soles)	Cantidad (unidad)	Total (S/)
SODIMAC	Guante SteelPro Multiflex cut 5 PU	S/ 17,90	4	S/ 1,60
	Lentes de seguridad Demon Claro SteelPro	S/ 14,90	4	S/ 9,60
TOTAL				S/131,20

Fuente: Sodimac

Por ende, la inversión total propia de la mejora 2 es de S/ 5 631. Cabe resaltar que los equipos de protección personal se renovarán cada año, además de la capacitación anual de métodos de trabajo, uso de EPP's y trabajo en máquinas.

3.5.1.3. Mejora 3: Balance de línea

La única inversión que curre la empresa para la implementación de la mejora es el pago de la autora del proyecto, que, por el tiempo incurrido en la recolección de datos, análisis de tiempos y capacitación del balance de línea realizado, tendrá un valor de S/ 800. El costo de la implementación del balance de línea implica el contrato de un nuevo operario, que estará dentro de la estructura del flujo de caja. La inversión de tarjetas Kanban incurre

los costos de los contenedores, que se encuentran incluidos en la propuesta de redistribución de planta. Además, las tarjetas incurrirán un costo de fabricación de S/20, considerando que se renovarán por cuestiones de estética y cuidado cada año. En resumen, la inversión por la mejora 3 es de S/ 820 y los gastos anuales son de S/ 20.

3.5.2. Ingresos de la mejora

El cálculo de los beneficios de la reducción de horas extras de obtuvo mediante la multiplicación de la diferencia de horas actual y la propuesta con tiempos estándar por el costo por hora de trabajo.

$$\text{Beneficio de horas extra ahorradas del escritorio modelo lineal} = S/ 5140,80$$

$$\text{Beneficio de horas extra ahorradas del estante modelo básico} = 230 \times S/7,20 = S/1656,00$$

$$\text{Beneficio de horas extra ahorradas del módulo básico de cómputo} = 477 \times S/7,20 = S/ 3434,0$$

Además, se considera como un ingreso la utilidad percibida por mueble extra producido bajo la mejora, contando ya con el salario del operario nuevo.

La utilidad se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Beneficio} = \text{Precio de venta} - \text{Costo total de producción}$$

$$\text{Beneficio del escritorio modelo lineal} = S/480 - S/383,04 = 96,96$$

$$\text{Beneficio del estante modelo básico} = S/350 - S/208,45 = 141,55$$

$$\text{Beneficio del módulo básico de cómputo} = S/420 - S/327,57 = 92,43$$

A continuación, la tabla 91 muestra el flujo de caja de la propuesta.

Tabla 91. Flujo de caja de la propuesta

BENEFICIOS	Unidad	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Demanda Escritorio Modelo Lineal	Unidad		205	205	205	205	205
Demanda Estante modelo básico	Unidad		100	100	100	100	100
Demanda Módulo de básico de cómputo	Unidad		35	35	35	35	35
Utilidad por venta Escritorio Lineal	S/		S/ 96,96	S/ 96,96	S/ 96,96	S/ 96,96	S/ 96,96
Utilidad por venta de Estante	S/		S/. 141,55	S/. 141,55	S/. 141,55	S/. 141,55	S/ 141,55
Utilidad por Venta Módulo	S/		S/. 92,43	S/. 92,43	S/. 92,43	S/. 92,43	S/ 92,43
Beneficio de no pagar horas extra en escritorio modelo lineal	S/		S/ 5 140,80	S/ 5 140,80	S/ 5 140,80	S/ 5 140,80	S/ 5 140,80
Beneficio de reducción horas extra en estante modelo básico	S/		S/ 1 656,00	S/ 1 656,00	S/ 1 656,00	S/ 1 656,00	S/ 1 656,00
Beneficio de reducción horas extra en módulo básico de cómputo			S/ 3 434,40	S/ 3 434,40	S/ 3 434,40	S/ 3 434,40	S/ 3 434,40
Total beneficios		S/. 0,00	S/ 47 498,21	S/ 47 498,21	S/ 47 498,21	S/ 47 498,21	S/ 47 498,21
Costos de Inversión							
Mejora 1: Redistribución de planta	S/	S/ 18 125,79	S/ 49,80	S/ 49,80	S/ 49,80	S/ 49,80	S/ 49,80
Mejora 2: Estandarización de tiempos	S/	S/ 5 631,20	S/ 1 131,20	S/ 1 131,20	S/ 1 131,20	S/ 1 131,20	S/ 1 131,20
Mejora 3: Balance de líneas	S/	S/ 820,00	S/ 20,00	S/ 20,00	S/ 20,00	S/ 20,00	S/ 20,00
Total Costos		S/ 24 576,99	S/ 1 201,00	S/ 1 201,00	S/ 1 201,00	S/ 1 201,00	S/ 1 201,00
UTILIDAD BRUTA		-S/ 24 576,99	S/ 46 297,21	S/ 46 297,21	S/ 46 297,21	S/ 46 297,21	S/ 46 297,21
Depreciación		S/ 0,00	S/ 0,00	S/ 0,00	S/ 0,00	S/ 0,00	S/ 0,00
Utilidad a Impuestos			S/ 46 297,21	S/ 46 297,21	S/ 46 297,21	S/ 46 297,21	S/ 46 297,21
Impuestos (30%)			S/ 13 889,16	S/ 13 889,16	S/ 13 889,16	S/ 13 889,16	S/ 13 889,16
Depreciación		S/ 0,00	S/ 0,00	S/ 0,00	S/ 0,00	S/ 0,00	S/ 0,00
UTILIDAD NETA		-S/ 24 576,99	S/ 32 408,05	S/ 32 408,05	S/ 32 408,05	S/ 32 408,05	S/ 32 408,05

En base al flujo de caja, se realiza el análisis económico, considerando una tasa mínima atractiva de retorno (TMAR) del 7 %, la cual se deriva de la tasa de interés más alta que paga el banco por depositar una inversión a plazo fijo, teniendo en cuenta que la empresa tiene la capacidad de solventar el monto de la inversión que supone la mejora. El flujo de caja de la propuesta arroja un resultado con los siguientes valores:

Tabla 92. Tabla resumen de los indicadores financieros

ITEM	VALOR
VAN	S/ 116 823,76
TIR	129,81%
Beneficio/Costo	S/ 6,63

Fuente: Edificaciones Metálicas SAVI S.A.C.

Siendo la fórmula hallada para el beneficio costo la relación entre ingresos y egresos.

$$\text{Beneficio/costo} = \frac{\text{Ingresos}}{\text{Egresos}}$$

$$\text{Beneficio/costo} = \frac{S/116\ 823,76}{S/24\ 576,99}$$

$$\text{Beneficio/costo} = S/6,63$$

Este valor representa, que, a raíz de la mejora, por cada sol invertido se ganará S/ 6,63.

IV. CONCLUSIONES

- La propuesta de mejora en el sistema productivo de muebles de melamina en la empresa Edificaciones Metálicas SAVI S.A.C. permite incrementar la productividad de mano de obra en un 52,54%, de un valor de 1,49 a 2,27 escritorios modelo lineal/día.operario; en un 71,76 % de un valor de 3,67 a 6,31 estantes modelo básico/día.operario y un incremento del 46,89%, de 1,87 a 2,74 módulos básico de cómputo /día.operario, eliminando los costos en horas extra de trabajo para la producción del escritorio modelo lineal, el estante modelo básico y el módulo básico de cómputo.
- Se diagnosticó la situación actual de la empresa, determinando que el principal problema era la baja productividad del sistema de producción de los 3 principales productos de la empresa según la clasificación ABC realizada, que son el escritorio modelo lineal, el estante modelo básico y el módulo básico de cómputo. Las causas que conllevaban a la empresa a este problema era la falta de estandarización de tiempos, la línea de producción de desbalanceada, demoras en espera de materiales, transportes excesivos y la sobrecarga de actividades al operario respectivo en la estación cuello de botella. La baja productividad incurría en horas extras para poder cumplir la producción programada, con un costo de S/10 281,6 soles anuales entre los 3 productos.
- La propuesta de mejora está diseñada para dar solución a la problemática, e incluye una redistribución de la planta con el objetivo de reducir transportes largos mediante la metodología Systematic Layout Planning y Guerchet y la adquisición de carros de transporte que reduzcan el número mismo de transportes. En segundo lugar, se propuso una estandarización de tiempos mediante procedimientos operativos estándar y la propia estandarización en base al tiempo promedio de producción, y por último se procedió a realizar un balance de líneas, reasignando un operario a la estación cuello de botella. La estructura de la propuesta permitió incrementar los principales indicadores de productividad, específicamente los valores de producción: de 4 a 7 escritorios modelo lineal, de 11 a 19 estantes modelo básico y de 5 a 8

módulos básicos de cómputo bajo un tiempo estandarizado de trabajo, y la reducción de horas extra de trabajo en un 100 % para los muebles objeto de estudio.

- Finalmente, la propuesta resulto ser viable, proyectando una inversión de S/ 24 576,99, un VAN de S/ 116 823,76, un TIR de 129,81 % y un B/C de S/ 6,63, demostrando ser un proyecto factible y favorable para la empresa en estudio.

V. RECOMENDACIONES

- Se recomienda a la empresa una planificación en cuanto a los días de entrega de sus productos con los tiempos y métodos ya estandarizados brindados en la presente investigación, para así evitar retrasos en las entregas.
- Se recomienda para futuras investigaciones, evaluar diferentes metodologías de manufactura esbelta para la optimización en el uso de las máquinas y recursos, y a partir de ello realizar un balance de línea que permita reducir el ciclo y así aumentar la producción.

VI. LISTA DE REFERENCIAS

- [1] A. Gili, «Lignum: bosque, madera y tecnología,» 16 junio 2016. [En línea]. Available: <http://www.lignum.cl/columnas/el-boom-de-la-melanina/#>. [Último acceso: 25 abril 2018].
- [2] «Produce: Industria creció 2,3% en marzo,» *El Comercio*, 16 Mayo 2018.
- [3] N. Tass, G. Enríquez, A. Ortiz y E. Macías, «Estudio de tiempos y movimientos en la línea de producción de block en la fábrica AREVALO,» *SALUD, EDUCACIÓN, SOCIEDAD Y ECONOMÍA EN LA FRONTERA SUR DE MÉXICO*, pp. 279-292, 2017.
- [4] S. Guaraca, «Mejora de la productividad, en la sección de prensado de pastillas, mediante el estudio de métodos y la medición del trabajo, de la fábrica de frenos automotrices Edgar S.A.,» Escuela Politécnica Nacional, Quito, 2015.
- [5] M. Orejuela, «Diseño e implementación de un programa de ingeniería de métodos, basado en la medición del trabajo y productividad, en el área de producción de la empresa Servicios Industriales Metalmecánicos Orejuela "SEIMCO" durante el año 2015,» Escuela Politécnica Nacional, Quito, 2016.
- [6] M. Singh y H. Yadav, «Improvement in proces industries by using work study methods: A case study,» *International Journal of Mechanical Engineering and Technology*, vol. 7, n° 3, p. 426–436, 2016.
- [7] C. Duran, A. Cetindere y A. Yunus, «Productivity improvement by work and time study technique for,» *ScienceDirect*, n° 26, pp. 109-113, 2015.
- [8] L. Q. y Z. C. Z. Li, «Application of SLP Method in Design of Facilities Layout in Workshop,» *Applied Mechanics and Materials*, vol. 190, pp. 28-32, 2012.
- [9] R. Billene, Análisis de costos II, Buenos Aires: Ediciones Jurídicas Cuyo, 2000.
- [10] O. Vasquez, «Ingeniería de Métodos,» Chiclayo, 2012.
- [11] A. Caso, Técnicas de medición del trabajo, Madrid: FC Editorial, 2006.
- [12] F. Meyers, Estudio de tiempos y movimientos para la manufactura ágil, Estado de México: Pearson Educación, 2000.
- [13] G. Kanawaty, Introducción al estudio de trabajo, Ginebra: Oficina Internacional del trabajo, 1996.
- [14] L. Cuatrecasas y M. Subirachs, Lean Management: La gestión competitiva por excelencia, competitiva por excelencia.
- [15] B. Niebel y A. Freivalds, Ingeniería Industrial: Métodos, estándares y diseño del trabajo, Ciudad de México: Alfaomega grupo Editor, 2009.

- [16] R. García, Estudio de trabajo. Ingeniería de métodos y medición del trabajo, México D.F.: Mc Graw Hill, 2005.
- [17] J. Velasco, Organización de la producción, Madrid: Editorial Pirámide, 2013.
- [18] C. Busellato, «"PLUS" STANDARD MACHINES,» [En línea]. Available: http://www.casadeibusellato.com/network-siti-locali/casadei-busellato/prodotti-inseriti/depliant/plus_rev02_ott13_ing_fra_0010082316a.pdf. [Último acceso: 1 abril 2019].
- [19] Belsaibelsa, «Belsaibelsa Suministro industrial,» [En línea]. Available: <https://www.belsaibelsa.com/compresor-vertical-futura-2271030v>. [Último acceso: 16 Marzo 2019].
- [20] A. Ovalle y D. Cárdenas, «¿Qué ha pasado con la aplicación del estudio de tiempos y movimientos en las últimas dos décadas?,» *Ingeniería Investigación y Desarrollo: I2+D*, vol. 16, n° 2, pp. 12-31, 2016.
- [21] M. Trigo, «Melamina desplaza a madera en muebles de oficina y hogar,» *Diario Gestión*, 2012 junio 15.
- [22] M. Ruiz, Introducción al estudio de los métodos de trabajo, 1966.
- [23] A. Freivalds y B. Niebel, Ingeniería Industrial: métodos, estándares y diseño de trabajo, Estados Unidos: Alfaomega Grupo Editor, 2008.
- [24] F. López y Á. Pérez, Métodos de trabajo hacia la competitividad, Medellín: Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid, 2012.
- [25] J. Cruelles, Mejora de métodos y tiempos de fabricación, Barcelona: Alfaomega, 2012.
- [26] A. Freivalds y B. Niebel, Ingeniería Industrial de Niebel. Métodos estándares y diseño del trabajo, México D.F: Mc Graw Hill, 2014.
- [27] A. Aguirre, «Análisis de métodos y estandarización de tiempos para incrementar la productividad de la línea N 1 en laboratorio de especialidades cosméticas ESKO LTDA,» *Universidad Católica de Colombia*, 2015.
- [28] L. Krajewski, L. Ritzman y M. Malhotra, Administración de operaciones. Procesos y cadenas de valor, Ciudad de México: Prentice Hall de Pearson Educación de México, 2008.
- [29] C. Zhao y J. Li, «Modeling, Analysis, and Improvement of a,» *IFAC*, pp. 1672-1677, 2014.
- [30] MASISA, «MDF,» [En línea]. Available: <https://www.masisa.com/per/producto/mdf/>. [Último acceso: 18 12 12].
- [31] I. Chiavenato, Introducción a la teoría general de la administración, México: MCGRAW-HILL, 2012.

[32] S. Safety, «FICHA TÉCNICA GUANTE STEELPRO MULTIFLEX CUT 5 PU,» [En línea]. Available: http://steelprosafety.vteximg.com.br/arquivos/GUANTE_STEELPRO_MULTIFLEX_CUT_5_PU_301000780105_copia.pdf?v=636426497864770000.

VII. ANEXOS

Anexo 1. Ficha técnica guantes de seguridad para corte

GUANTE STEELPRO MULTIFLEX CUT 5 PU

Descripción

Elaborado a base de fibra HDPE, Cut 5, 13 Gauge con palma de PU. Es diseñado además para trabajos donde exista alto riesgo de corte y se requiera trabajar con un guante de buena dexteridad, es resistente a la abrasión y transpirabilidad.

Usos:

Especial para trabajos donde se necesite alta precisión y se trabaje con alta tecnología, manipulación de partes y piezas en industrias metalmecánicas.

Modo de uso:

El operario encargado de la operación del corte, debe colocarse los guantes antes de trabajar en la máquina que le suponga un riesgo de corte.



Precio: S/ 17,90

Tiempo de reposición: 1 vez al año

Proveedor: SteelPro Safety

Cantidad a requerir: 03

Fuente: Sodimac

Anexo 2. Ficha técnica de lentes de seguridad

LENTES DE SEGURIDAD DEMON CLARO STEELPRO

Descripción

Visor de policarbonato oftálmico con protecciones laterales. Marco PVC flexible negro. Patillas de ajuste telescópico. Resistente a impactos.

Usos:

Ideal para trabajo pesado, en todas aquellas actividades en que se ponga en riesgo el bienestar visual de los trabajadores, ya sea a causa de salpicaduras de líquidos, partículas, uso en general, etc.

Modo de uso:

Póngase las gafas de seguridad. Revise el ajuste del puente con la nariz y las varillas de las gafas con las orejas. Las gafas de seguridad deben quedar bien ajustadas contra la cara y no se deslizan por la nariz.

Limpiar con regularidad.



Precio: S/ 14.90

Tiempo de reposición: Cada vez que se requiera

Proveedor: SteelPro Safety

Cantidad a requerir: 01

Fuente: Sodimac

Anexo 3. Perfil de puesto de trabajo del operario de armado

A. Identificación del puesto

Título del puesto: Operario de armado

Departamento: Producción de melamina

Tipo de trabajo: Tiempo completo (08 h a 17 h)

Reporta a: Administración

B. Deberes, tareas y responsabilidades

Función Principal:

Realizar el ensamble y armado de piezas para la producción de los productos ofrecidos por la empresa Edificaciones Metálicas SAVI S.A.C.

Tareas y responsabilidades

Transporte de piezas de melamina y MDF canteadas y lijadas desde la estación de trabajo de canteado hasta la estación de trabajo donde se realiza el armado.

Despacho de accesorios a utilizar desde el almacén de insumos hasta su mesa de trabajo.

Ensamble y armado de piezas para la producción del escritorio modelo lineal.

C. Perfil de puesto

Educación:

Mínima: Secundaria completa

Atributos personales:

Empático, responsable, organizado, capacidad de trabajo en equipo y capacidad de trabajo bajo indicadores.

Habilidades:

Experiencia en uso de atornillador eléctrico.

Conocimientos:

Conocimiento en carpintería y medidas de seguridad y salud en el trabajo en empresas metalmecánicas.
