

Análisis de distribución en planta y simulación en el proceso de fabricación de varillas de eucalipto

Ivan Alejandro Stepaniuk ^{a*}, Juan Carlos Michalus ^a,

^a Universidad Nacional de Misiones, Facultad de Ingeniería Oberá, Misiones, Argentina.
e-mails: stepaniukivan2002@gmail.com, michalus@fio.unam.edu.ar.

Resumen

El presente trabajo analiza la distribución en planta y la simulación del proceso de fabricación de varillas de eucalipto en el aserradero Forestal Victor Szmandiuk, ubicado en Oberá, Misiones. La empresa, que procesa 17,000 pies cuadrados de madera mensualmente, busca incrementar su producción mediante la incorporación de una sierra múltiple. Utilizando el método SLP (Systematic Layout Planning), modelado y simulación, se evaluó el impacto de esta nueva maquinaria en la capacidad productiva y la eficiencia operativa. Los resultados indican que la incorporación de la sierra múltiple podría aumentar significativamente la producción de varillas, aunque se requiere una adecuada reestructuración de las tareas de los operarios o la incorporación de personal adicional para evitar la sobrecarga. Este estudio proporciona información para justificar la inversión y planificar la implementación efectiva de la nueva maquinaria, contribuyendo a la optimización de procesos en la industria maderera.

Palabras Clave – Distribución en planta, Industria maderera, Modelado, Simulación, Systematic Layout Planning, Optimización.

1. Introducción

Históricamente la industria maderera ha sido de gran importancia en la provincia de Misiones, destacándose como un gran pilar económico y generando miles de puestos de trabajo, en su gran mayoría, en pequeñas y medianas empresas. El rubro ha evolucionado con el tiempo hacia la incorporación de nuevas tecnologías que optimizan la producción y mejoran la eficiencia operativa.

El aserradero Forestal Victor Szmandiuk, ubicado en la ciudad de Oberá es una de las tantas pequeñas empresas madereras de la región. La misma se dedica a la producción de tablas, varillas y machimbres de eucalipto, una actividad demandada para la construcción de cercos y otras estructuras. La empresa procesa mensualmente 17.000 pies cuadrados de madera de las variedades Eucalipto Dunii y Grandis, operando con una sierra sinfín, una sierra circular y un equipo de tres operarios. Actualmente la empresa busca incorporar una sierra múltiple al proceso, los que permitiría un aumento de la producción. Una correcta ubicación de esta maquinaria dentro del proceso productivo resultaría sumamente beneficiosa para la empresa. En este contexto, el análisis de distribución mediante el método SLP (Systematic Layout Planning) surge como una herramienta esencial para mejorar la distribución en planta y aumentar la capacidad productiva, ya que ofrece un enfoque universal y una serie de pasos para realizar el proyecto de distribución de una manera segura, efectiva y sistemática (Munther y Hales, 2015).

El presente trabajo se enfoca en evaluar el impacto de esta nueva maquinaria en la producción de varillas de eucalipto y es complementado con un modelado y simulación del proceso que busca cuantificar el aumento en la producción y el efecto en la ocupación de los operarios. Este análisis proporciona información para justificar la inversión en la sierra múltiple y planificar su

* stepaniukivan2002@gmail.com

implementación efectiva. El trabajo contribuye al conocimiento existente sobre la optimización de procesos en la industria maderera, ofreciendo una perspectiva práctica y aplicable a otros aserraderos con características similares.

2. Metodología

Se llevó a cabo un relevamiento exhaustivo en la planta, donde se realizaron mediciones directas sobre los equipos para determinar tanto el espacio ocupado por la maquinaria actual como el disponible para la incorporación del nuevo equipamiento. Posteriormente, se efectuó un análisis de la distribución en planta empleando el método Systematic Layout Planning (SLP), lo que permitió definir las relaciones entre los equipos y los distintos centros de trabajo, generando diversas propuestas para la colocación de la nueva maquinaria. Para la construcción del modelo, se llevaron a cabo al menos 30 mediciones cronometradas para cada actividad, seleccionadas de manera aleatoria durante diferentes turnos, a lo largo de una semana. Los datos obtenidos se modelaron utilizando distribuciones estadísticas y se realizaron los ajustes necesarios para asegurar una alta correspondencia con el proceso real. Una vez verificado el modelo, se efectuaron diversos ensayos proponiendo distintos escenarios para el proceso productivo. La creación del modelo y la simulación fueron realizadas con el Software Simul8®.

3. Desarrollo

3.1. Descripción del proceso actual

El proceso inicia con el ajuste del rollo de eucalipto en el carro de la sierra sinfín horizontal. Este es realizado manualmente por dos operarios. Una vez que el rollo se encuentra correctamente posicionado, se procede a realizar un primer corte con la sierra. Los operarios deben ajustar constantemente la posición de los rollos y la sierra para garantizar la calidad de los cortes. Este proceso, aunque efectivo, es intensivo en mano de obra y tiempo. En la figura 1 se presenta la distribución en planta.

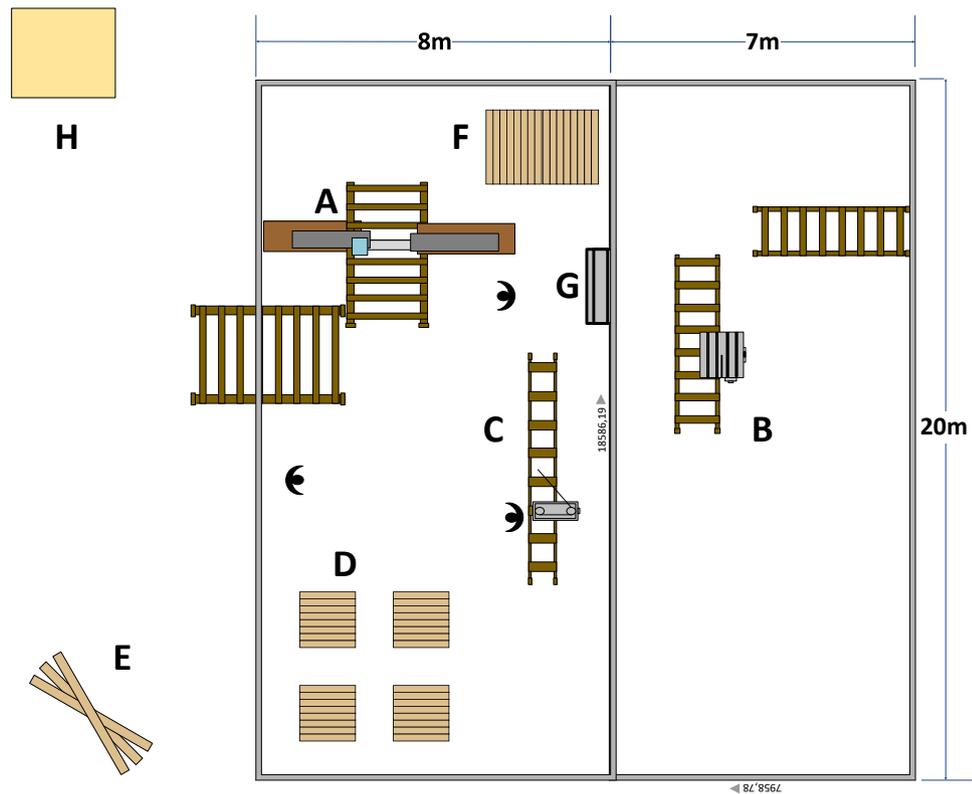


Fig. 1. Distribución en planta actual.

Tabla 1- Equipos instalados actualmente en la planta

	Equipo
A	Sierra sinfín horizontal
B	Sierra sinfín vertical
C	Sierra Circular
D	Almacenamiento
E	Descarte
F	Reaprovechamiento
G	Afiladora
H	Sanitarios

Después del corte primario, los tablonces resultantes requieren reacomodación para realizar cortes secundarios con la finalidad de obtener varillas y otros productos. Esta etapa del proceso también es manual y requiere que los operarios manejen los tablonces para posicionarlos adecuadamente para el siguiente corte. La reacomodación frecuente de los tablonces es uno de los factores que limita la eficiencia del proceso actual.

Una vez realizado el segundo corte se obtienen varillas con el largo del rollo, que deben ser corregidas con un largo de 1,2 metros. Es aquí donde entra en operación el tercer trabajador, que

agrupa 6 varillas y realiza un corte sobre la mesa utilizando de referencia marcas realizadas con un patrón. Los retazos resultantes son descartados y las varillas apiladas para su posterior despacho.

La producción actual es de 600 varillas diarias los que resulta en un consumo de alrededor de 17.000 pies cuadrados de madera mensual.

Actualmente la instalación cuenta con un área de 360 metros cuadrados con posibilidad de ampliación en todas las direcciones. En el Apéndice A se puede observar un plano detallado de la planta.

La sierra sinfín vertical no es utilizada en la actualidad ya que únicamente puede procesar rollos de menor envergadura, sin embargo, el proyecto a futuro es reactivarla con la incorporación de la sierra múltiple que evitaría tener que reacomodar los rollos para un segundo corte. Seguidamente, se representa en una tabla los distintos equipos presentes en la planta, así como el espacio requerido por cada uno.

Tabla 2- Equipos disponibles y espacio necesario.

Número	Equipo	Número de Equipamientos	Espacio necesario
1	Sierra sinfín Horizontal	1	29 m ²
2	Sierra sinfín Vertical	1	23 m ²
3	Sierra Múltiple	1	15 m ²
4	Sierra Circular	1	14 m ²
5	Afiladora	1	5 m ²
6	Almacenamiento	-	12 m ²
7	Reaprovechamiento	-	3.5 m ²
8	Descarte	-	>10 m ²

3.2. Diagrama de relaciones

Se recopilaron datos sobre los procesos de producción entre estaciones de trabajo y se llevó a cabo un análisis con el objetivo de comprender el flujo de materiales. A continuación, se elaboró un gráfico de relaciones de actividades, mostrado en la figura X. Este gráfico muestra la relación entre las estaciones de trabajo en el diseño del proceso. Se asignó una calificación de cercanía según la importancia de la relación entre estaciones de trabajo y el flujo de materiales entre los mismos. Los valores de cercanía se definen como A = Absolutamente necesario, E = Especialmente importante, I = Importante, O = Ordinario, U = Indiferente y X=Indeseable (Stephens y Meyers, 2019).

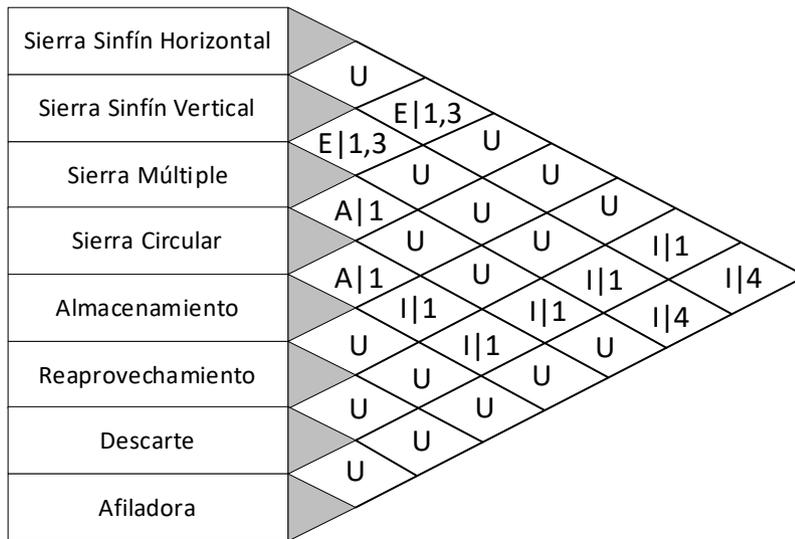


Fig. 2. Diagrama de relaciones del aserradero.

Se clasificaron a continuación los equipos/sectores según tres categorías. La primera aquellos que no pueden ser movidos en la práctica. En segundo lugar, aquellos que podrían ser movidos pero que dicho trabajo resultaría muy complejo y oneroso. Y por último aquellos que pueden ser movidos con facilidad.

- **No pueden moverse:** sierra sinfín horizontal, sanitarios.
- **Son complejos de mover:** sierra sinfín vertical.
- **Pueden moverse con facilidad:** sierra circular, reaprovechamiento, zona de descarte, afiladora, almacenamiento.

3.3. Alternativa propuesta

Teniendo en cuenta el diagrama de relaciones y la factibilidad de movilizar los equipos se analizaron varias propuestas de distribución en planta, a continuación, se presenta la que resulto más adecuada y pertinente.

Tabla 3-Identificación de equipos y relaciones entre estos.

Relación	Color Asignado	Número	Equipo
A (Absolutamente necesario)	Verde	1	Sierra sinfín Horizontal
E (Especialmente Necesario)	Azul	2	Sierra sinfín Vertical
I (Importante)	Amarillo	3	Sierra Múltiple
O (Ordinario)	Negro	4	Sierra Circular
U (Indiferente)	Blanco	5	Almacenamiento
X (Indeseable)	Rojo	6	Reaprovechamiento
		7	Descarte
		8	Afiladora

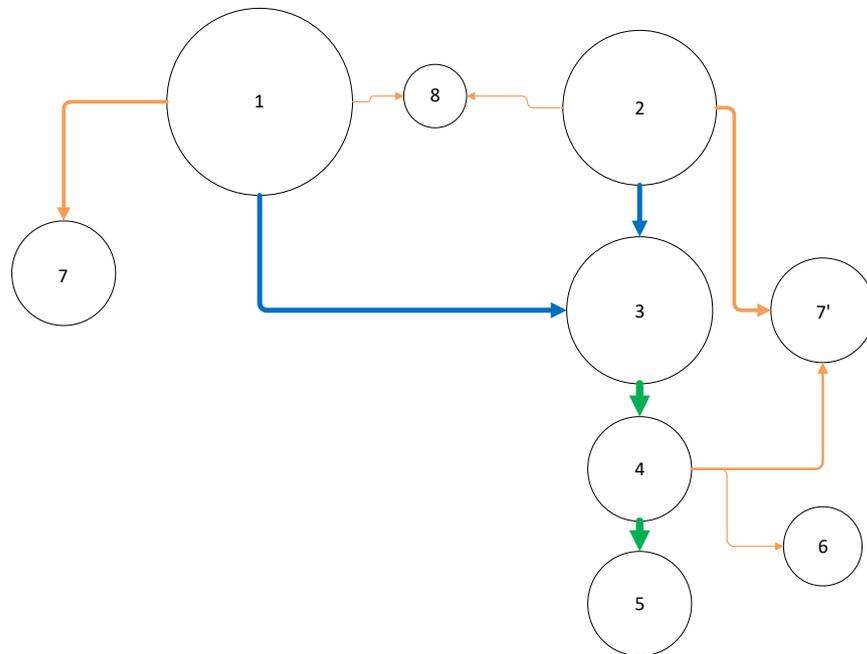


Fig. 3. Propuesta resultante de distribución de maquinaria.

3.4. Simulación

Para complementar el análisis y tener una perspectiva del aumento de la producción generado por la incorporación de la sierra múltiple se realizó una simulación del proceso teniendo en cuenta la distribución y maquinaria actual y la distribución seleccionada utilizando el software **SIMUL8**®. Por medio de la simulación se busca:

- Cuantificar el aumento en la producción con la incorporación de la sierra múltiple.
- Realizar un análisis de las tareas y tiempo de trabajo del operario encargado de las varillas para la nueva configuración y contrastarla con la actual.

Para llevar a cabo la simulación se tomaron al menos 30 mediciones de tiempo para cada una de las actividades descritas en 2.1. Los datos obtenidos se ajustaron a las distribuciones estadísticas mediante el Software.

3.5. Planteamiento de escenarios

Para la incorporación de la sierra múltiple en la simulación se utilizaron velocidades comunes de corte para este tipo de sierras. Si bien la maquinaria más moderna puede cortar hasta 30 metros por minuto de madera, los equipos más pequeños suelen rondar los 10 a 15 metros por minuto. Esto, claro, no considera las operaciones de carga y descarga de los rollos y varillas en caso de que sean necesarios. Para el análisis se tomó el valor de 10 metros por minuto. Teniendo en cuenta que el largo promedio de los rollos es de 2,5 metros se podrían cortar hasta 4 tablas en un minuto, es decir, un promedio de 1 tabla cada 15 segundos. Se añade a este, además, un tiempo de maniobra para la actividad igual a la descarga de las tablas actuales

Se planea utilizar una cargadora de rollos para transportar las tablas desde la sierra horizontal hasta la sierra múltiple. Para esto se considera el transporte de 2 rollos (es decir, aproximadamente 12 tablas) por traslado con un tiempo promedio de 1 minuto, teniendo en cuenta las distancias dentro de la planta y un tiempo de descarga igual a la descarga de tablas actuales.

Para el análisis de la sierra vertical se consideraron los tiempos de la sierra horizontal que se encuentra actualmente funcionando.

3.6. Resultados

A continuación, se presentan los resultados de la simulación, el resultado promedio, así como también, a modo de ejemplo, el resultado obtenido en algunas corridas.

Tabla 4-Resultados de la simulación para la situación actual.

	Base Run Trial Average	Corrida 1	Corrida 2	Corrida 3	Corrida 4
Corte de varillas. Working %	70,28963	70,37172	70,78965	69,77276	70,22438
Operario varillas. Utilization %	100	100	100	100	100
End 1. Number Completed	13.968	13.920	14.040	13.908	14.004

En la tabla 4 se puede observar el porcentaje que el centro de trabajo del corte de las varillas se encuentra trabajando (Corte de varillas. Working %), la utilización del operario encargado de realizar el corte de las varillas (Operario varillas. Utilization %) y la cantidad de productos obtenidos (End 1. Number Completed). Se puede apreciar que el número de varillas producidas se condice con la producción real y sobre todo que el operario encargado de realizar los cortes en las varillas se encuentra sobrecargado. Esto representa un problema ya que ocasiona la acumulación de varillas en proceso y, por ende, una menor producción total.

Los resultados para el primer escenario fueron los siguientes:

Tabla 5-Resultados de la simulación con la incorporación de la sierra múltiple.

	Base Run Trial Average	Corrida 1	Corrida 2	Corrida 3	Corrida 4
Corte de varillas.Working %	88,35866	88,26434	88,74291	87,84943	88,57797
Operario Multi y Corte. Utilization %	99,95537	99,97641	99,97791	99,91361	99,95355
End 1. Number Completed	17.616	17.568	17.748	17.616	17.532

Si bien se observa un aumento en la producción promedio de 3.648 varillas, esta se ve limitada por la sobrecarga del operario encargado de realizar los cortes en las varillas. Una solución a este problema podría ser una reestructuración de las actividades de los demás operarios, aprovechando los tiempos muertos que puedan aparecer o directamente la incorporación de un operario más en el centro de trabajo encargado del corte de las varillas. Para esta última propuesta se realizó una de simulación, cuyos resultados se presentan a continuación:

Tabla 6-Resultados de la simulación incorporando un operario al centro de corte.

	Base Run Trial Average	Corrida 1	Corrida 2	Corrida 3	Corrida 4
Operario Multi y Corte.Utilization %	78,79442	76,91213	79,73131	79,27237	79,26188
Operario corte de varillas 2. Utilization %	74,10266	73,34641	74,70106	74,24786	74,11371
End 1. Number Completed	27.792	27.408	28.188	27.828	27.744

Se aprecia un importante aumento de la producción promedio respecto al escenario actual y también al escenario con un operario en el centro de corte, con un aumento promedio de 13.824 y 10.176 unidades, es decir, un aumento 98,97% y 57,76% respectivamente. Además, la utilización de los operarios se redujo, significando que estos ya no se encuentran sobrecargados.

Conclusiones

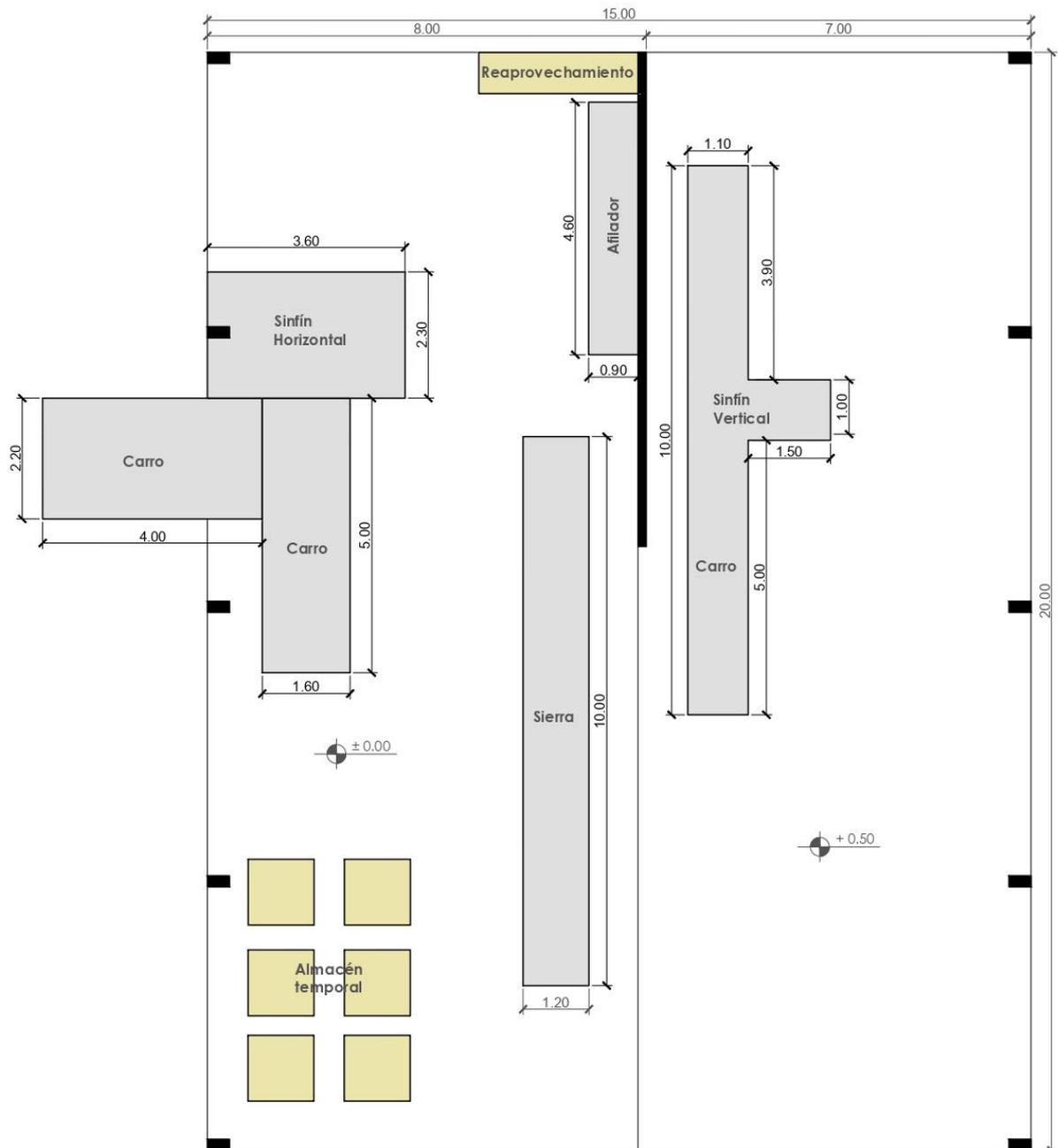
La utilización del método S.L.P es de gran utilidad para la toma de decisiones respecto a la ubicación e incorporación de nueva maquinaria. Esta herramienta en combinación con el análisis de simulación permite detectar puntos de mejoras y problemáticas que puedan surgir con la incorporación de nuevos elementos al proceso productivo. Para el caso analizado, si bien la sierra múltiple permitirá un aumento respecto a la producción actual, una incorrecta asignación de tareas de los operarios o la falta de incorporación de capital humano producirá un desaprovechamiento de la capacidad de la planta.

Agradecimientos

Los autores agradecen a Victor Szmandiuk y su familia por la buena predisposición para realizar este trabajo dentro de la empresa y brindar toda la información necesaria para la realización del

mismo. A los operarios, por nutrirnos con su experiencia y permitirnos realizar las mediciones pertinentes. Al Ing. Darío Enriquez por la ayuda brindada con la simulación.

Apéndice A. Plano de la planta.



LAY OUT.-

ESCALA 1:100.-
FORESTAL VICTOR SZMANDIUK.-

Referencias

- [1] A. F. Marques, J. P. De Sousa, M. Rönnqvist y R. Jafe, “Combining optimization and simulation tools for short-term planning of forest operations,” *Scan. J. For. Res.*, vol. 29, no. 1, pp. 166-177, Nov. 2013, DOI: <https://doi.org/10.1080/02827581.2013.856937>.
- [2] F. P. Vergara-González, P. E. González Ríos, G. Rojas-Espinoza y C. A. Montero-Nahuelcura, “Estudio de la producción en un aserradero de corte cualitativo a través del uso de simulación de eventos discretos y diseño de experimentos,” *Rev Cha Se Cie For y del Amb*, vol. 25, no. 3, pp. 291-304, May 2019, DOI: [10.5154/r.rchscfa.2018.01.007](https://doi.org/10.5154/r.rchscfa.2018.01.007).
- [3] J. A. Tompkins, J. A. White, Y. A. Bozer, J. M. A. Tanchoco, “Muther’s Systematic Layout Planning (SLP) Procedure,” in *Facilities Planning*, 4th ed., Hoboken, NJ, USA: Willey-Blackwell, 2010, pp. 297–302.
- [4] K. Concannon, M. Elder, K. Hindle, J. Tremble y S. Tse,” in *Simulation Modeling with Simul8®*, 1st ed., Mississauga, Ontario, Canadá: Visual 8 Corporation, 2007, pp. 207–299.
- [5] L. Opacic, T. Sowlati y M. Mobini, “Design and development of a simulation-based decision support tool to improve the production process at an engineered wood products mill,” *Int. J. Prod. Econ.* vol. 199, pp. 209-219, 2018, DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2018.03.010>.
- [6] M. P. Stephens y F.E. Meyers, “Activity Relationship Analysis,” in *Manufacturing Facilities Design & Material Handling*, 6th ed., West Laffayette, IN, USA: Purdue University Press, 2019, pp. 93–106.
- [7] R. Muther y L. Hales, “Flow and/or Activity Relationship Diagram,” in *Systematic Layout Planning*, 4th ed., Indiana, USA: Management & Industrial Research Publications, 2015, pp. 101–115.
- [8] V. A. Kowalski y H. D. Enriquez, “*Cuaderno didáctico de la Asignatura: Investigación Operativa 2. Tema: Simulación*”. Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Misiones. Oberá, Misiones, Argentina.2023.