

# Capítulo 6

## Diseño y evaluación de layout de una empresa dedicada a la fabricación de cerámica con simulación y SLP

Marlenne Cruz Romero, Carlos Alonso López Marcelo, José Luis López Cervantes, Javier García Gutiérrez

*Resumen—El objetivo de este documento es presentar la correcta distribución de los departamentos que conforman una empresa dedicada a la manufactura de productos de cerámica. Para la redistribución de planta se hace uso de diferentes diagramas como el diagrama de flujo de proceso, el diagrama de flujo de materiales y el diagrama de relación de actividades y espacio, dichos diagramas sirvieron como datos de entrada para el software CORELAP el cual generó diferentes escenarios de distribución de las áreas de trabajo de esta empresa. Con el software ARENA se representó el sistema de producción actual y se generaron diferentes escenarios de mejora que permitieron el cálculo de los recursos necesarios para satisfacer la demanda pronosticada.*

*Palabras Clave—Simulación, Distribución de planta, Toma de decisiones.*

### Introducción

La empresa bajo estudio, fundada en octubre del 2012, es una empresa dedicada al diseño y producción artesanal de vajillas de cerámica de alta temperatura. Su amplio catálogo lo conforman diversas creaciones de alta calidad y colores únicos.

Además de las colecciones de piezas únicas que se generan a través de la vinculación con diseñadores y artistas. En su tienda se pueden encontrar productos como tazas, tazones, platos, saleros, teteras, mezcaleros, etcétera. El taller de manufactura se ubica en San Jacinto Amilpas, Oaxaca mientras que la tienda y oficinas se encuentran en el centro de esta ciudad.

En el año 2022 reportaron un total de 28,858 piezas vendidas lo que representa un total de \$6,922,771.00 pesos, lo anterior indiscutiblemente gracias a su ventaja competitiva, la cual se centra en fusionar las técnicas artesanales y los avances tecnológicos para cerámica.

Debido a la gran demanda de productos y a la limitación del espacio en el actual taller, se ve la necesidad de construir una planta de producción en el Parque Industrial y maquilador Oaxaca 2000 de esta forma el objetivo del presente trabajo es proponer la distribución idónea de los departamentos que conforman esta empresa de manera que diferentes factores como la maquinaria, los recursos humanos, materiales y servicios ofrezcan un valor agregado al sistema de producción.

El tiempo y los costos son los factores más importantes en la planeación de las actividades operativas de una compañía, en general, una organización busca desarrollar procesos donde se emplee el menor tiempo posible para garantizar la calidad de sus productos, cumplir el tiempo pactado con el cliente y que los costos sean mínimos [1].

En ciertos casos, parece muy sencillo disponer los equipos industriales sobre una superficie, después de haber realizado varias distribuciones sin realizar un estudio riguroso de la situación hasta conseguir un resultado satisfactorio. No obstante, esta solución llevará a una pérdida de tiempo, molestias al personal o incluso la inutilización de las instalaciones [2].

El *Systematic Layout Planning* (SLP) es una metodología que permite organizar el lugar de trabajo en una distribución de planta mediante la ubicación de las áreas tomando en consideración su relación y cercanía. Esta metodología también se usa para un rápido flujo de materiales donde es imprescindible la menor manipulación de estos, fue desarrollada por Richard Muther y dado su sencillo enfoque para el diseño de instalaciones hoy en día es de las más usadas [3].

La metodología consiste en cuatro fases de desarrollo que se ilustran en la Figura 1.



Figura 1 Metodología SLP

La localización consiste definir la ubicación de la planta, la segunda fase es el plan de distribución general donde se establece el total de áreas que estarán en la planta y asimismo la forma, la ubicación y las dimensiones que cada área tendrá. La tercera fase es el plan de distribución detallada, la cual se realiza una vez que se logre la distribución general ya que se procede a instalar y distribuir la maquinaria y puestos de trabajo. Por

último, en la fase de instalación se visualizan los últimos detalles y ajustes como la instalación de equipos de trabajo, la instalación de máquinas e instalaciones específicas que sean necesarias de realizar para lograr que la distribución de planta sea la correcta para la empresa [3].

De acuerdo con Muther [3] los aspectos para una distribución de planta exitosa deberán contemplar la planificación de diversos factores como los requisitos generales para el diseño de layout, la necesidad de los recursos en relación con los materiales, la distribución ideal, el seguimiento a las fases mostradas en la Figura 1. Y finalmente la instalación de la nueva distribución de planta.

El SLP se complementa del desarrollo de un diagrama de flujo de materiales, la Tabla y diagrama de relaciones, el cálculo de los requerimientos de espacio comparados con el espacio disponible

Las herramientas anteriores ayudan a representar cómo está conformada la operación y sus actividades también sirven para visualizar actividades repetitivas o cortas. La ventaja de estas herramientas es que se puede tener un grado de detalle de la operación que lleva a poder optimizar o realizar mejoras en alguna tarea o dentro del proceso. Cada actividad, debe ser medible en cuanto a recorridos y tiempos [4].

En [5] se menciona que el resultado de un diseño óptimo de instalaciones es la reducción de costos y el aumento en productividad ya que implica la ubicación sistemática de los departamentos, estaciones de trabajo, máquinas, áreas de almacenamiento y áreas comunes en una empresa.

En [6] se menciona que un diseño de instalaciones es un edificio en donde las personas utilizan materiales, máquinas y otros recursos para la manufactura de un producto o para poder brindar un servicio.

Por último, en [7] exponen que un diseño de instalaciones es la determinación de las ubicaciones relativas y la asignación del espacio disponible entre el número determinado de departamentos.

Según [8] una distribución por proceso contempla que en la empresa se manufacturan varios productos con volúmenes y tasas de producción variables, el flujo es variable y cada ítem puede requerir una secuencia de operaciones propia, en cuanto a la mano de obra, esta debe ser calificada, sin necesidad de estrecha supervisión y moderadamente adaptable, también se deberá programar el manejo de materiales y existirá el control de la producción e inventarios, también se considerará la baja rotación de materias primas y materiales en curso. Por otra parte, en este tipo de distribución se requiere que se destine gran espacio para el almacenamiento del producto en proceso y finalmente los costos fijos son bajos pero el costo unitario por mano de obra y materiales es alto.

En la actualidad existen distintos modelos automatizados que contemplan ecuaciones y operaciones matemáticas los cuales generan alternativas de solución para una correcta distribución de planta y además son capaces de resolver problemas con amplios contenidos de datos.

La planificación computarizada de la disposición de las relaciones (CORELAP) fue desarrollada por Lee y Moore en 1967 y es un algoritmo constructivo con el objetivo de desarrollar una mejor distribución de planta donde los departamentos y áreas de trabajo queden de una manera que sea más eficiente para la empresa. El procedimiento inicia con una matriz de relacional de actividades. Los requerimientos de datos para CORELAP son las áreas de los departamentos y la matriz relacional de actividades. La distribución se construye mediante el cálculo de la ratio total de proximidad (TCR) para cada departamento el valor de la TCR es la suma de los valores numéricos asignados a las relaciones en la matriz relacional de actividades. El usuario es quien asigna los pesos para cada una de las relaciones sin embargo los valores que toman normalmente las constantes para la determinación del TCR son  $A= 6$ ,  $E= 5$ ,  $I= 4$ ,  $O= 3$ ,  $U= 2$ ,  $X= 0$  [9].

El proceso de selección de los departamentos es el siguiente:

1. Seleccionar el departamento con mayor TCR.
2. En caso de empate en el valor TCR, se tomará el departamento con la siguiente preferencia: mayor TCR, mayor área del departamento.
3. Paso iterativo.
  - 3.1.1 Se selecciona el departamento con la mayor ratio de proximidad con los ya colocados.
  - 3.1.2 Ver casos de empate.

Proceso de colocación:

1. El primer departamento se sitúa en el centro.
2. Para los siguientes departamentos en ser colocados.
  - 2.1 Se evalúan todas las posibles situaciones.
  - 2.2 Para cada combinación se calcula:
    - 2.2.1 Ratio de colocación usando el CR y longitud de borde.
    - 2.2.2 Se escoge la ratio de colocación más alto.

Por otro lado, en [10] se menciona que la simulación se puede utilizar tanto como una herramienta de análisis para predecir el efecto de los cambios en los sistemas existentes y como una herramienta de diseño para predecir el rendimiento de los nuevos sistemas en diferentes conjuntos de circunstancias.

La Simulación es una herramienta de gran ayuda a la hora de disminuir los riesgos y optimizar la toma de decisiones empresariales, la evaluación de inversiones en tecnología, personal e instalaciones, así como para planificar, analizar y mejorar los procesos de la empresa. En concreto, presenta importantes posibilidades en su aplicación a instalaciones y procesos industriales, logísticos, de transporte o de servicios.

Los Modelos de Simulación permiten profundizar en las variables que afectan más significativamente al funcionamiento de la empresa, analizar sus interacciones y evaluar su impacto global, constituyendo una ayuda inestimable para optimizar los procesos [11].

Un modelo de simulación se requiere cuando surge la necesidad de visualizar de manera integral los componentes e interrelaciones de un sistema. En dicho modelo primero se debe lograr la representación abstracta de la realidad, posteriormente, se requiere generar las soluciones que producirá el modelo, para que después se tomen las decisiones pertinentes. Para ello, es necesario identificar cuándo la simulación es una herramienta útil, por ejemplo, cuando se conocen las leyes que gobiernan el comportamiento del proceso o sistema y sus relaciones, cuando el sistema sea del mundo real y pueda construir una mejora o beneficio de la organización y cuando los procesos o sistemas son de rediseño que implica en mejoras del sistema productivo [10].

Por otra parte, en [12] se menciona que la simulación es una herramienta práctica de la ingeniería ya que se representa un hecho real en este caso un proceso donde se analizan sus características.

Finalmente, una vez desarrolladas las soluciones, hay que seleccionar una de ellas, para lo que es necesario realizar una evaluación de las propuestas, lo que nos pone en presencia de un problema de decisión multicriterio. La evaluación de los planes alternativos determinará que propuesta ofrece la mejor distribución en planta. [13].

## **Metodología**

### ***Generalidades de la empresa bajo estudio***

En la Figura 2 se representan las diferentes áreas que actualmente conforman la empresa de cerámica y la distribución actual de la empresa. Para elaborar este layout fue necesario realizar un inventario de todas las áreas que conforman la empresa.

Mientras que la Figura 3 muestra la situación actual de la empresa en el proceso de manufactura, desde una perspectiva global y resumida.

El proceso inicia con la primera actividad denominada “preparado de pasta”, para después continuar con el “moldeado de piezas”. Es importante mencionar que el moldeado de las piezas se realiza a través de prensado o vaciado, asimismo algunas piezas requieren de detalle (quitar rebaba o colocación de asa) mientras que otras no. Ambas continúan con la siguiente actividad la cual es el “pulido”, si la pieza se llegara a romper en esta actividad se puede regresar al preparado de pasta; en caso contrario, continúa con las siguientes actividades: el primer horneado sancocho, el esmaltado, el segundo horneado vidriado, el empaque y finalmente el envío a tienda o al cliente.

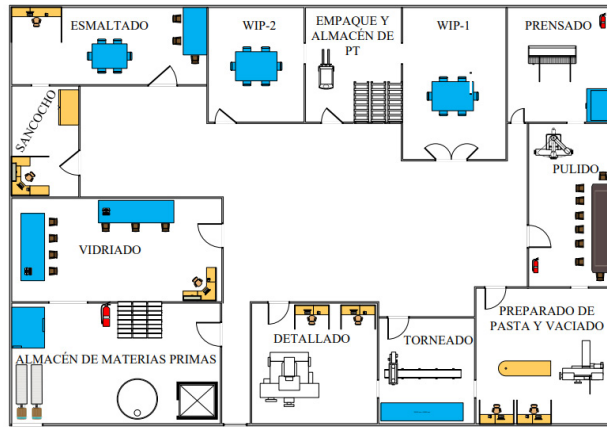


Figura 2 Layout de la empresa antes de aplicar las mejoras

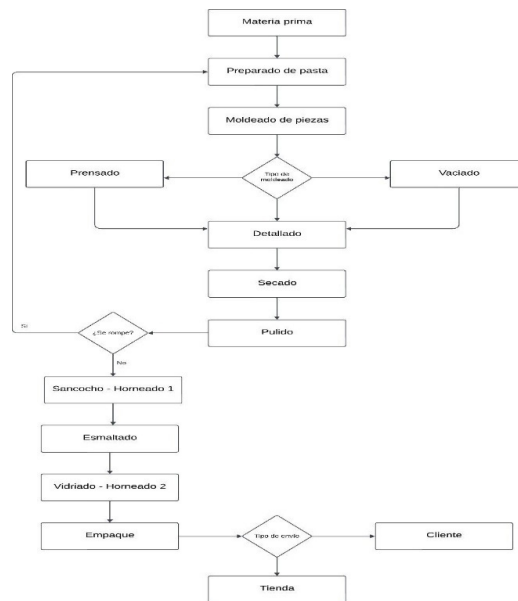


Figura 3 Proceso de manufactura

**Identificar el tipo de distribución que la empresa requiere.**

En una distribución de planta por proceso o función se agrupan todas las operaciones del mismo proceso y está diseñado para hacer frente a diversos tipos de productos y de pasos de proceso. Esta distribución contempla características de producto, flujo de trabajo, mano de obra, personal, manejo de materiales, inventarios, utilización de espacio, necesidad de capital y costo del producto. La ruta que siguen las piezas depende de cada producto. Con respecto a la distribución por proceso o función, que se explica en párrafos anteriores, es necesaria la observación de similitudes de las características expuestas en la literatura de una distribución por proceso y lo que actualmente es la empresa bajo estudio (véase Tabla I).

Una vez observadas y analizadas estas similitudes se determina que la mejor distribución de planta es por proceso o función.

Tabla 1. Distribución por proceso

Característica	Empresa de cerámica
Producto	Manufactura 75 items con volúmenes y tasas de producción variables.
Flujo de trabajo	Se clasifican los 75 items en 4 grupos. Cada grupo con una secuencia de operaciones propia.
Mano de obra	La mano de obra está calificada para su actividad a desempeñar.
Personal	El objetivo de manejo de materiales es de 900 kg por semana y cada área tiene su objetivo de producción.
Inventarios	Escaso inventario en producto terminado, alto inventario en materia prima y trabajo en proceso.
Utilización del espacio	Gran necesidad de espacio en trabajo en proceso.
Costo del producto	Costos fijos bajos y alto costo en mano de obra y materiales.

Se identificó el proceso de producción para el grupo de ítems. Y se realizaron los diagramas de flujo de materiales para cada familia de productos.

Una vez realizados los diagramas de flujo de materiales fue necesario realizar una Tabla de relación de actividades la cual ayudo a obtener el diagrama de relación de actividades y espacio. En cuanto al espacio, la nueva planta cuenta con una dimensión de 1,013 m<sup>2</sup> la cual muestra los metros cuadrados de ocupación de cada una de las áreas de trabajo que se muestran en la Figura 4.

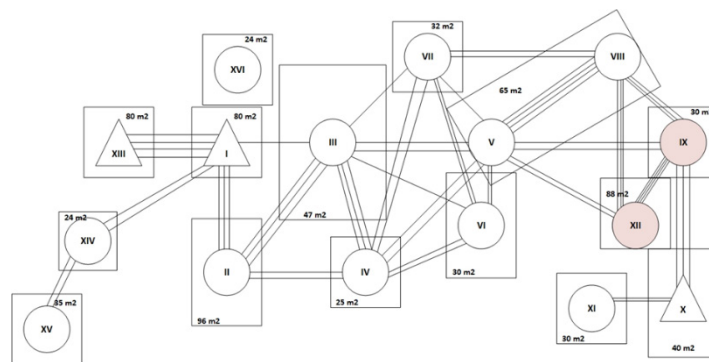


Figura 4 Diagrama de relación de actividades y espacio

### Uso del software CORELAP

Las opciones generadas por el software CORELAP son las siguientes:

*Primera alternativa de solución.*

En la (Tabla 2) se muestra el valor TCR de cada uno de los departamentos a distribuir.

Tabla 2. Cálculo TCR

<b>Departamento</b>	<b>TCR</b>
Secado 1	45
Almacén de materias primas	40
Secado 2	40
Torneado	37
Prensado	35
Mantenimiento	32
Pulido	32
Almacén wip-2	31
Preparado de pasta	28
Almacén de producto terminado	26
Sancocho	26
Lijado	25
Diseño	24
Esmaltado	24
Moldes	24
Vidriado	23

En la Figura 5 se muestra la primera alternativa de distribución generada por el software. Los valores que tomaron las constantes son: A=6, E=5, I=4, O=3, U=2, X=0.

SECADO 1	SECADO 2	ALMACÉN DE MATERIAS PRIMAS	ALMACÉN DE PT Y EMPAQUE	
VIDRIADO	SANCOCHO	ALMACÉN DE WIP-2	FABRICACIÓN DE MOLDES	ESMALTADO
	MANTENIMIENTO	TORNEADO	PRENSADO	DISEÑO
	LIJADO	PULIDO	PREPARADO DE PASTA	

Figura 5. Alternativa 1 de distribución

### *Segunda alternativa de solución*

En la Tabla 3 se muestra el valor TCR de cada uno de los departamentos a distribuir.

Tabla 3. Cálculo TCR

<b>Departamento</b>	<b>TCR</b>
Secado 2	110
Sancocho	103
Almacén de materias primas	97
Secado 1	94
Vidriado	88
Almacén de producto terminado	74
Prensado	48
Preparado de pasta	43
Torneado	40
Almacén wip-2	31
Pulido	23
Lijado	19
Mantenimiento	18
Moldes	16
Esmaltado	14
Diseño	12

En la Figura 6 se muestra la segunda alternativa de distribución generada por el software. Los valores que tomaron las constantes son: A=64, E=16, I=4, O=2, U=1, X=0.



Figura 6. Alternativa 2 de distribución

*Tercera alternativa de distribución*

En la Tabla IV se muestra el valor TCR de cada uno de los departamentos a distribuir.

Tabla 4. Cálculo TCR

Departamento	TCR
Secado 1	45
Secado 2	41
Almacén de materias primas	40
Torneado	39
Prensado	38
Pulido	35
Sancocho	34
Preparado de pasta	33
Almacén de wip-2	33
Mantenimiento	32
Vidriado	31
Lijado	31
Almacén de producto terminado	30

Moldes	29
Esmaltado	28
Diseño	27

En la Figura 7 se muestra la tercera alternativa de distribución generada por el software. Los valores que tomaron las constantes son: A=6, E=5, I=4, O=3, U=2, X=1.



Figura 7. Alternativa 3 de distribución

#### *Cuarta alternativa de distribución*

En la (Tabla 5) se muestra el valor TCR de cada uno de los departamentos a distribuir.

Tabla 5. Cálculo TCR

<b>Departamento</b>	<b>TCR</b>
Almacén de materias primas	150
Preparado de pasta	130
Prensado	125
Torneado	120
Secado 1	115
Lijado	100
Pulido	95

Secado 2	90
Sancocho	90
Almacén wip-2	85
Esmaltado	80
Vidriado	80
Almacén de producto terminado	75
Moldes	70
Mantenimiento	65
Diseño	60

En la Figura 8 se muestra la cuarta alternativa de distribución generada por el software. Los valores que tomaron las constantes son: A=25, E=20, I=15, O=10, U=5, X=0.

ALMACÉN DE PT Y EMPAQUE	ESMALTADO	ALMACÉN DE WIP-2	VIDRIADO	FABRICACIÓN DE MOLDES
DISEÑO	SECADO 2	PULIDO	SANCOCHO	
	ALMACÉN DE MATERIAS PRIMAS	PREPARADO DE PASTA	LIJADO	
TORNEADO	PRENSADO	SECADO 1	MANTENIMIENTO	

Figura 8. Alternativa 4 de distribución

Una vez revisado el flujo de los materiales en cada una de las alternativas de distribución generadas con CORELAP se obtienen dos alternativas factibles de distribución de planta para la fábrica de cerámica Figura 9 y Figura 10, estas son presentadas a los tomadores de decisiones de la empresa.

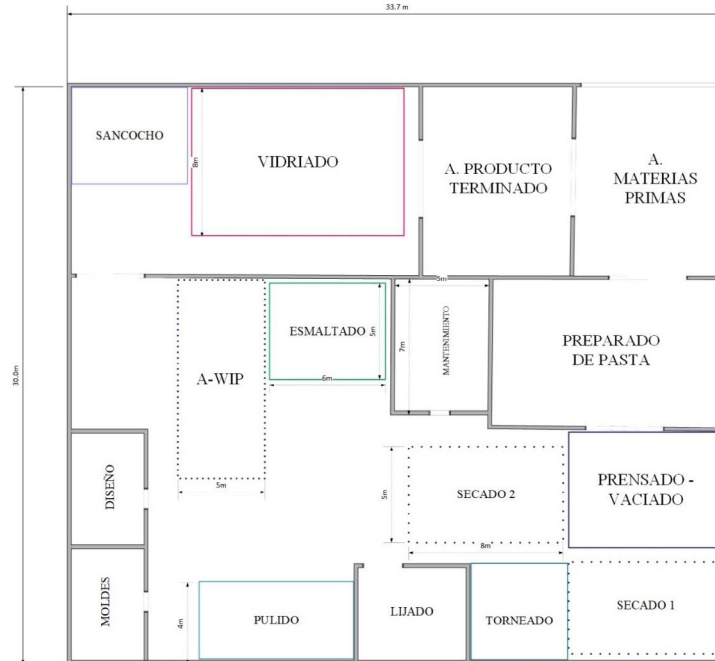


Figura 9. Primera alternativa factible de distribución de planta

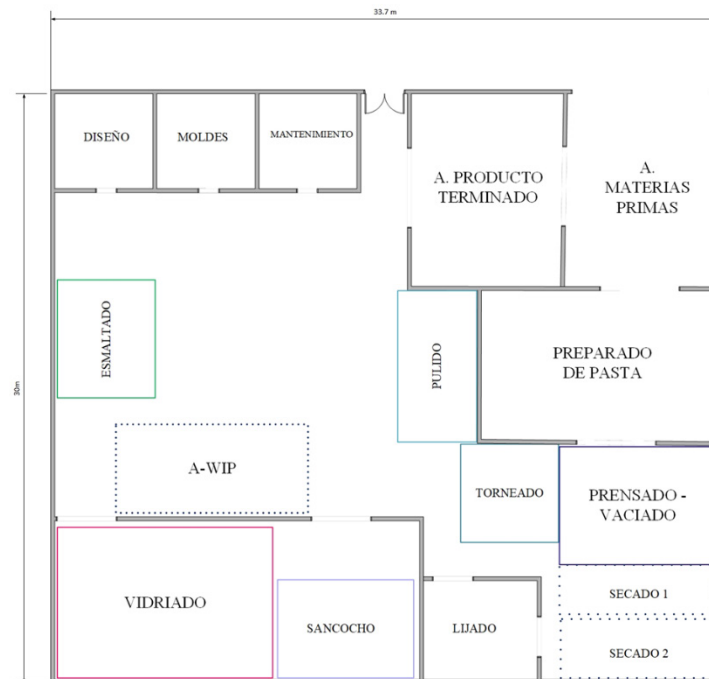


Figura 10. Segunda alternativa factible de distribución de planta

### *Simulación del proceso actual*

La empresa bajo estudio, en el momento en el que se realizó el proyecto, tenía la necesidad de cambiarse a una nueva instalación por lo que se tenían que realizar inversiones

en nueva maquinaria para mejorar el tiempo de su proceso y además fue importante para la empresa conocer la capacidad de producción mensual.

La empresa estima que tiene una capacidad de 3792 piezas al mes y cuando tiene pedidos mayores los llega a rechazar o en algunos casos aumenta el tiempo de entrega para poder cumplir con esas órdenes. Por tal motivo los objetivos de la realización de la simulación se orientan a conocer la capacidad máxima de producción del sistema actual en un lapso de seis meses y la productividad de las áreas de trabajo y, por otra parte, realizar la simulación integrando nueva maquinaria para saber la capacidad de producción para el último semestre del año.

La recolección de datos para el modelo de simulación se realizó en la planta de cerámica, y se tomaron 30 tiempos en todos los procesos. La Tabla 6 muestra la distribución y parámetros identificados de las actividades del modelo de simulación.

Tabla 6. Distribución y parámetros de las actividades

Proceso	Distribución (segundos)
Prensado	Triangular (83,87,147)
Secado 1	Triangular (7200,10800,14400)
Retorneado	Normal (41.2,6.24)
Secado 2	Triangular (64800,86400,108000)
Lijado Atrás	Normal (43,9)
Lijado Frente	Normal (54.36,9.9)
Pulido	Normal (82.7,15.9)
Horno 1	Constante (129600)
Sellado	Normal (34.8,3.4)
Esmalte	Constante (50)
Horno 2	Constante (324000)

Para construir el modelo de simulación de la situación actual de la planta de cerámica en el software Arena se consideraron las distribuciones ya mencionadas en la Tabla 8, además de los días y horas laborables por mes, capacidad de los hornos de acuerdo a datos de las bitácoras y experiencia de los encargados de esas áreas y personal adjunto a cada actividad. El modelo de simulación está representado en la Figura 11.

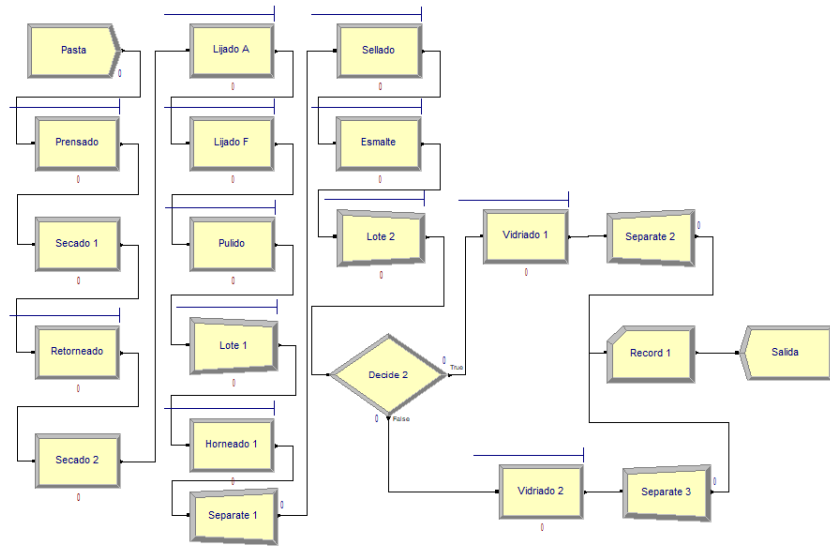


Figura 11 Modelo de simulación de la situación actual en Software Arena

### **Propuesta de escenarios de mejora**

#### *Escenario de mejora 1 Horneado continuo*

En el primer escenario de mejora se realizó una simulación modificando el número de veces que se hornea tanto en el horneado 1 y horneado 2 manteniendo la restricción del tiempo de ciclo, los recursos humanos y de maquinaria permanecen como en el estado actual. Al realizar esta modificación se obtuvo una salida de **29,500 piezas**, un 22.8% más que en la situación actual.

Los recursos utilizados en el escenario de simulación con horneado continuo se mantienen similar para las actividades de prensado, pulido y lijado, la utilización de los hornos de vidriado (horno 2) disminuye ya que al aumentar la capacidad de horneado de 15 veces al mes a 8 veces que se tienen en la situación actual se requieren de un número mayor de piezas saliendo del horno 1 para alimentar al horno 2 y no se tenga un incremento en el tiempo de espera.

#### *Escenario de mejora 2 Nueva maquinaria*

En el escenario de mejora 2 se plantea implementar una prensa adicional, un segundo horno de sancocho y un tercer horno de vidriado con las mismas características a los de la operación actual. Al realizar la simulación se obtuvo una salida de **34,500 piezas** en un periodo de seis meses aumentando en 11,750 piezas adicionales a la operación actual.

Las medidas de utilización con datos de la simulación del escenario 2 añadiendo nueva maquinaria muestran que los hornos tanto del proceso de sancocho como los de vidriado

están cerca de su máxima utilización, y los demás procesos aumentaron cerca del 50 % su utilización al implementar una prensa extra.

### *Escenario de mejora 3 Hornos continuos y nueva maquinaria*

El escenario de mejora tres tiene considerado utilizar la maquinaria adicional del escenario 2 pero con la modificación de un ciclo de horneado continuo como el escenario de mejora 1, la cantidad de piezas de salida con este escenario es de **59,250 piezas** aumentando en 36,500 artículos en un semestre respecto al estado actual.

La utilización de recursos en el escenario 3 es similar a la obtenida en el escenario 2 para los procesos de pulido, lijado, esmaltado y sellado, los procesos de horneado 1 y 2 tiene una disminución respecto al escenario 2 debido a que están programados para realizar horneadas continuamente, pero al tener tiempos de espera debido al proceso del primer horneado no cumplen con las 15 horneadas mensuales programadas, teniendo en promedio 13 horneadas al mes.

### **Análisis de resultados**

Para cumplir con la demanda pronosticada se tuvieron que realizar 3 escenarios de mejora en el primero se realizó un horneado continuo con lo cual se obtuvo una salida de 29,500 piezas y un aumento de producción del 22.8%, el segundo escenario de mejora se planteó implementar una prensa adicional, un segundo horno de sancocho y un tercer horno de vidriado con esto al realizar la simulación se obtuvo una salida de 34,500 piezas, en el tercer escenario de mejora se consideró utilizar la maquinaria adicional del escenario 2 pero con la modificación de un ciclo de horneado continuo como en el escenario 1 y la cantidad de piezas de salida fue de 59,250, todas las simulaciones se realizaron con la simulación en un tiempo de 6 meses (Tabla 7).

La empresa tiene dos opciones; que los procesos de horneado 1 y 2 sean continuos realizando lo que implica tener personal disponible para este proceso; y la segunda opción es añadir nueva maquinaria lo que se plantea en el escenario 2, aunque en esta opción se tiene una sobre producción de 8844 artículos de acuerdo con el pronóstico y requiere una inversión en maquinaria.

Tabla 7. Resultados de la simulación para la capacidad de producción

<b>Resultados de capacidad de productos</b>			
Estado	Capacidad de producción semestral	Capacidad de producción promedio actual (mensuales)	Porcentaje de aumento
Situación actual	22,750	3,792	
Escenario 1	29,500	4,917	30%
Escenario 2	34,500	5,750	52%
Escenario 3	59,250	9,875	160%

### Conclusiones

El resultado de las propuestas de distribución de planta permitió el flujo adecuado de personas y materiales además de la utilización de espacio disponible de manera efectiva y eficiente, así mismo, se tomó en cuenta que algunos departamentos no pueden situarse adyacentemente por razones de seguridad, independientemente del volumen de flujo de material entre ellos, mientras que otros departamentos necesitan ubicaciones específicas.

La simulación al ser una herramienta que permite imitar un proceso a lo largo del tiempo, además de medir los efectos en los cambios de un sistema, fue el mejor instrumento para cumplir con los objetivos planteados por la empresa de cerámica que eran, conocer la capacidad de producción del sistema actual y el de integrar nueva maquinaria para saber los efectos que causan en la producción y así identificar si el sistema actual tanto los modificados cumplen con el pronóstico de la demanda para el último semestre del año. Se simuló el sistema actual obteniendo una capacidad de producción de 22,750 piezas. Se diseñaron y evaluaron tres distintos escenarios de mejora; el primer escenario consistió en programar los procesos de horneado de forma continua; en el segundo escenario se añadió una prensa, un horno de sancocho y un horno de vidriado adicional al sistema actual y se mantuvieron los horarios laborales actuales; el tercer escenario mantiene la nueva maquinaria del escenario 2 y una programación continua de los hornos, los datos de capacidad de producción del sistema actual y los escenarios de mejora se muestran en las Tablas anteriores, en la que el escenario de mejora 1 tiene la capacidad de producción para cumplir con el pronóstico de la demanda para los seis últimos meses del año en curso.

## Referencias

- [1] “Metodología SLP”. Accedido el 9 de noviembre de 2023. [En línea]. Disponible: [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0121-750X2020000200103](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0121-750X2020000200103)
- [2] Muther, R (1968) Planificación y proyección de la empresa industrial (Método SLP). España: Técnicos y asociados S.A.
- [3] D. R. Kiran, “Chapter 19 - Systematic layout planning,” D. R. B. T.P. P. and C. Kiran, Ed. Butterworth-Heinemann, 2019, pp. 279–292. doi: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-818364-9.00019-6>.
- [4] “::: Euskonews & Media ::: Gaiak ::: La arquitectura industrial y el desarrollo arquitectónico: del Parque Cultural Martin Ugalde a Ficoba”. Euskonews 780 zenbakia. Accedido el 9 de noviembre de 2023. [En línea]. Disponible: <http://www.euskonews.com/0238zkbk/gaia23801es.html>
- [5] A. T. Haryanto, M. Hisjam, and W. K. Yew, “Redesign of Facilities Layout Using Systematic Layout Planning (SLP) on Manufacturing Company: A Case Study,” *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.*, vol. 1096, no. 1, p. 12, 2021, doi: 10.1088/1757-899x/1096/1/012026. [3] S. S. Heragu, *Facilities design*. Crc Press, 2008.
- [6] F. A. C. CÁRDENAS and J. A. A. GARCÍA, “REGULARIZACIÓN DE DEPARTAMENTOS DE ÁREAS DESIGUALES A PARTIR DE SOLUCIONES PLANTEADAS AL PROBLEMA DE DISTRIBUCIÓN DE PLANTA.,” Universidad Industrial de Santander, 2012. [Online]. Available: <http://tangara.uis.edu.co/biblioweb/tesis/2012/145344.pdf>
- [7] J. A. P. García and M. I. C. Valencia, *Planeación, Diseño y Layout de Instalaciones...: Un enfoque por competencias*. Grupo editorial patria, 2014.
- [8] A. Nozari and E. E. Ensore, “Computerized facility layout with graph theory,” *Comput. Ind. Eng.*, vol. 5, no. 3, pp. 183–193, 1981, doi: [https://doi.org/10.1016/0360-8352\(81\)90004-8](https://doi.org/10.1016/0360-8352(81)90004-8).
- [9] M. D. Rossetti, *Simulation modeling and Arena*. John Wiley & Sons, 2015.
- [10] J. Banks, J. S. CARSON II, and L. Barry, “Discrete-event system simulation fourth edition.” Pearson, 2005.
- [11] Niebel, B. W., Freivalds, A., & Osuna, M. A. G. (2004). Métodos, estándares y diseño del trabajo. Alfaomega.
- [12] “Method of Systematic Layout Planning Improved by Genetic Algorithm and Its Application to Plant Layout Design.” Scopus preview - Scopus - Welcome to Scopus. Accedido el 9 de noviembre de 2023. [En línea]. Disponible: <http://www.scopus.com>
- [13] “Systematic Layout Planning | PDF | Diseño | Planificación”. Scribd. Accedido el 9 de noviembre de 2023. [En línea]. Disponible: <https://es.scribd.com/document/391311243/Systematic-Layout-Planning>