

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA ESTATAL DEL CARCHI



FACULTAD DE COMERCIO INTERNACIONAL, INTEGRACIÓN, ADMINISTRACIÓN Y
ECONOMÍA EMPRESARIAL

CARRERA DE LOGÍSTICA Y TRANSPORTE

Tema: “Modelo de simulación digital de línea de producción de bolos para la optimización del espacio físico de LÁCTEOS LOS ILINIZAS”

Trabajo de Integración Curricular previo a la obtención del
título de Ingeniera en Logística y Transporte

AUTORA: Molina Pullutasig Alison Lizeth

TUTOR: Ing. López Ruano Juan Carlos MSc.

Tulcán, 2025.

CERTIFICADO DEL TUTOR

Certifico que la estudiante Molina Pullutasig Alison Lizeth con el número de cédula 0550515324 ha desarrollado el Trabajo de Integración Curricular: "Modelo de simulación digital de línea de producción de bolos para la optimización del espacio físico de LÁCTEOS LOS ILINIZAS"

Este trabajo se sujeta a las normas y metodología dispuesta en la Codificación del Reglamento de Régimen Académico y de Estudiantes de la UPEC, por lo tanto, autorizo la presentación de la sustentación para la calificación respectiva.

Ing. López Ruano Juan Carlos MSc.

TUTOR

Tulcán, septiembre de 2025

AUTORÍA DE TRABAJO

El presente Trabajo de Integración Curricular constituye un requisito previo para la obtención del título de Ingeniera en la Carrera de logística y transporte de la Facultad de Comercio Internacional, Integración, Administración y Economía Empresarial

Yo, Molina Pullutasig Alison Lizeth con cédula de identidad número 0550515324 declaro que la investigación es absolutamente original, auténtica, personal y los resultados y conclusiones a los que he llegado son de mi absoluta responsabilidad.



Molina Pullutasig Alison Lizeth

AUTORA

Tulcán, septiembre de 2025

ACTA DE CESIÓN DE DERECHOS DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

Yo, Molina Pullutasig Alison Lizeth declaro ser autora de los criterios emitidos en el Trabajo de Integración Curricular: "Modelo de simulación digital de línea de producción de bolos para la optimización del espacio físico de LÁCTEOS LOS ILINIZAS" y eximo expresamente a la Universidad Politécnica Estatal del Carchi y a sus representantes de posibles reclamos o acciones legales.



Molina Pullutasig Alison Lizeth

AUTORA

Tulcán, septiembre de 2025

AGRADECIMIENTO

A Dios, a la vida y al universo por alinear y obrar en mi vida, para hoy estar simple y sencillamente viva, cumpliendo esta meta tan importante. Mi historia está marcada por el esfuerzo y sacrificio de mis padres, mis hermanos y también el mío; una lucha constante contra comentarios hirientes de personas que dicen ser familia, pero nunca fue un impedimento, más bien un motivo para demostrar que soy capaz de eso y mucho más. Porque un origen humilde no define a una persona, lo que realmente la define es la voluntad de seguir soñando y luchando hasta ver cumplidos sus anhelos.

A lo largo de los años muchas personas han pasado por mi vida y realmente agradezco a cada una de ellas, de absolutamente todas aprendí, algunas me han inspirado o simplemente han demostrado a que nunca me quiero parecer en la vida, me ayudaron a formarme y convertirme en lo que hoy soy, infinitas gracias a los que se quedaron, me brindaron consejos, un abrazo o simplemente me escucharon, tienen un lugar especial en mi corazón.

Quiero hacer un agradecimiento especial a los docentes Juan Carlos López, Iván Mafla y Luis Alpala que me guiaron en este proyecto de investigación, realmente significa mucho para mí, viniendo de personas que inspiran y me formaron como profesional a lo largo de mi carrera universitaria.

A Diego, por su infinita forma de querer, comprender y apoyar. Gracias por todos los momentos vividos, tus consejos, tus abrazos, tu ayuda y la forma de cuidarme. Estoy eternamente agradecida por haberte conocido, eres una persona con un potencial increíble y un corazón enorme, sé que llegarás muy lejos, cuentas con mi apoyo siempre. También a su familia, por abrirme las puertas de su hogar y hacer que se sienta como en casa estando tan lejos de la mía por cumplir este sueño.

Y a quienes siempre han estado: mi amada familia. Gracias mami, por luchar conmigo, por apoyarme en todo y nunca cortar mis alas; por ser mi refugio y sostén en cada etapa de mi vida. A mi papi, por su cariño incondicional y por demostrarme su amor de la manera más noble. A mi sista querida, mi segunda mami, mi mejor amiga y compañera de risas, gracias por tu amor, tus consejos, tus ocurrencias y tu apoyo constante. A mis hermanitos, por sus abrazos llenos de ternura, por cuidarme y protegerme con tanto amor. Y a las bendiciones de casa: Sandy, Paco, Mía, Gala y aquellas que hoy son angelitos; porque en mis momentos de tristeza siempre lograron sanar mi corazón y llenarlo de amor.

DEDICATORIA

Para la mujer que me ha dado la libertad de soñar, que, renunciando a sus propias necesidades, luchó con valentía por brindar a sus hijos las oportunidades que ella no tuvo. A pesar de su cansancio y de haber sufrido tanto, siguió caminando por nosotros, convirtiéndose en una flor que crece bajo cualquier cielo. Para el ser que representa mi mayor ejemplo de resiliencia, lucha y valentía, y que personifica de manera perfecta lo valioso de ser madre, amiga y mujer.

Mi mamá ♡

ÍNDICE

RESUMEN.....	15
ABSTRACT	16
INTRODUCCIÓN	17
I. EL PROBLEMA.....	19
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	19
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	21
1.3. JUSTIFICACIÓN.....	21
1.4. OBJETIVOS Y PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN.....	22
1.4.1. Objetivo General.....	22
1.4.2. Objetivos Específicos	22
1.4.3. Preguntas de Investigación.....	22
II. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA	24
2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN.....	24
2.2. MARCO TEÓRICO.....	26
2.2.1. Teoría General de Sistemas.....	26
2.2.2. Teoría de la información.....	27
2.2.3. Simulación.....	29
2.2.4. Simulación digital	30
2.2.5. Beneficios de la simulación digital.....	31
2.2.6. Áreas de aplicación de la simulación.....	31
2.2.7. Tipos de simulación digital.....	32
2.2.8. Etapas de un proyecto de simulación digital.....	32
2.2.9. Sistemas y modelado.....	36
2.2.10. Modelo de simulación discreta	41
2.2.11. Herramientas de simulación digital	41
2.2.12. Optimización de espacio físico.....	42

2.2.13.	Distribución de planta.....	43
2.2.14.	Factores que influyen en cualquier distribución.....	43
2.2.15.	Tipos de distribución de planta.....	44
2.2.16.	Modelos aplicables al problema de distribución de planta.....	44
2.2.17.	El método <i>Systematic Layout Planning</i> (SLP)	45
2.2.18.	Proceso del Planteamiento S.L.P.....	45
2.2.19.	Fases del Método S.L.P.....	47
2.2.20.	LÁCTEOS LOS ILINIZAS.....	47
III.	METODOLOGÍA	52
3.1.	ENFOQUE METODOLÓGICO.....	52
3.1.1.	Enfoque.....	52
3.1.2.	Tipo de Investigación.....	52
3.2.	HIPÓTESIS	53
3.3.	DEFINICIÓN Y OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES	54
3.4.	MÉTODOS UTILIZADOS.....	56
3.5.	ANÁLISIS ESTADÍSTICO	58
3.5.1.	Prueba de hipótesis T – <i>Student</i>	58
3.5.2.	Tipo de prueba T – <i>Student</i>	58
3.5.3.	Criterio de decisión	59
3.5.4.	Diseño de Experimentos	59
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	61
4.1.	RESULTADOS	61
4.1.1.	Aspectos técnicos de línea de producción de bolos	61
4.1.2.	Caracterización del producto	61
4.1.3.	Formulación del producto.....	63
4.1.4.	Diseño del proceso productivo.....	66
4.1.5.	Estudio del proceso productivo	66
4.1.6.	Relación entre áreas involucradas.....	68

4.1.7.	Diagrama de relación de áreas	69
4.1.8.	Hoja de Trabajo	70
4.1.9.	Diagrama adimensional de bloques.....	71
4.1.10.	Análisis de flujo.....	72
4.1.11.	Instalaciones de producción y materiales propuestos	72
4.1.12.	Aspectos técnicos de máquina.....	80
4.1.13.	Línea de producción de bolos.....	85
4.1.14.	Capacidad de producción	88
4.1.15.	Tiempos	90
4.1.16.	Metodología <i>Systematic Layout Planning</i> (SLP)	93
4.1.17.	Fase I: Localización (Distribución actual)	93
4.1.18.	Fase II: Planteamiento General.....	103
4.1.19.	Optimización del espacio físico de LÁCTEOS LOS ILINIZAS.....	103
4.1.20.	Fase III: Planteamiento Detallada:.....	108
4.1.21.	Propuesta Seleccionada	113
4.1.22.	Fase IV: Instalación.....	117
4.1.23.	Modelo de simulación digital de línea de producción de bolos	117
4.1.24.	Evaluación del modelo de simulación digital	125
4.1.25.	Prueba de hipótesis.....	131
4.2.	DISCUSIÓN	134
V.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	140
5.1.	CONCLUSIONES	140
5.2.	RECOMENDACIONES.....	141
VI.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	143
VII.	ANEXOS.....	151

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Comparación de Softwares de simulación digital	41
Tabla 2. Operacionalización de las variables.....	55
Tabla 3. Formulación para 1 litro de jarabe para bolos a base de agua.....	64
Tabla 4. Porción de jarabe por litro de refresco.	65
Tabla 5. Cantidad de insumos y costos.....	65
Tabla 6. Hoja de trabajo	70
Tabla 7. Aspectos técnicos de equipo para línea de producción	81
Tabla 8. Costo por máquinas	84
Tabla 9. Costo de implementos de control de calidad de agua.....	84
Tabla 10. Costo por equipo de movilización de producto	85
Tabla 11. Costo total por línea de producción de bolos.....	85
Tabla 12. Espacio necesario para máquinas de la línea de producción de bolos	86
Tabla 13. Espacio Total para línea de producción de bolos.....	87
Tabla 14. Consumo semanal de bolos	89
Tabla 15. Demanda diaria, semanal, mensual y anual de bolos	90
Tabla 16. Método usado para establecer parámetro tiempo según proceso	91
Tabla 17. Parámetro tiempo por máquina	92
Tabla 18. Espacio Utilizado en la planta.....	97
Tabla 19. Código de relación de actividades.....	104
Tabla 20. Hoja de Trabajo relación de actividades en la planta	106
Tabla 21. Evaluación de propuestas	111
Tabla 22. Espacio Utilizado con propuesta final	114
Tabla 23. Componentes del modelo conceptual.....	118
Tabla 24. Costos asociados a cada escenario	127
Tabla 25. Costo mensual en dólares (\$) de insumos y mano de obra	127
Tabla 26. Datos del diseño de experimento (tiempo de espera)	133

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Modelo de comunicación.....	28
Figura 2. Metodología para realizar una simulación.....	33
Figura 3. Elementos de un sistema desde la simulación.....	36
Figura 4. Elementos de un modelo de simulación	38
Figura 5. Tipos de modelos de simulación.....	39
Figura 6. Proceso del Planteamiento S.L.P.	46
Figura 7. Ubicación LÁCTEOS LOS ILINIZAS.	49
Figura 8. Organigrama de LÁCTEOS LOS ILINIZAS.....	51
Figura 9. Prototipo de presentación de envase de bolo.....	62
Figura 10. Diagrama de Flujo de procesos para elaboración de bolos.	66
Figura 11. Diagrama de flujo de procesos - Cursograma analítico de bolos.....	67
Figura 12. Diagrama de relación de áreas.....	70
Figura 13. Diagrama adimensional de bloques.....	72
Figura 14. Filtro de resina, carbón y sedimentos.....	73
Figura 15. Filtro sanitario	73
Figura 16. Tanque agitador	74
Figura 17. Tanque para homogenización y pasteurización	74
Figura 18. Máquina de envasado y sellado.....	75
Figura 19. Mesa de trabajo de acero inoxidable.....	75
Figura 20. Selladora	76
Figura 21. Grifo de agua.....	76
Figura 22. Tuberías de acero inoxidable	77
Figura 23. pH-metro.....	78
Figura 24. Tiras reactivas o kits multiparámetro.....	78
Figura 25. Termómetro	78
Figura 26. Transportador	79

Figura 27. Gaveta plástica	79
Figura 28. Propuesta de línea de producción de bolos	86
Figura 29. Estudio de tiempos refrescos (tiempo cronometrado en segundos)	92
Figura 30. Plano general de la planta y áreas de reserva.....	94
Figura 31. Layout de la planta	95
Figura 32. Distribución de la planta	96
Figura 33. Toma frontal de la planta.....	98
Figura 34. Toma lateral de la planta.....	98
Figura 35. Área de recepción de materia prima de línea existente	99
Figura 36. Espacio utilizado de planta.....	99
Figura 37. Área de caldero.....	99
Figura 38. Área de producción de queso fresco	100
Figura 39. Sistema completo de producción de queso fresco	100
Figura 40. Cuarto Frío	101
Figura 41. Almacén de aros y aditivos.....	101
Figura 42. Almacén Sal y Calcio	101
Figura 43. Almacén de empaques.....	102
Figura 44. Oficina.....	102
Figura 45. Área de cafetería (cocina y comedor).....	102
Figura 46. Sanitarios y vestidores	103
Figura 47. Diagrama de relación de actividades (DRA)	105
Figura 48. Diagrama adimensional de bloques de planta actual	107
Figura 49. Propuesta X.....	108
Figura 50. Propuesta Y.....	109
Figura 51. Propuesta Z	110
Figura 52. Propuesta final.....	111
Figura 53. Distribución de planta final con medidas.....	113

Figura 54. Toma general de la propuesta de redistribución	115
Figura 55. Sistema de producción de bolos	115
Figura 56. Adecuación de puerta de área de Caldero.....	116
Figura 57. Adecuación de almacén y cambio de sentido de puerta caldero	116
Figura 58. Componentes y conexiones del modelo de simulación.....	120
Figura 59. Modelo de simulación digital de línea de producción de bolos	121
Figura 60. Prueba de corrido	122
Figura 61. Definición de métricas de desempeño y parámetros.....	124
Figura 62. Experimenter FlexSim.....	125
Figura 63. Resultados de Experimenter.....	126
Figura 64. Total de unidades y paquetes procesados.....	128
Figura 65. Rendimiento de operador	128
Figura 66. Rendimiento de procesos	129
Figura 67. Rendimiento de Sacheteadora y área de empaquetado	129
Figura 68. Tiempo promedio de espera de unidades envasadas antes de ser empaquetadas	130
Figura 67. Diagrama de selección de pruebas estadísticas	131
Figura 68. Prueba de Hipótesis con software R Studio	134
Figura 69. Resultados de Prueba de hipótesis	134

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Acta de la sustentación de Predefensa del TIC.....	151
Anexo 2. Certificado del abstract por parte de idiomas	152
Anexo 3. Instrumento A.....	154
Anexo 4. Instrumento B	155
Anexo 5. Instrumento C	157
Anexo 6. Solicitud de investigación por Empresa	158

Anexo 7. Resumen Ejecutivo Estudio de Mercado LÁCTEOS LOS ILINIZAS	159
Anexo 8. Encuesta aplicada en Estudio de Mercado LÁCTEOS LOS ILINIZAS	159
Anexo 9. Interior de planta	160
Anexo 10. Exterior Planta	160
Anexo 11. Levantamiento de información para layout	161
Anexo 12. Entrevista	161
Anexo 13. Simulación cuasi-indentidad	162
Anexo 14. Registro de tiempos para filtración	162
Anexo 15. Registro de tiempos para formación de jarabe	163
Anexo 16. Registro de tiempos para formación de homogenización y pasteurización	164
Anexo 17. Registro de tiempos para Enfriamiento	165
Anexo 18. Registro de tiempos para envasado	166
Anexo 19. Registro de tiempos para empaquetado	167
Anexo 20. Pliego Tarifario Referencial del servicio de agua potable y saneamiento 2024 – EPMAPS	168

RESUMEN

La presente investigación tiene por objetivo diseñar un modelo de simulación de la línea de producción de bolos para optimizar el uso del espacio físico de LÁCTEOS LOS ILINIZAS. El estudio se desarrolló bajo un enfoque descriptivo y aplicado, utilizando análisis documental y entrevista para definir aspectos técnicos, observación directa para el levantamiento de medidas de la planta, la metodología *Systematic Layout Planning* (SLP) para la redistribución de espacios y simulación de eventos discretos con FlexSim para la construcción y validación del modelo. El diagnóstico inicial mostró que solo el 42.47% del área estaba en uso con una única línea de producción, lo que permitió plantear tres propuestas de *layout*, seleccionando la más eficiente al optimizar la utilización del espacio con la nueva línea al 48.93% y recursos disponibles de la empresa. En el análisis económico, la inversión inicial ascendió a \$6,850.62, mientras que se estimó los costos de insumos y mano de obra mensuales en \$1,327.97. Asimismo, se experimentó con dos escenarios de producción lo que reveló que el primero resultaba más favorable con un costo de \$6,546.18 frente a \$6,730.72 del segundo, al responder de manera coherente a la demanda proyectada sin requerir equipos adicionales que incrementen el costo. La simulación identificó un cuello de botella con las unidades en espera a ser empaquetadas, con el diseño del segundo escenario redujo esta cola en un 99.98% al incorporar dos estaciones de empaquetado. Para validar estos resultados, se aplicó la prueba t de *Student*, confirmando que las mejoras eran estadísticamente significativas con respecto a este parámetro. Finalmente, se generó un diseño 3D con Sketchup y Lumion que permitió visualizar la propuesta. En conclusión, la combinación de SLP y simulación constituye una herramienta eficaz para planificar líneas de producción, optimizando espacio, costos y recursos de forma integral.

Palabras Claves: simulación digital, optimización de espacio, producción de bolos, decisiones informadas

ABSTRACT

The objective of this research is to design a simulation model of the production line for cheese balls in order to optimize the use of physical space at LÁCTEOS LOS ILINIZAS. The study was developed using a descriptive and applied approach, using documentary analysis and interviews to define technical aspects, direct observation to survey the plant's measurements, the Systematic Layout Planning (SLP) methodology for the redistribution of spaces, and discrete event simulation with FlexSim for the construction and validation of the model. The initial diagnosis showed that only 42.47% of the area was in use with a single production line, which allowed three layout proposals to be put forward, selecting the most efficient one by optimizing the use of space with the new line at 48.93% and the company's available resources. In the economic analysis, the initial investment amounted to \$6,850.62, while the monthly costs of supplies and labor were estimated at \$1,327.97. Two production scenarios were also tested, revealing that the first was more favorable with a cost of \$6,546.18 compared to \$6,730.72 for the second, as it responded consistently to projected demand without requiring additional equipment that would increase costs. The simulation identified a bottleneck with units waiting to be packaged, with the design of the second scenario reducing this queue by 99.98% by incorporating two packaging stations. To validate these results, Student's t-test was applied, confirming that the improvements were statistically significant with respect to this parameter. Finally, a 3D design was generated with Sketchup and Lumion, which allowed the proposal to be visualized. In conclusion, the combination of SLP and simulation is an effective tool for planning production lines, optimizing space, costs, and resources in a comprehensive manner.

Keywords: digital simulation, space optimization, batch production, informed decisions

INTRODUCCIÓN

En el mundo de la industria donde lo único seguro es el cambio, una empresa ha de asegurar su permanencia o éxito en el mercado a través de la transformación, ya sea en sus procesos, innovando productos, tecnología, su forma de decidir y planificar, entre otras. La optimización del espacio físico en procesos industriales se ha convertido en un factor crucial para mejorar la eficiencia y reducir costos en las empresas. En este contexto, LÁCTEOS LOS ILINIZAS, una organización dedicada a la producción de queso fresco por varios años busca un sustento para tomar la decisión de implementar una nueva línea de producción de bolos. Para respaldar esta decisión, la simulación digital se presenta como una herramienta clave de análisis en entornos industriales que permite recrear de manera precisa los flujos de producción y la disposición de los recursos, lo que facilita la identificación de áreas ineficientes o mal aprovechadas. Este estudio tiene como objetivo desarrollar un modelo digital que permita representar una línea de producción proyectada para la elaboración de bolos en la planta de LÁCTEOS LOS ILINIZAS. A través de la simulación, se pretende optimizar el uso del espacio físico disponible y analizar diferentes configuraciones operativas. Esto permitirá identificar la alternativa más adecuada que proyecte un funcionamiento alineado con la demanda estimada en el estudio de mercado y que, al mismo tiempo, ofrezca un desempeño operativo eficiente.

El capítulo I aborda la problemática central que enfrenta LÁCTEOS LOS ILINIZAS, relacionada con la necesidad de implementar una nueva línea de producción de bolos en un espacio físico aparentemente limitado. Se presenta un análisis del contexto actual de la planta, destacando la falta de optimización en la distribución del área y los desafíos que esto implica para la eficiencia operativa. Además, se justifica la importancia de este estudio como una etapa previa esencial para garantizar una implementación exitosa y la toma de decisiones respaldadas, y se plantean los objetivos generales y específicos de la investigación, orientados a diseñar un modelo de simulación que maximice el uso del espacio disponible.

El capítulo II desarrolla el marco teórico que sustenta la investigación, proporcionando un análisis detallado de conceptos relacionados con la simulación, la simulación digital y la optimización del espacio físico a través de la Metodología SLP (*Systematic Layout Planning*) en entornos industriales. Se presentan antecedentes relevantes y se examinan estudios previos que han aplicado técnicas similares en

otras industrias. La teoría general de sistemas y los principios de distribución de planta son temas principales, destacando la importancia de un enfoque integral para maximizar la eficiencia operativa. Además, se revisan las herramientas de simulación más utilizadas, estableciendo la base metodológica para el diseño del modelo propuesto.

El capítulo III expone el enfoque metodológico adoptado en la investigación, destacando la aplicación de un enfoque cuantitativo debido a la comprobación de la hipótesis planteada. Asimismo, para dar cumplimiento a los objetivos, este trabajo se desarrolló bajo investigación de tipo descriptiva, explicativa, documental y de campo. Conjuntamente, se ejecutó la operacionalización de variables donde se detallan las dimensiones e indicadores considerados en el análisis. Finalmente, se presentan los métodos utilizados, entre ellos los sistemas orientados a eventos discretos (SOED), el método analítico y los procedimientos de análisis estadístico, especificando el tipo de prueba seleccionada.

El capítulo IV se presenta de forma clara y detalla los resultados obtenidos de la investigación. Con relación al primer objetivo se establecen todos los aspectos técnicos relacionados a la línea de producción de bolos incluyendo caracterización del producto, formulación, diseño del proceso productivo, definición de máquinas, tiempos, capacidad, orden y espacio, además de la aplicación de metodología *Systematic Layout Planning* (SLP) para optimizar el espacio físico de la planta. En el segundo objetivo relacionado con la construcción del modelo de simulación digital siguiendo la metodología planteada en el marco teórico se crea el modelo y se elabora un diseño de experimentos tras haber identificado el cuello de botella. Por último, en cumplimiento con el tercer objetivo planteado se evalúan los escenarios de simulación a través de las métricas obtenidas y una comparación de costos que representa cada configuración. Así mismo, en la discusión se contrastan los resultados conseguidos en el trabajo con los de los antecedentes investigativos y los resultados de la prueba de hipótesis.

I. EL PROBLEMA

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En el mundo de la industria, una empresa debe ser exigente consigo misma para mantenerse en el mercado, administrando los procesos productivos, recursos financieros, humanos, innovación e incluso evaluando constantemente la factibilidad de incrementar una nueva línea de producción (Labarca, 2007). Con el fin de que una organización pueda optimizar o dar mejor uso a los recursos disponibles. Haciendo énfasis en la innovación, a nivel mundial existe el proyecto denominado Índice de Innovación Global (GII), que da seguimiento al entorno de innovación en las organizaciones. En el caso de "América Latina alberga el mayor número de economías de renta media que poseen empresas unicornio, como Argentina, Chile, Colombia, Ecuador y México" (Consejo Nacional de la Competitividad, 2023, p.3). Si bien este indicador de innovación es motivante, mucho más para Ecuador que paso de la posición 104 en 2022 a la 98 en 2023 de las 132 posiciones (Consejo Nacional de la Competitividad, 2023).

Sin embargo, este ranking se establece únicamente con base en las empresas unicornio, las cuales son organizaciones que durante sus primeros 10 años en el mercado superan una valoración de los mil millones de dólares sin necesidad de haber estado presentes en la bolsa de valores (ThePowerMBA , s.f.), las cuales representa una realidad muy diferente a la de las MYPEs (Micro y Pequeñas empresas) que es al grupo empresarial al que pertenece la empresa en estudio, estas en los último años han tenido un declive enorme a nivel nacional, pues de 2012 a 2020 redujeron en un 17.67% pasando de 70909 organizaciones a 59644 (Banco de Desarrollo de América Latina y el Caribe [CAF], 2023). Estas compañías no han podido mantenerse en el mercado principalmente por limitaciones financieras, tecnología e innovación. Ponce y Zevallos (2017) plantean que la MYPEs generalmente no adoptan innovaciones, o si llegan hacerlo no son conscientes de que lo hacen, esto combinado con el problema en la industria de falta de demanda, representada por el 29,6% de las empresas en Ecuador en 2020 (Observatorio De Competitividad, 2021), establecen al sector en un camino a una baja rentabilidad e inclusive un cierre, si no

promueven una cultura innovativa o alternativas accesibles para aprovechar al máximo los recursos disponibles, considerando que una empresa en su conjunto se podrá considerar rentable únicamente cuando los ingresos que genera son mayores que los gastos (Prokopenko, 1989).

No obstante, una empresa que aplica mejoras con el fin de adaptarse al mundo empresarial debe ser evaluada frecuentemente y tomar decisiones respaldadas para así poder mejorar. Pernía et al. (2011) manifiestan que "En el estudio de la mayoría de las empresas es delicado experimentar en el sistema real porque puede implicar costos elevados" (p. 10). Esta problemática involucra no únicamente pérdida de capital, sino también clientes, posicionamiento en el mercado, entre otros, que difícilmente se pueden recuperar, es por esto que no se puede manipular o modificar la planta a modo de prueba y es lo que ha limitado a las MYPES a establecer innovaciones tecnológicas con distintas herramientas como la simulación digital para experimentar o medir el rendimiento de líneas de producción existentes o proyectadas y poder tomar decisiones con respecto a ellas, cuando según Freitas et al., (2010) afirma que "Si en la Revolución Industrial, la máquina a vapor fue un factor decisivo para la evolución económica, en el modelo actual el muelle propulsor es la innovación tecnológica" (p. 120).

A nivel de la empresa, el mal aprovechamiento del espacio físico es la limitante para su pleno desarrollo, puesto que no son utilizadas al máximo las áreas disponibles. LÁCTEOS LOS ILINIZAS es una planta que durante 20 años ha enfocado su producción en una única línea de producción de queso fresco en diferentes presentaciones, lo que ha generado rentabilidad baja en determinados meses del año, por el cual la entidad ha solicitado ayuda a través de la ejecución de este trabajo Anexo 6, para así tener una base sobre el rendimiento y ocupación de espacio de la planta con una línea de producción de bolos Aguagallo, N. (comunicación personal, 23 de mayo de 2024). En tales circunstancias "si no se le da la debida importancia al espacio de trabajo las consecuencias pueden repercutir tarde o temprano en el flujo de producción o en la rentabilidad del negocio" (Soporte Dinámico Industrial [SDI], 2022, párr.6), y con mucha más razón si estas afectaciones van por falta de innovación tecnológica o por el desconocimiento de las facilidades que brindan distintas herramientas, sin necesidad de incurrir en una gran inversión.

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Cómo el diseño de un modelo de simulación digital de línea de producción de bolos para LÁCTEOS LOS ILINIZAS puede optimizar el espacio físico de la planta?

1.3. JUSTIFICACIÓN

El proyecto debe efectuarse para diseñar un modelo de simulación digital de línea de producción de bolos que permita optimizar el uso del espacio físico en LÁCTEOS LOS ILINIZAS, con esto se podrá analizar la disposición actual de la planta y como interferiría la futura implementación de esta en la empresa. La elaboración de este trabajo contribuirá a que la organización pueda tomar una decisión informada en cuanto a la distribución del equipo, los recursos necesarios y el funcionamiento de esta. Además, que, este modelo permitirá identificar la oportunidad de mejora y reorganizar el espacio para aumentar la eficiencia operativa.

Por otro lado, la ejecución del trabajo es relevante, puesto que responde a una necesidad real en el ámbito laboral, ofreciendo la oportunidad de aplicar el conocimiento adquirido durante la formación profesional. Además, que la propia empresa ha solicitado el desarrollo de esta propuesta (Anexo 6) y está dispuesta a proporcionar la información necesaria para su ejecución, lo cual elimina una de las barreras más comunes en proyectos de este tipo. El modelo propuesto tiene el potencial de llegar a solventar problemas de uso ineficiente de espacio físico, que actualmente limita la capacidad de producción, eleva los costos operativos y genera dificultades logísticas en la planta.

En cuanto a la conveniencia de la investigación se puede calificarla como alta, pues permitirá optimizar el uso del espacio físico y diversificar la oferta de productos de la planta, diseñando un modelo de simulación digital acorde a las características y recursos disponibles. De hecho, así ofrecerá una alternativa que sale de lo convencional, tecnológica, segura y económica de experimentar con diferentes configuraciones y estrategias sin incurrir en los costos y riesgos asociados con modificaciones directas en la planta.

Con respecto a la trascendencia social de este proyecto es significativa, al contribuir en los planes de mejorar de la eficiencia y rentabilidad de LÁCTEOS LOS ILINIZAS, conjuntamente, se contribuye al fortalecimiento de la industria láctea local, lo cual puede tener un impacto positivo en la economía regional. Las ventajas de este

trabajo son para la empresa como beneficiaria directa, lo que incluye la creación de empleos, la mejora en toma de decisiones empresariales, mejorar la competitividad de la compañía y el aumento de la variedad de productos disponibles para los consumidores. Indirectamente, se benefician clientes, proveedores, personas en espera de empleos y la persona que ejecuta la investigación pues adquiere experiencia y se enfrenta a una realidad en el ámbito laboral.

Finalmente, es necesario resaltar que la investigación fortalece el conocimiento en cuanto al uso de simulación digital para la optimización de espacio de plantas, pues no existe información sobre casos o investigaciones enfocadas en estas dos variables dentro de la industria hasta la fecha. Los resultados obtenidos pueden generalizarse a principios más amplios aplicables a otras industrias de manufactura. Además, la información recopilada puede servir para desarrollar y apoyar teorías relacionadas con la eficiencia de los procesos productivos y la gestión del espacio físico en plantas industriales. Al comprender mejor las variables y sus interacciones en un entorno de producción, se establecen nuevas ideas y recomendaciones para estudios futuros.

1.4. OBJETIVOS Y PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN

1.4.1. Objetivo General

Diseñar un modelo de simulación digital de línea de producción de bolos para la optimización del espacio físico de LÁCTEOS LOS ILINIZAS.

1.4.2. Objetivos Específicos

1. Analizar aspectos técnicos de una línea de producción de bolos.
2. Construir el modelo de simulación digital de línea de producción de bolos para LÁCTEOS LOS ILINIZAS, considerando el espacio disponible en la planta.
3. Evaluar los resultados del modelo de simulación digital de línea de producción de bolos.

1.4.3. Preguntas de Investigación

- ¿Cómo se caracterizan las etapas de producción en una línea de producción de bolos?
- ¿Cómo se pueden establecer los parámetros de producción de máquinas de la línea de producción de bolos?
- ¿Cuáles son los parámetros clave de una línea de producción de bolos?

- ¿Qué herramienta de simulación digital es la más adecuada para modelar una línea de producción de bolos?
- ¿Cómo la herramienta de simulación digital ayuda a evaluar el modelo?
- ¿El resultado óptimo obtenido es factible para planta?

II. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

La investigación de García y Romero (2020), en su artículo científico de *ResearchGate*, desarrolla un modelo de simulación usando un *software* de eventos discretos, en este caso FlexSim, para analizar y mejorar el comportamiento de una cadena de producción de tejido industrial, evaluando distintas circunstancias operativas y optimizando el rendimiento del proceso, fundamentándose en la teoría de simulación de eventos discretos y simulación de procesos industriales; plantea un método sistémico basado en la comprensión de un fenómeno como un sistema que es la línea de producción de tejido industrial, misma que está compuesta por varios elementos interrelacionados que trabajan juntos como son las máquinas, procesos, tiempos y recursos, donde se considera que el cambio en uno de estos elementos afecta al todo; en este contexto, se puede manifestar que los resultados de este estudio muestran el modelo de simulación basado en eventos discretos para una línea de producción textil, en este se identificaron cuellos de botella y sugerencias de ajustes en el flujo de trabajo, lo que mejoró la eficiencia general de la línea de producción, optimizando tiempo y recursos. Con lo antes mencionado es preciso indicar que esta investigación aporta al desarrollo de este trabajo porque permite apreciar una metodología para modelar flujo de trabajo e identificar cuellos de botellas y cómo resolverlas o minimizar el impacto negativo en una línea de producción, además que este modelo puede adaptarse a ciertos requerimientos que tendría la línea de producción de bolos a proponer y el instrumento a utilizar en la investigación; fichas de observación y/o de análisis documental.

Así mismo, Morales et al. (2024) en su artículo investigativo de *Ciencia Latina Internacional* alineado al impacto de la simulación con *software* FlexSim en métricas de sistemas automatizados, demuestra cómo la simulación puede transformar sistemas limitados en operaciones con mejor flujo estableciendo una base concreta para el desarrollo de decisiones estratégicas respaldadas para cualquier tipo de empresa, la investigación sigue un método sistémico, se basa en la comprensión del sistema automatizado, en entender que está compuesta por un conjunto de

elementos que trabajan de forma conexas y si una parte cambia, todo el sistema se verá afectado. La contribución al desarrollo de la investigación gira en torno a que se pueden diseñar propuestas optimizadas que eliminen cuellos de botella y simplificación de operaciones.

Por otro lado, Zavala(2024) en su estudio vinculado con el diseño de distribución de planta, minimiza distancias en los recorridos de traslado de materiales y optimiza el espacio utilizado para una futura expansión, mejora el área de producción de la empresa por medio del diseño de alternativas de redistribución de planta por medio de metodología *Systematic Layout Planning* (SLP); se apoya del método analítico-sintético, pues inicia con un análisis del contexto actual de la planta, detallando áreas, procesos y el flujo en las instalaciones, para así aplicar la secuencia de pasos de la metodología SLP y lograr la mejor propuesta de distribución para la planta y maximizar el espacio libre reservado para expansiones. En lo relacionado a los resultados de la investigación en términos generales permitió la optimización integral del espacio, que garantiza la flexibilidad para futuras expansiones y favorece la coordinación entre áreas, además que asegura que el proceso de redistribución se adapta a las necesidades empresariales del momento. La contribución de esta investigación al desarrollo de este trabajo va relacionada a la formación de las bases teóricas y conceptuales de la variable de optimización de espacio físico por medio de la metodología SLP.

En cuanto a Restrepo et al. (2023) en su trabajo de investigación en el área de ingeniería industrial de la Institución Universitaria Pascual Bravo, propone una redistribución del área de la empresa a fin de optimizar el uso del espacio físico y reducir los recorridos dentro del procesos productivo, para mejorar la eficiencia operativa de la organización, basándose en la teoría de distribución en planta; tipos de distribución y modelos de solución al problema de distribución de planta; presenta un método sistémico, dado que aborda la planta como un sistema integral, donde cada componente del proceso productivo está interconectado y cualquier cambio en la distribución afectará a otros elementos; en tal sentido, los resultados de este trabajo incluyen un rediseño del *layout* de la planta, lo que ayudó a optimizar el espacio disponible, así mismo, logró una reducción en recorridos de operadores y materiales, mejorando la eficiencia del proceso y beneficios a largo plazo relacionados a eficiencia y rentabilidad empresarial. De modo que esta investigación aporta a este trabajo pues se relaciona con una de las variables de estudio, por el

cual proporcionará una perspectiva sobre redistribución y optimización de espacio física para la elaboración de este, en cuanto a herramientas para analizar la disposición física de recursos, diseño de redistribución e instrumentos para recolección de la información.

No obstante, González Flores (2024) en su proyecto de investigación diseña una propuesta de redistribución de planta para la empresa Jambi Kiwa, usando como base teórica la metodología SLP (*Systematic Layout Planning*) y herramientas como diagrama de relaciones, criterios de eficiencia de *layout*, matrices de cercanía y un estudio de tiempos y movimientos de forma referencial; utiliza el método analítico-sintético, pues parte del análisis de la situación actual de la planta, descomponiendo el sistema productivo en áreas, procesos y flujos, para así dar continuidad con la sintetización de los datos recolectados por medio matrices de relaciones, diagramas de flujo y la aplicación de la metodología SLP para así lograr una propuesta de redistribución integral del *layout*; además combina el método con un enfoque cuantitativo, pues utiliza mediciones de distancias, frecuencias de traslado y cuantifica mejoras en eficiencia operativa. Con relación a los resultados obtenidos destaca que mediante una correcta aplicación de la metodología SLP, es posible optimizar el espacio físico y mejorar la eficiencia operativa, incluso sin recurrir a herramientas complejas. Es preciso indicar que este antecedente aporta un enfoque técnico detallado sobre redistribución en planta, además que es preciso como referente comparativo, pues la investigación busca validar la viabilidad de una línea de producción dentro de un espacio existente.

2.2. MARCO TEÓRICO

En esta sección se abordan dos aspectos, por un lado, se sitúan el tema de investigación en el contexto de teorías existentes que lo respaldan. Por otro, se detalla una descripción, basada en varios autores, de elementos relevantes, postulados y términos relacionados con las variables de estudio.

2.2.1. Teoría General de Sistemas

Es una forma sistemática y científica de aproximación y representación del mundo real, pues permite que un fenómeno sucedido en la realidad tenga una explicación y con esto hace posible proyectar futuras conductas dentro de un sistema. Von (1968) explicó que la teoría general de sistemas parte del reconocimiento de que existen ciertos principios universales que se cumplen sin ninguna clase de restricción en los

sistemas de cualquier tipo. Entre estos principios destacan la interdependencia entre las partes, la organización jerárquica y la búsqueda de un equilibrio dinámico. Para comprender un sistema completo, no basta con estudiar sus partes por separado; es necesario analizarlo como una unidad integrada. Un sistema está compuesto por múltiples elementos relacionados, y que el comportamiento de este no podrá entenderse observando solo sus partes, sino que partirá de la unión, para así lograr un análisis del todo.

La Teoría General de Sistemas es fundamental en el desarrollo de la investigación porque la simulación de una línea de producción proporciona un marco para entender el comportamiento del sistema de producción como un todo, con interacciones entre sus componentes y subsistemas. Ayuda a asegurar que la optimización del espacio físico no se realice de forma aislada, sino como parte de un enfoque integral que considera todas las interacciones, las dinámicas y la retroalimentación del sistema. Esto mejora la capacidad del modelo de simulación para predecir y optimizar no solo el espacio, sino también la eficiencia general del proceso de producción tras la evaluación de este.

2.2.2. Teoría de la información

Para Correa (2008), esta teoría tiene como base la cantidad de información que puede llegar a ser transmitida desde una fuente hacia un receptor, como un proceso de enviar mensajes, donde su mayor interés se da por dos aspectos; la capacidad y fidelidad de transmisión de información de los sistemas de comunicación, algo particular dentro de esta teoría es que el tipo de información no tiene relevancia, sin embargo, la cantidad de información, lo es. En este contexto, existen 3 tipos de análisis, el técnico para posibles problemas de fidelidad de información, el semántico que toma referencia en el significado del mensaje y su interpretación, y el pragmático que toma de base la influencia del mensaje en una conducta y por esto la teoría surge para dar solución a problemas técnicos en un proceso de comunicación. La Figura 1, muestra los componentes dentro de un modelo de comunicación

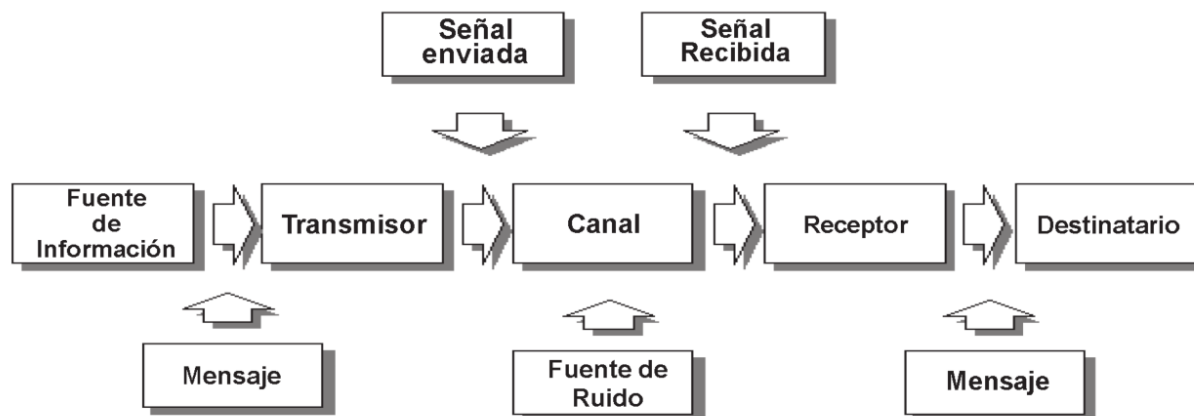


Figura 1. Modelo de comunicación

Fuente: Fundamentos de la teoría de la información, Correa (2008).

En la Figura 1 se aprecia la interacción entre los componentes de un modelo de comunicación. Partiendo de la fuente de información se selecciona de un conjunto de mensajes posibles el adecuado, para así dar paso al transmisor, que transforma el mensaje a señales de envío hacia el canal, en este componente la información puede verse afectada por una fuente de ruido, que son distorsiones de la información, seguidamente habrá una señal recibida por el receptor, que finalmente dará paso al destinatario que recibirá el mensaje.

La teoría por una parte proporciona una base sólida para comprender cómo debe gestionarse la información en un entorno de simulación digital, garantizando que los datos se transmitan de manera adecuada, sin interferencias, y que se traduzcan en resultados precisos para que en el caso de esta investigación el beneficiario directo, pueda tomar la decisión más adecuada con respecto a este nuevo proceso productivo. El enfoque en la cantidad de información que puede ser transmitida y procesada es clave en un modelo de simulación, dado que este tipo de estudios depende de la precisión y cantidad de datos que puedan ser manejados para optimizar procesos. Además, se realiza un intercambio constante de datos entre distintas fuentes (máquinas) y es indispensable que estos datos se transmitan con fidelidad y sin pérdida significativa. Al igual que en un sistema de comunicación, en la simulación de la línea de producción de bolos, es vital asegurar que la información que fluye entre los distintos elementos del modelo no se vea distorsionada por "ruido" (errores de datos o fallas de comunicación) para mantener la exactitud de los resultados.

2.2.3. Simulación

Simular es un término que se refiere a la conducta de imitar o replicar un proceso o sistema del mundo real a través del tiempo, con el fin de estudiar y predecir el comportamiento sin que sea necesario trabajar o afectar directamente con él (Zarza, 2023). Esta acción puede replicarse de manera física, matemática, computacional o digital.

Tarifa (2001) menciona la existencia de diferentes tipos de simulación de acuerdo con el sistema, es decir, en función de que aspectos del mundo real se representan y cómo se representa, entonces, estos tipos pueden ser:

- **Identidad:** Se refiere a aquella simulación que es una réplica exacta del sistema en estudio, por ejemplo: la industria automotriz donde se realizan ensayos de choques de vehículos con unidades reales.
- **Cuasi-identidad:** Representada en una versión ligeramente simplificada al real, como lo son los entrenamientos militares que incluyen movilización de equipos y tropas, pero no existe una batalla real.
- **Laboratorio:** Se desarrollan en laboratorios bajo parámetros y condiciones contradas, dentro de esta se pueden distinguir dos tipos de simulaciones:
 - **Juego operacional:** En este tipo de simulación, los participantes interactúan entre sí y forman parte activa del modelo, mientras que los componentes tecnológicos, como computadoras y maquinaria, cumplen funciones de apoyo.
 - **Hombre-Máquina:** Se analiza la interacción entre las personas y las máquinas, siendo ambas componentes activas del modelo. A diferencia de otros enfoques, la computadora no solo recopila información, sino que también participa en su generación. Un ejemplo representativo es el simulador de vuelo.
- **Simulación por computadora:** Es totalmente simbólica y se encuentra implementada por medio de un lenguaje computacional, sin participación directa de personas en su ejecución, pero si en su control e ingreso de parámetros y configuraciones. Un ejemplo de ello es un simulador de redes de comunicación en el cual el comportamiento de los usuarios se representa a través de modelos estadísticos. Este tipo de simulación, a su vez, puede clasificarse en distintas categorías según sus características específicas.

- **Digital:** Cuando se utiliza una computadora, herramientas y *softwares* digitales.
- **Analógica:** Cuando se utiliza una computadora analógica. En esta clasificación también se pueden incluir las simulaciones que utilizan modelos físicos.

Partiendo de esto, la investigación se centra en la simulación clasificada como computacional digital, dado que, con base en el manejo de una computadora, herramientas y un *software* se diseña el modelo de simulación digital de la línea de producción de bolos. Por tanto, a continuación, las definiciones y conceptualizaciones por una parte se centran en la simulación digital como variable independiente y por otra la optimización de espacio físico correspondiente a la variable dependiente.

2.2.4. Simulación digital

La simulación digital se refiere a la representación de un sistema o proceso real a través de modelos que imitan su comportamiento bajo diferentes condiciones. Sánchez et al. (2015) afirman que es una:

alternativa para conocer de forma acertada los puntos críticos que pueden tener los procesos de producción de una empresa y con estos modelar soluciones que incrementen la eficiencia y que reduzcan los tiempos en las diferentes actividades realizadas durante la producción de un artículo. (pp.138 - 139)

El uso de modelos de simulación en la industria se centra en la representación de sistemas determinados, donde el flujo de productos y materiales es un elemento clave. En este contexto, la simulación digital permite “entender y evaluar las características de su comportamiento, así como también diseñar y realizar experimentos con el modelo y extraer conclusiones de sus resultados para apoyar la toma de decisiones” (Herrera, 2020, pág. 20). En relación con la presente investigación, la simulación respalda el desarrollo del modelo de simulación puesto que permite crear un entorno virtual donde se puede experimentar con diferentes configuraciones de planta para optimizar el uso del espacio físico y proyectar el mejor rendimiento de los procesos para la producción de bolos.

2.2.5. Beneficios de la simulación digital

Según Herrera (2020), existen dos tipos de beneficios al momento de simular un sistema o proceso. Uno de los enfoques parte de una perspectiva amplia, que facilita a la gerencia o a los altos mandos dentro de una organización a obtener una comprensión general de los efectos que generan determinados cambios dentro del modelo de simulación del sistema y así tomar decisiones respaldadas. Mientras que el otro beneficio engloba una perspectiva más concreta, centrada en los procesos, la cual permite:

- Mejorar el rendimiento del sistema.
- Reducir costos operativos.
- Facilitar la comprensión del funcionamiento del sistema por parte de distintas áreas de la organización.
- Aumentar el *throughput* (partes producidas por unidad de tiempo).
- Disminuir el inventario en proceso (WIP).
- Incrementar el porcentaje de utilización de maquinarias y trabajadores.
- Aumentar el número de órdenes despachadas puntualmente.

2.2.6. Áreas de aplicación de la simulación

Herrera (2020) explicó que existe un gran campo de aplicación de la simulación, esta herramienta de soporte es fundamental dentro de la toma de decisiones enfocada en la planeación y el mejoramiento de áreas dentro de la industria ya sea esta de productos o de servicios, entre sus aplicaciones más relevantes se puede mencionar:

- Sistemas de líneas de espera: Aquellos sistemas en filas o colas de espera donde su representación formal resultara demasiado compleja de analizar por medio de formulación matemática.
- Sistema de inventarios: Para estudiar y comparar diferentes políticas de manejo de inventario, donde los parámetros como tiempos de entrega, demanda, costo, etc son de carácter estocástico.
- Sistemas de manufactura: Donde abarca la que mayor aplicabilidad, pues en el sector industrial se presenta como herramienta de respaldo de decisiones. Entre las industrias con mayor frecuencia de uso están; la automotriz, fabricación de circuitos, explotación petrolera, química, papelera y la cadena logística global.

- **Industria de servicios:** Al igual que la industria de manufactura, recibe el apoyo de esta herramienta en la toma de decisiones. Aunque es un poco más compleja al tratarse de servicios y estos son intangibles, se ha concretado en el análisis y diseño de centros de llamadas, bancos, supermercados, entre otros.
- **Proyectos de inversión:** Recomendada para el estudio de proyectos de inversión, donde prevalece la incertidumbre con respecto a la tasa de inflación, interés, flujo de efectivo, etc. La herramienta ayuda con el análisis detallado de flujo de caja.
- **Sistemas de transporte y distribución:** Permite representar y analizar el comportamiento de sistemas de transporte tanto en redes metropolitanas o redes de distribución, donde se puede tomar decisiones en aspectos como: tráfico en las autopistas o en las ciudades, pertinencia de un semáforo en determinado lugar, manejo y almacenamiento de producto en proceso o rutas de distribución de bienes.

2.2.7. Tipos de simulación digital

De acuerdo con Herrera (2020), existen dos tipos de simulación digital con base en la influencia del tiempo: la de tipo terminal y la no terminal.

- **Simulación terminal**

Es aquella que presenta condiciones iniciales fijas y un evento que establece el fin de la simulación. Además, que el sistema se llena y se vacía de acuerdo con un horizonte fijo de tiempo, opera bajo un periodo fijo determinado por una actividad y por un evento (Herrera, 2020).

- **Simulación no terminal**

No posee condiciones iniciales fijas, ni un evento que defina de forma natural el fin de la simulación, es decir que el sistema opera bajo un horizonte de tiempo fijo, pero el trabajo se extiende más allá del horizonte, lo que representa una operación continua siempre que existan entidades disponibles (Herrera, 2020).

2.2.8. Etapas de un proyecto de simulación digital

La Figura 2 muestra las diferentes etapas que se deben seguir para realizar una simulación de proceso de manufactura, aunque dependiendo del problema se podría llegar a suprimir algunas o no necesariamente pasar por todas estas etapas.

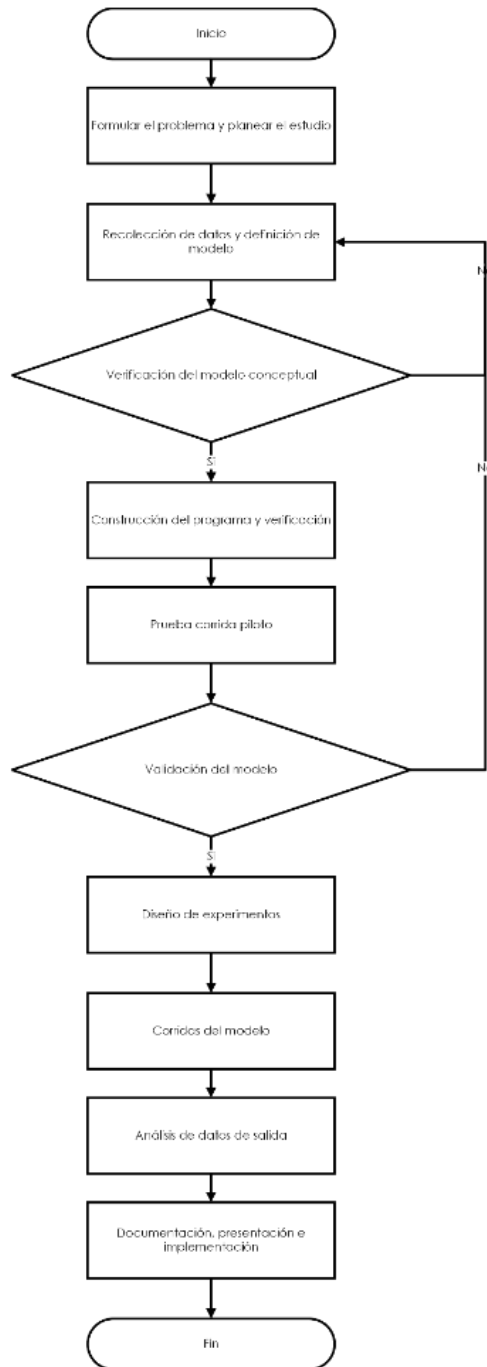


Figura 2. Metodología para realizar una simulación

Fuente: Simulación de sistemas discretos: un enfoque industrial, Herrera (2020).

En la Figura 2 se observan la metodología para realizar una simulación. En lo que sigue, se detallará cada uno de los pasos de la misma.

2.2.8.1. Formulación del problema y plan de estudio

Todo estudio tiene que empezar con la planificación, hay que tener una definición clara de los objetivos que se pretenden lograr con la simulación, las preguntas que se quieren llegar a responder, los indicadores para medir el desempeño y así poder

evaluar la eficiencia de la configuración del sistema, el alcance del modelo, planificar el conocimiento personal, tiempo, *software*, recursos, entre otros que pueden llegar a ser necesarios en el estudio (Herrera, 2020).

2.2.8.2. Recolección de datos y definición del modelo

Para esta etapa “es necesario el apoyo de responsables del proceso, de tal manera que se permita definir la estructura del sistema, su diseño y todos los procedimientos de la operación” (Herrera, 2020, pág. 23). Recolectar datos es un punto importante para construir el modelo conceptual que se define como un modelo lógico matemático de un sistema real, diseñado con relación a la proyección del estudio, pues con esto se definen las distribuciones de entrada, parámetros, medidas de desempeño (Herrera, 2020). Algo muy importante es que se debe considerar siempre un equilibrio entre la sencillez del modelo y el realismo que representa el sistema real.

2.2.8.3. Verificación del modelo conceptual

Tras definir el modelo conceptual es necesario validarlo, para comprobar si este se adapta a las necesidades con base al problema planteado. “En esta fase pueden ser de gran ayuda las intervenciones y opiniones de personas que conozcan suficiente profundidad el sistema” (Herrera, 2020, pág. 24). Con esto aumenta la validez y la credibilidad del modelo. Asimismo, es recomendable usar técnicas estadísticas para verificar las distribuciones de las variables aleatorias establecidas (Herrera, 2020).

2.2.8.4. Construcción del programa y verificación

Esta etapa, por una parte, define el medio en el que se va a realizar el modelo con el uso de un lenguaje de programación o en un *software* de simulación y por la otra, se procede a trasladar el modelo conceptual establecido en el medio seleccionado (Herrera, 2020). Para esto, hay que asegurar conocimiento y buen manejo para evitar problemas en las siguientes etapas.

2.2.8.5. Prueba de corrida piloto

Las corridas piloto se hacen con el fin de validar el modelo, además estas pueden ser usadas para definir la sensibilidad del modelo a los pequeños cambios en los parámetros de entrada (Herrera, 2020).

2.2.8.6. Validación del modelo

En el caso de que exista un sistema, se comparan los modelos y las medidas de desempeño (Herrera, 2020). Caso contrario, el sistema debe pasar por revisión de analista de simulación y expertos en el área. Además, es recomendable que el sistema pase por análisis de sensibilidad para determinar si los factores del modelo tienen impacto significativo sobre las medidas de desempeño.

2.2.8.7. Diseño de experimentos

En este punto se decide qué diseños del sistema se simularán y en cada caso, debe decidirse el tiempo de corrida de la simulación, condiciones iniciales, y número de replicaciones (Herrera, 2020).

2.2.8.8. Corridas del modelo

Una vez que el modelo sea válido, "se corren escenarios y números aleatorios que apoyan la solución del problema e igualmente generan mejoras en el sistema" (Herrera, 2020, pág. 26).

2.2.8.9. Análisis de datos de salida

Esta etapa es primordial por dos razones, la primera es "determinar el desempeño absoluto del éxito de la configuración del sistema" (Herrera, 2020, pág. 26) y la segunda "comparar alternativas de configuración del sistema en un sentido relativo" (Herrera, 2020, pág. 26). Algo muy importante en esta etapa son las técnicas estadísticas, "usualmente, se construyen intervalos de confianza de alguna medida de desempeño de un diseño o para decidir cuál es mejor respecto a cierta medida de desempeño" (Herrera, 2020, pág. 26).

2.2.8.10. Documentación, presentación e implementación

En esta última etapa Herrera (2020) afirma lo siguiente:

Cuanto mejor documentado sea un modelo de simulación, más probabilidad tendrá de ser utilizado. Es muy relevante que, al finalizar todos los análisis, se genere un reporte, de forma tal que se cuente con toda la información para la toma de una decisión acertada (pág. 26).

Adicional a esto, es importante destacar aún más la importancia de esta etapa, pues la investigación parte de la necesidad directa de la empresa, entonces la

documentación, presentación es primordial para que la empresa pueda tomar decisiones tomando de base esta investigación.

2.2.9. Sistemas y modelado

2.2.9.1. Definición de sistema

Un sistema es un "conjunto de objetos o ideas que están interrelacionadas entre sí como una unidad para la consecución de un fin" (Vitoriano, 2012, pág. 3).

2.2.9.2. Elementos de un sistema desde el enfoque de la simulación

Los sistemas están constituidos de elementos de diferente tipo, donde cada uno tiene una función y relación con las demás partes. En la Figura 3 se aprecian los elementos de un sistema desde la perspectiva de la simulación, Herrera (2020) afirma que un sistema contiene 5 partes las entrantes y salientes, la planta, la planeación y control y los eventos.

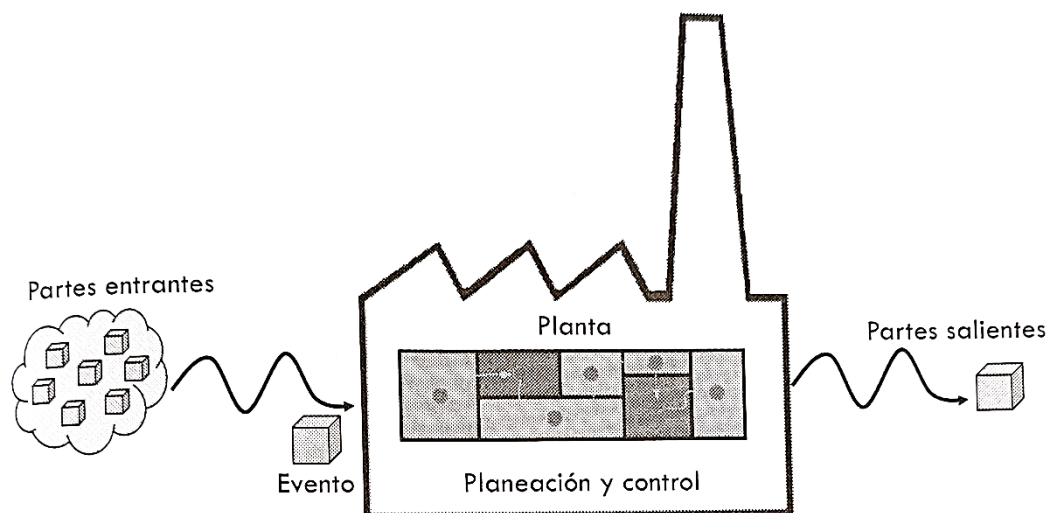


Figura 3. Elementos de un sistema desde la simulación.

Fuente: Herrera (2020).

En la Figura 3, de forma general se aprecia la interacción entre las partes de un sistema, a continuación, para una mejor comprensión, se explica de forma específica cada una de estas.

- **Partes entrantes:** Son todos los elementos que, al ingresar al sistema, son procesados; productos, clientes o documentos. Estos elementos poseen características particulares, tales como forma, prioridad, calidad o costo. Debido a que ningún sistema es completamente autosuficiente, necesita importar recursos del entorno; por ello, los elementos entrantes representan la entrada de energía, materia o información, y constituyen la fuerza operativa

del sistema. Entre estos elementos se incluyen clientes, pacientes, piezas, documentos, contenedores, llamadas telefónicas, correos electrónicos, entre otros.

- **Planta:** representa el espacio físico en el que se llevan a cabo las operaciones de transformación dentro del sistema, convirtiendo las entradas en salidas. En otras palabras, es el componente encargado de transformar los insumos en productos. Estas operaciones consumen tiempo, conocido como tiempo de procesamiento, al que también se pueden sumar los tiempos de distribución y transporte. Ejemplos de este tipo de procesos incluyen el corte de una pieza, la atención a un cliente, o la reparación de un equipo o maquinaria.
- **Partes salientes:** son los resultados generados tras procesar las entradas. Representan la contribución del sistema al entorno, es decir, su producto final. Entre estos resultados pueden incluirse productos terminados, clientes atendidos, información procesada, entre otros.
- **Planeación y control:** agrupa los elementos encargados de organizar y regular el funcionamiento del sistema, tales como horarios, planes y políticas. Su propósito es proporcionar una estructura lógica y operativa para el desarrollo eficiente de las actividades. Ejemplos comunes incluyen las secuencias de enrutamiento, planes de producción, programación del trabajo, asignación de prioridades, hojas de instrucciones y sistemas de *software* para el control del proceso.
- **Eventos:** Los eventos son hechos o situaciones que generan un cambio en el estado del sistema. Por ejemplo, una estación de trabajo puede encontrarse en diferentes estados: activa, inactiva, en mantenimiento o averiada. La transición entre estos estados ocurre a partir de eventos específicos, como el término de una operación, la llegada de material, una falla técnica, o la finalización de una reparación.

2.2.9.3. Definición de modelo

Un modelo es la “representación simplificada de un sistema. Es una abstracción del sistema” (Vitoriano, 2012, pág. 3). Para construir un modelo, es necesario incluir únicamente aspectos esenciales del sistema real que representa (Herrera, 2020).

2.2.9.4. Elementos básicos de un modelo de simulación

Estos elementos están condicionados según el objeto de estudio que se pretende ejecutar. Herrera (2020) manifiesta que un modelo de simulación se conforma de 5 elementos básicos: las locaciones, las entidades, el proceso, los arribos y el reloj. La Figura 4, detalla los elementos de un modelo de simulación.

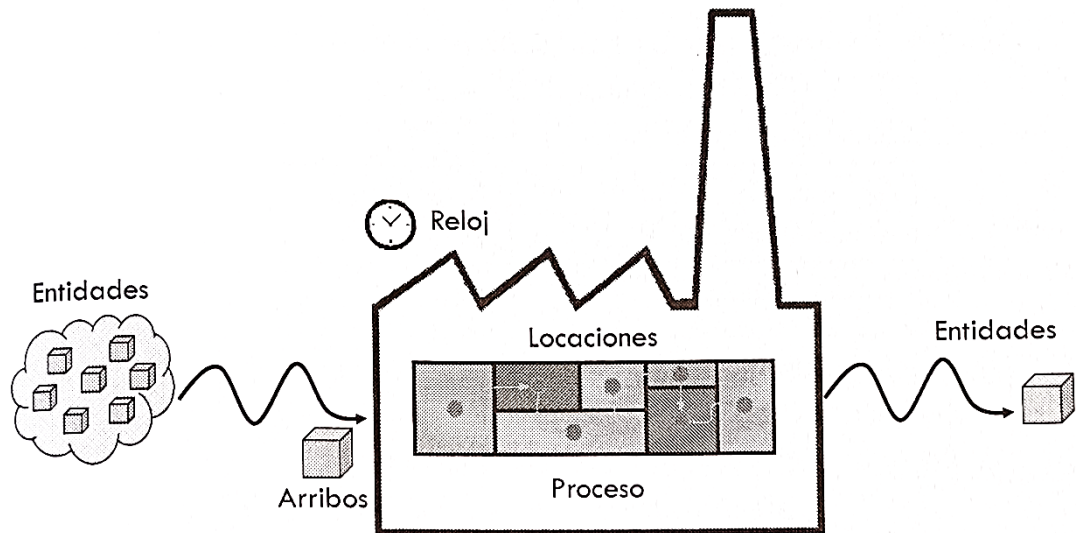


Figura 4. Elementos de un modelo de simulación

Fuente: Herrera (2020).

En la Figura 4 se aprecia la relación entre las partes de un modelo de simulación, para una mejor comprensión, se detalla cada una de estas.

- **Locaciones:** se refiere a los puntos fijos dentro del sistema donde se desarrollan procesos o actividades que generalmente implican toma de decisiones. Estos espacios incluyen, por ejemplo, máquinas de procesamiento, áreas de almacenamiento o estaciones de trabajo. Cada locación suele tener una capacidad definida y, en muchos casos, opera bajo una disciplina específica de atención o servicio.
- **Entidades:** son los elementos que experimentan transformaciones a lo largo del sistema. Representan los objetos que atraviesan diferentes etapas de procesamiento, tales como materias primas, piezas individuales, ensamblajes, cargas, productos en proceso y productos terminados.
- **Proceso:** abarca el conjunto de actividades que debe realizar cada entidad en las diferentes locaciones del sistema, siguiendo una ruta determinada. Este elemento define la lógica de secuencia en el flujo operativo, especificando cómo se mueven y transforman las entidades entre las distintas áreas de

trabajo. Para su desarrollo, es necesario conocer los tiempos de operación o servicio, los recursos requeridos, las reglas de entrada y salida, y las condiciones necesarias para el movimiento eficiente entre locaciones.

- Reloj: un elemento contador que guarda registro del instante en el que se encuentra la simulación.
- Arribos: se refiere a la llegada de una nueva entidad al sistema, estas pueden ser determinísticas o estocásticas. Para poder definir de manera correcta este elemento es necesario determinar frecuencia de llegadas, cantidades y ocurrencias.

2.2.9.5. Tipos de modelos de simulación

Existen 3 clasificaciones básicas de los modelos de simulación. En la Figura 5 se observa un mapa conceptual de esta clasificación.

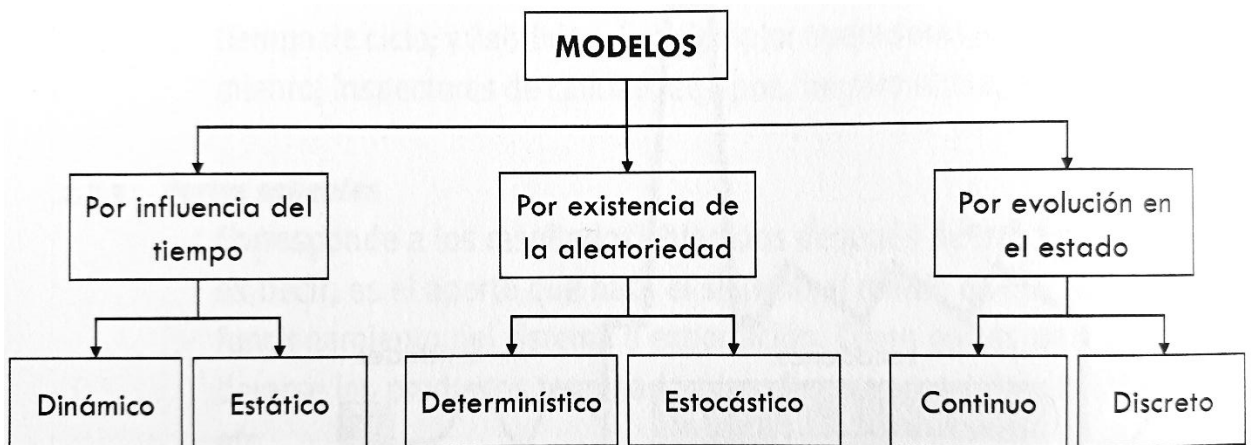


Figura 5. Tipos de modelos de simulación.

Fuente: Herrera (2020).

La Figura 5 detalla que los modelos de simulación se clasifican por influencia del tiempo en dinámicos y estáticos, por existencia de la aleatoriedad en modelos determinísticos y estocásticos y según la evolución en el estado en continuos y discretos. Para asimilar de manera más adecuada, se define cada tipo de modelo:

- **Dinámico:** los valores que toman todas o algunas variables dentro del modelo evolucionan a lo largo del tiempo.
- **Estático:** cuando las variables de estado no cambian a lo largo del tiempo, entendiendo que el tiempo no desempeña ningún papel en las propiedades del modelo.
- **Determinístico:** un sistema se considera determinístico cuando no incluye elementos aleatorios. En estos casos, tanto las variables internas como las de

salida están completamente determinadas por los valores de entrada, los parámetros y las condiciones iniciales. Las relaciones entre las variables están perfectamente definidas y no existe incertidumbre en el comportamiento del sistema.

- **Estocástico:** en los sistemas estocásticos, al menos uno de sus componentes presenta un comportamiento aleatorio. Esto significa que, incluso con entradas conocidas, no se puede predecir con certeza el resultado del sistema. Un ejemplo clásico es una máquina tragamonedas, donde la misma acción puede producir distintos resultados debido al azar.
- **Continuo:** un sistema es continuo cuando el estado evoluciona de manera ininterrumpida a lo largo del tiempo. Matemáticamente, esto implica que las variables cambian en un número infinito de puntos temporales. Basta con que una de las variables lo haga para que el sistema se considere continuo.
- **Discreto:** los sistemas discretos cambian su estado únicamente en puntos específicos y contables en el tiempo. Estos cambios son provocados por eventos que ocurren en momentos definidos, como la llegada de materias primas, el inicio o final de un proceso, o la salida de productos del almacén.

2.2.9.6. Simulación de eventos discretos

La mayoría de los sistemas productivos son de naturaleza dinámica, discreta y estocástica, dado que evolucionan con el tiempo, presentan incertidumbre en sus procesos y los cambios de estado ocurren en momentos puntuales. Por lo tanto, la simulación de eventos discretos es especialmente adecuada para modelarlos (Herrera, 2020). En un sistema de eventos discretos, las variables de estado solo cambian en momentos específicos, conocidos como eventos. Para llevar a cabo este tipo de simulación, se deben registrar y programar estos eventos, así como calcular el momento en que ocurrirán en función de la lógica del sistema.

Según Herrera (2020), existen dos formas de interpretar los sistemas discretos:

1. **Enfoque orientado a la partícula o al material:** la atención se centra en las entidades que recorren el sistema, como productos o clientes, y se sigue su trayectoria a medida que cambian de estado.
2. **Enfoque orientado al evento o a la máquina:** se enfoca en las actividades o procesos, siguiendo cómo se aplican a diferentes entidades y registrando los cambios de estado según la lógica de las actividades.

Independientemente del enfoque, es importante llevar un control detallado de las entidades y actividades, registrando cada cambio en el sistema para reflejar adecuadamente la secuencia de eventos.

2.2.9.7. Enfoque para simular procesos discretos

- **Enfoque orientado al suceso:** El modelo se construye a partir de los eventos que provocan cambios de estado. La simulación avanza de un evento a otro ejecutando la lógica asociada con cada uno.
- **Enfoque orientado a las actividades:** Se describen las actividades que involucran a las entidades y se definen las condiciones que marcan el inicio y fin de dichas actividades. El tiempo simulado avanza en intervalos iguales, revisando en cada paso si hay cambios en el sistema.
- **Enfoque orientado al proceso:** Combina los enfoques anteriores, modelando la secuencia de operaciones que siguen las entidades a lo largo del sistema. Los eventos se generan naturalmente al completarse procesos, y el sistema se actualiza en consecuencia. Este enfoque es intuitivo y fácil de implementar, aunque puede presentar limitaciones de flexibilidad.

2.2.10. Modelo de simulación discreta

Guasch et al. (2002) expusieron que la simulación de eventos discretos es una herramienta ampliamente utilizada en el entorno empresarial para apoyar la toma de decisiones relacionadas con la planificación de la producción, el control de inventarios y el diseño de sistemas productivos y logísticos.

2.2.11. Herramientas de simulación digital

Existen diversas herramientas que permiten la creación de modelos para simular y analizar el comportamiento de sistemas complejos. Entre las más comunes se encuentran programas como Arena, FlexSim y AnyLogic, los cuales facilitan la optimización de procesos industriales y logísticos (Herrera, 2020).

A continuación, la Tabla 1 detalla una comparativa de aspectos esenciales entre softwares de simulación digital.

Tabla 1. Comparación de Softwares de simulación digital

Software	Funcionalidad	Facilidad de Uso	Costo Aproximado	Aplicaciones Específicas
AnyLogic	Simulación multifuncional (discreta, continua, agentes), integración de datos	Moderada	Variable (dependiendo de licencia)	Aplicaciones en manufactura, salud, logística, optimización de cadenas de suministro.

Software	Funcionalidad	Facilidad de Uso	Costo Aproximado	Aplicaciones Específicas
FlexSim	Enfoque en simulación de procesos discretos y 3D	Alta	\$ 18 990 anual / usuario Licencia anual de \$4,500 - \$6,000 - (Gratuidad por Licencia educativa universitaria)	Ideal para procesos industriales, logística, almacenamiento, y flujo de trabajo.
Arena	Simulación discreta y análisis de procesos complejos	Moderada	Licencia anual de \$4188 / usuario	Simulación de procesos industriales, gestión de recursos, optimización de producción.
SIMUL8	Simulación basada en eventos discretos, fácil modelado visual	Moderada	Desde \$5499 anual/ usuario	Diseño de líneas de producción, optimización de flujo de trabajo en fábricas.
Tecnomatix (Siemens)	Simulación digital de fábrica 3D, gemelo digital	Moderada	\$3000 anual / usuario (dependiendo de número de módulos)	Enfocado en la fabricación avanzada, diseño de sistemas productivos y optimización de fábricas digitales.
Witness	Simulación basada en eventos discretos e híbridos	Moderada	Licencia desde \$6,500 anual / usuario	Optimización de procesos de manufactura, sistemas de transporte, sistemas de fabricación.
ProModel	Enfoque en simulación para la toma de decisiones empresariales	Moderada	Desde \$3,500 anual / usuario	Optimización de producción, planificación de operaciones, simulación de procesos empresariales complejos.
AutoMod	Simulación de eventos discretos con animación 3D y análisis de transporte	Moderada	Desde \$6,000 anual / usuario	Simulación en industrias automotrices, manejo de materiales, diseño de almacenes, transporte de productos.

En la Tabla 1 se especifica un contraste de ciertas características generales de *softwares* de simulación digital que podrían ser utilizadas para el desarrollo de la investigación. De forma general, la funcionalidad y aplicaciones específicas de cada herramienta está directamente vinculada al costo de estos, los cuales son elevados y se manejan bajo contratación anual, por número de usuarios, y en algunos casos dependiendo de los módulos que se deseen activar. En cuanto a la facilidad de uso están clasificada de alta a moderada, pues esta depende principalmente de la experiencia al usar cada herramienta. En este sentido, la herramienta que sobresale es FlexSim, ya que ofrece licencia educativa gratuita por contratación directa de la institución educativa y está integrada en la formación profesional de la carrera.

2.2.12. Optimización de espacio físico

La optimización del espacio en una planta se refiere a la maximización de la eficiencia mediante el uso adecuado del espacio disponible, teniendo en cuenta aspectos como la flexibilidad y el aprovechamiento del volumen cúbico (Muther, 1970).

2.2.13. Distribución de planta

En ciertas ocasiones, puede parecer simple ubicar los equipos industriales sobre una superficie tras realizar varias pruebas de distribución hasta encontrar una opción aparentemente adecuada, sin realizar un análisis detallado. Sin embargo, este método suele implicar pérdida de tiempo, incomodidades para el personal e incluso puede derivar en la inutilización parcial o total de las instalaciones. Además, este enfoque puede provocar errores importantes en la gestión del espacio disponible, obligando a costosas redistribuciones o incluso a la demolición de estructuras valiosas como muros o edificios que aún podrían ser aprovechados (Memoria PFC, 2017).

Para evitar esta situación, resulta fundamental dedicar tiempo a planificar adecuadamente la instalación. Esto no solo permite integrar de manera lógica futuras modificaciones, sino también ejecutar los procesos en función de una distribución progresiva y racional de los elementos (Memoria PFC, 2017).

Desde otro punto de vista, este enfoque también representa una ventaja económica, pues resulta mucho más sencillo y económico modificar esquemas sobre planos o mediante programas de diseño asistido por computadora que mover maquinaria o realizar ajustes en el entorno físico.

2.2.14. Factores que influyen en cualquier distribución

Entre los factores que tienen influencia sobre cualquier tipo de distribución, según Muther (1970), se dividen en ocho grupos:

- 1) Factor Material, que incluye el diseño, variedad, cantidad, operaciones necesarias y su secuencia.
- 2) Factor Maquinaria, que abarca el equipo de producción y herramientas, y su utilización.
- 3) Factor Hombre, involucrando la supervisión y los servicios complementarios, al mismo tiempo que la mano de obra directa.
- 4) Factor Movimiento, englobando transporte intra o interdepartamental, así como el manejo en las diversas operaciones, almacenamientos e inspecciones.
- 5) Factor Espera, incluyendo los tipos de almacenamientos temporales y permanentes, así como también las esperas.
- 6) Factor Servicio, cubriendo el mantenimiento, inspección, control de desperdicios, programación y lanzamiento.

- 7) Factor Edificio, comprendiendo los elementos y particularidades interiores y exteriores de las instalaciones, la distribución y equipo de la infraestructura.
- 8) Factor Cambio, considerando la versatilidad, flexibilidad y expansión.

2.2.15. Tipos de distribución de planta

Los tipos de distribución de planta se dividen en cuatro categorías principales: distribución por producto, por proceso, por posición fija y distribución híbrida. Cada una se selecciona según la naturaleza del producto o el proceso productivo para maximizar la eficiencia (Muther, 1970).

2.2.15.1. La distribución por proceso

Este tipo de distribución organiza las áreas de trabajo según la función que realizan en el proceso productivo, lo que resulta útil en la producción de pequeños lotes de productos variados (Tompkins, 2010).

2.2.15.2. La distribución en planta por producto

En la distribución por producto, los recursos y las operaciones están dispuestos de acuerdo con el flujo de producción de un producto en específico, siendo adecuada para la producción en serie o en masa (Bautista, 2021).

2.2.15.3. La distribución por posición fija

En este tipo de distribución, el producto permanece en un lugar fijo mientras que los recursos, como el personal y los equipos, se mueven a su alrededor para realizar las tareas correspondientes (Muther, 1970).

2.2.15.4. Distribución de planta híbrida o mixta

La distribución mixta integra elementos de varios tipos de distribuciones para mejorar la eficiencia y maximizar el uso del espacio disponible, dependiendo de las características específicas de la producción (Muther, 1970).

2.2.16. Modelos aplicables al problema de distribución de planta

2.2.16.1. El método CRAFT

El método CRAFT es una técnica computarizada que ayuda a reorganizar las instalaciones de una planta con el objetivo de reducir los costos de transporte y mejorar la eficiencia general del proceso productivo (Muther, 1970).

2.2.16.2. El método ALDEP

ALDEP es un programa automatizado de diseño de distribución que genera diferentes opciones de disposición de planta, permitiendo elegir la que mejor se ajuste a las necesidades operativas (Muther, 1970).

2.2.16.3. El método CORELAP

Utiliza una estrategia de asignación basada en la importancia de las relaciones entre departamentos, con el fin de crear una disposición óptima en la planta (Muther, 1970).

2.2.17. El método *Systematic Layout Planning* (SLP)

El SLP emplea un enfoque sistemático que, a través de diagramas y análisis de relaciones espaciales, optimiza el diseño de distribución en una planta para mejorar la utilización del espacio (Muther, 1970).

Esta metodología enfoca de manera organizada proyectos de planteamiento de distribución o redistribución de plantas, fijando fases que siguen una serie de procedimientos para que su aplicabilidad sea más eficiente y que permitan identificar, valorar y visualizar los elementos que intervienen en la preparación del proyecto (Memoria PFC, 2017). "Esta técnica puede aplicarse a oficinas, laboratorios, áreas de servicio, operaciones manufactureras o almacenes, siendo aplicable en caso de readaptaciones en edificios ya existentes, en nuevos edificios o en el nuevo emplazamiento en planta a proyectar" (Memoria PFC, 2017, pág. 47).

En los problemas de planteamiento de distribución en planta Memoria PFC (2017) asegura que "lejos de ser una ciencia exacta, es más bien un arte en el que la pericia y la experiencia juegan un papel fundamental" (pág. 47). Es decir, que los resultados obtenidos en esta clase de proyectos si bien tienen una base matemática y analítica en función a la técnica de distribución, sin embargo, no tiene mayor complejidad, pero la propuesta final requiere de los elementos imprescindibles con relación a la naturaleza de la industria.

2.2.18. Proceso del Planteamiento S.L.P.

La Figura 6, detalla el proceso de planteamiento de la metodología SLP.

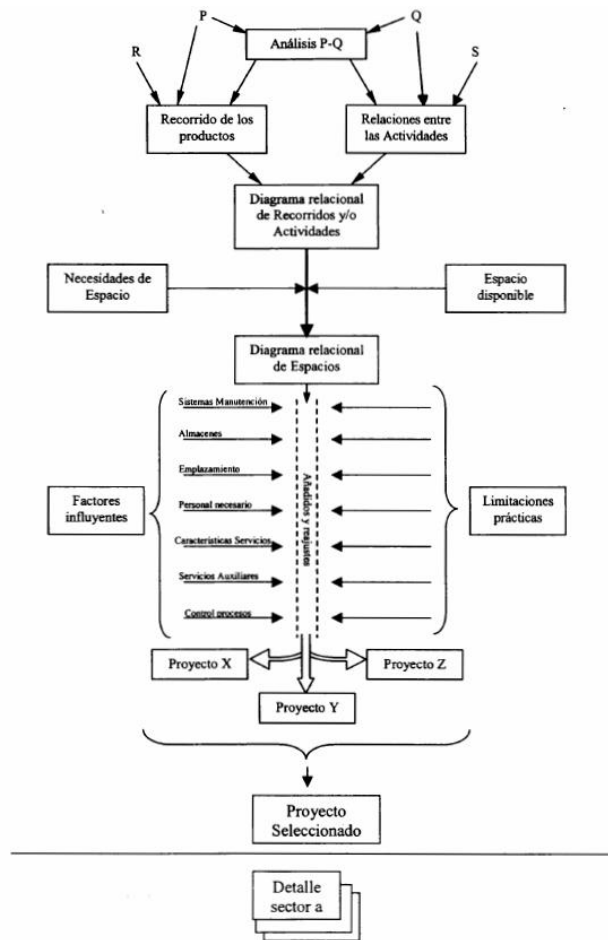


Figura 6. Proceso del Planteamiento S.L.P.
Fuente: Memorias PFC (2017).

La Figura 6 representa el proceso metodológico del SLP. El proceso parte con el análisis P-Q (Producto – Volumen), que permite comprender el tipo y cantidad de producto que debe moverse dentro del sistema. Este análisis se divide en dos componentes clave: el recorrido de los productos (R) y las relaciones entre las actividades (S). A partir de estos elementos se construye un diagrama relacional de recorridos y/o actividades, que visualiza la interacción entre procesos y movimientos. Posterior a esto, se identifican las necesidades de espacio considerando los requerimientos operativos, y estas se comparan con el espacio disponible. Esta comparación contribuye a la elaboración del diagrama relacional de espacios, que integra las necesidades espaciales con las limitaciones físicas del entorno. En esta etapa también se consideran factores con alta relevancia como lo son: los sistemas de mantenimiento, almacenamiento, ubicación, personal requerido, características del servicio, servicios auxiliares y control de procesos, todos ellos determinantes para diseñar una disposición eficiente.

La relación entre las necesidades y limitaciones da origen a varias alternativas de diseño: Proyecto X, Proyecto Y y Proyecto Z, los cuales son evaluados considerando criterios técnicos y prácticos. De esta evaluación se selecciona el proyecto más adecuado, que se convierte en la base del diseño definitivo.

2.2.19. Fases del Método S.L.P.

La metodología SLP comprende cuatro fases partiendo desde el planteamiento del objetivo inicial hasta llegar a la realidad física con la instalación de la propuesta final.

- **Fase I: Localización**

Se refiere a identificar y/o establecer el área para organizar. En esta fase no es necesario que se trabaje con un emplazamiento nuevo, pues puede tratarse de uno existente, que necesita una replanificación, o a su vez puede tratarse de un espacio que ha quedado disponible.

- **Fase II: Planteamiento General**

En esta fase se deberá disponer globalmente de toda la superficie, para esto se analizan los sectores y los recorridos de tal forma que la disposición, los enlaces y el aspecto general de cada sector importante queden claramente determinados.

- **Fase III: Planteamiento Detallado**

Para este punto se determina la ubicación efectiva de cada elemento físico (máquina y equipo) de las zonas de planteamiento.

- **Fase IV: Instalación**

La fase final que una vez aprobada desde altos directivos y se cuente con el presupuesto para realizar las modificaciones necesarias, pasa a ser una realidad. Esta comprende la preparación o adecuación de la infraestructura y los desplazamientos necesarios de máquinas y equipos.

2.2.20. LÁCTEOS LOS ILINIZAS

2.2.20.1. Descripción de la empresa.

LÁCTEOS LOS ILINIZAS es una empresa ecuatoriana que se dedica a la elaboración y comercialización de queso fresco, actividad que ha desarrollado de manera continua desde su fundación, el 18 de junio de 2004. Se encuentra ubicada en una de las parroquias del cantón Mejía de la provincia de Pichincha; Aloasí. La empresa

ha logrado consolidarse como un referente en la producción artesanal dentro de su zona de influencia.

La empresa basa su operación en la transformación de la leche como materia prima principal, lo que implica una producción diaria que no se detiene por festividades o fines de semana. Para cumplir con esta exigencia productiva, mantiene una jornada laboral constante, de domingo a domingo, desde las 6 de la mañana hasta las 6 de la tarde. Esta continuidad refleja el compromiso de la empresa con la frescura del producto y la demanda sostenida de sus clientes. En cuanto al equipo humano de LÁCTEOS LOS ILINIZAS está conformado por siete trabajadores. De este total, cinco desempeñan funciones operativas en la línea de producción, uno de los cuales también asume el rol de jefe de producción, encargado de coordinar y supervisar los procesos, lo que representa una mayor responsabilidad en términos de gestión y control de calidad. Además, cuenta con una gerente, quien se encarga de la administración general, y una encargada de la distribución del queso, responsable de coordinar las entregas y mantener contacto con los puntos de venta. Esta estructura organizativa permite mantener un flujo de trabajo constante y eficiente dentro de la empresa.

En términos generales, en cuanto a su red de distribución, la empresa comercializa sus productos principalmente en el cantón Mejía, abarcando todas sus parroquias. Sin embargo, tiene una mayor concentración de ventas en Aloasí, Aloag, Cutuglahua, Tambillo, Uyumbicho y Machachi. Esta preferencia responde a una fuerte aceptación del producto en estas localidades, lo que ha permitido a LÁCTEOS LOS ILINIZAS fortalecer su presencia y fidelizar a sus consumidores en estas zonas.

2.2.20.2. Información general.

La información general de la empresa se detalla a continuación:

Razón Social: Aguagallo Jerez Nelly Yolanda

Registro Único de Contribuyentes (R.U.C.): 1802594562001

Fecha de constitución: 18 de junio de 2004

Actividad Económica principal: Elaboración de queso y cuajada

Nacionalidad: Ecuador

Régimen: RIMPE

Categoría: Negocio Popular

Situación legal: Activa

Propietaria: Tnlga. Nelly Yolanda Aguagallo Jerez

2.2.20.4. Actividad económica

La empresa LÁCTEOS LOS ILINIZAS, dedicada a la fabricación y distribución de queso fresco, se clasifica dentro de la Clasificación Industrial Internacional Uniforme (CIIU) Rev. 4 en la clase 1050 - Elaboración de productos lácteos. Esta clase pertenece a la División 10 - Elaboración de productos alimenticios, dentro de la Sección C - Industrias manufactureras, y abarca actividades relacionadas con la producción de leche procesada, queso, yogur, mantequilla, suero, entre otros productos derivados de la leche.

Esta clasificación permite ubicar correctamente a la empresa dentro del sector manufacturero alimenticio, facilitando su análisis desde el punto de vista técnico, económico y estadístico. En el marco del presente proyecto, esta identificación es relevante para contextualizar el tipo de procesos industriales involucrados en la producción del queso fresco y justificar la necesidad de optimizar el espacio físico de la planta mediante un modelo de simulación digital.

2.2.20.5. Plan Estratégico

Misión: Brindar productos lácteos frescos y de alta calidad, elaborados con procesos sostenibles y eficientes, que satisfagan las necesidades del mercado local. Comprometidos con la innovación y el crecimiento, buscamos mejorar continuamente nuestras líneas de producción para ofrecer una mayor variedad de productos que conserven el sabor tradicional y la confianza de nuestros clientes (LÁCTEOS LOS ILINIZAS, 2024).

Visión: Ser una empresa reconocida a nivel provincial por la excelencia en la elaboración de productos lácteos, liderando la innovación en el sector y ampliando nuestras líneas de producción para llegar a nuevos mercados. Aspiramos a consolidarnos como un referente de calidad, responsabilidad y crecimiento sostenible dentro de la industria alimentaria (LÁCTEOS LOS ILINIZAS, 2024).

Organigrama: En la Figura 8 con fines informativos, se define la estructura formal de la empresa.

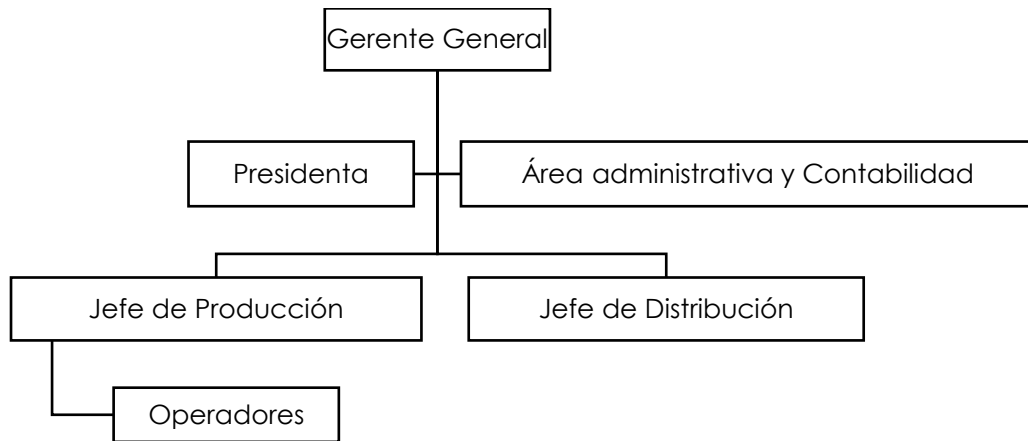


Figura 8. Organigrama de LÁCTEOS LOS ILINIZAS
Fuente: LÁCTEOS LOS ILINIZAS (2024)

La Figura 8 representa el organigrama de LÁCTEOS LOS ILINIZAS, el cual refleja la estructura jerárquica y funcional de la empresa. En la cúspide se encuentra el Gerente General, encargado de la toma de decisiones estratégicas y del direccionamiento global de la empresa. Bajo su responsabilidad se ubican dos áreas clave: la Presidencia, que supervisa y coordina las operaciones de manera directa, y el área de Administración y Contabilidad, que gestiona los recursos financieros y aspectos administrativos de la organización. En un nivel intermedio se identifican dos jefaturas: el Jefe de Producción, responsable de planificar, controlar y garantizar la eficiencia en los procesos productivos, y el Jefe de Distribución, encargado de la logística y la entrega de productos terminados. Finalmente, en la base del organigrama se encuentran los operadores, quienes ejecutan las actividades de producción bajo las directrices de la jefatura correspondiente.

III. METODOLOGÍA

3.1. ENFOQUE METODOLÓGICO

3.1.1. Enfoque

Esta investigación se ejecutó con base en un enfoque cuantitativo pues fue secuencial y probatorio, además que usó "la recolección de datos para probar hipótesis, con base en la medición numérica y el análisis estadístico, para establecer patrones de comportamiento y probar teorías" (Hernández et al., 2010, pág. 4). En este sentido, permitió una aproximación sistemática y concreta para analizar, diseñar y evaluar el modelo de simulación digital. Este enfoque contribuyó directamente en cada objetivo del proyecto al ofrecer un método de recolección, análisis e interpretación de datos numéricos, asegurando un alto nivel de objetividad y precisión en la validación de la hipótesis planteada.

3.1.2. Tipo de Investigación

Los tipos de investigación empleados en este estudio fueron la descriptiva, explicativa, documental y de campo. En cuanto a la investigación descriptiva, esta se aplicó como base para el desarrollo del trabajo, dado que "busca especificar propiedades, características y rasgos importantes de cualquier fenómeno que se analice" (Hernández et al., 2010, pág. 80). En este contexto, se especificaron los aspectos técnicos y la caracterización de una línea de producción de bolos, incorporando información especializada en ingeniería industrial, alimentos y logística, mediante una revisión bibliográfica.

La investigación explicativa "pretende establecer las causas de los eventos, sucesos o fenómenos que se estudian" (Hernández et al., 2010, pág. 83). Por ende, esta ayudó a profundizar causas y relaciones entre las variables, pues una vez realizada la parte práctica con el modelo de simulación digital, se evaluó, para dar cumplimiento con el tercer objetivo específico, donde se explicaron estas causas, relaciones y las condiciones en las que se presentaron dichos resultados, considerando en este caso el modelo de simulación digital en un marco donde representó fielmente las condiciones de uso del espacio físico de la planta.

Por lo que se refiere a investigación documental, esta modalidad contribuyó a todos los objetivos específicos, proporcionando el sustento teórico, conceptual y metodológico necesario para entender los principios de simulación y optimización de espacio físico aplicables en el diseño y evaluación del modelo digital. La información obtenida de fuentes primarias y secundarias como libros, artículos, manuales y estudios previos permitió construir una base sólida y justificada para las decisiones en el modelado y la optimización del espacio, además que ayudó con la estructuración del capítulo II – Fundamentación Teórica de este trabajo. Esto sustentado con lo mencionado por Arias y Covinos (2021), donde especifican que “este tipo de investigación es aquella que se realiza mediante la consulta de documentos [...] en este tipo de investigación se indagan sobre los libros, revistas periódicas, registros, la constitución, etcétera” (p. 67).

Finalmente, se aplicó investigación de campo, donde por una parte se establecieron distintos parámetros vinculados con el espacio físico, en uso y disponible de la empresa con un acercamiento directo a la misma, y por otra, la entrevista a la especialista en línea de producción donde se recopiló información con respecto al flujo de procesos y la formulación que se requiere para producirlos. Pues bien, lo afirman Arias y Covinos (2021):

que se realiza en el mismo lugar y el tiempo donde ocurre el fenómeno [...] su objetivo es levantar la información de forma ordenada y relacionada con el tema de interés; las técnicas utilizadas aquí podrían ser la entrevista, la encuesta o la observación. (p. 67)

Este trabajo de campo se alineó particularmente con el segundo objetivo, pues para el diseño del modelo de simulación digital de la línea de producción de bolos fueron necesarios datos rigurosos, que aseguraron a un modelo acorde a la necesidad de la empresa.

3.2. HIPÓTESIS

H_0 : La implementación de una segunda área de empaquetado no reduce el tiempo promedio de permanencia de los bolos en el área de almacenamiento previo al empaque en comparación con una sola área.

H_1 : La implementación de una segunda área de empaquetado reduce el tiempo promedio de permanencia de los bolos en el área de almacenamiento previo al empaque en comparación con una sola área.

3.3. DEFINICIÓN Y OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES

VARIABLE INDEPENDIENTE: Modelo de simulación digital de línea de producción de bolos

Por una parte, un modelo de simulación digital “se refiere a la modelación computacional de sistemas que evolucionan en el tiempo mediante cambios instantáneos en las variables de estado” (Vázquez y Sandoval, 2017, pág. 36). Mientras que una línea de producción se define como “el conjunto armonizado de diversos subsistemas con el fin en común de transformar o integrar materia prima en otros productos.” (Lombardi, 2021, pág. 48).

Entonces, un modelo de simulación digital de línea de producción de bolos se define como una representación computacional del funcionamiento de un conjunto integrado de subsistemas diseñados para transformar materia prima en bolos, simulando la evolución temporal a través de cambios en las variables de estado del proceso productivo que pueden controlarse.

VARIABLE DEPENDIENTE: Optimización de espacio físico.

En cuanto a optimización esta se refiere a la búsqueda de la mejor alternativa de realizar algo en función al objetivo que se plantea cumplir; una actividad, método, proceso, sistema, etc se ha optimizado cuando se han realizado modificaciones y a través de estas se han obtenido resultados diferentes a lo habitual (Rojas, 2022). Por lo que se refiere a espacio físico, es el área dentro de una empresa destinada a la ubicación estratégica de equipos, materiales y personal, que garantice un flujo de trabajo ordenado y eficiente (Contreras y Villarreal, 2025).

En efecto la optimización de espacio físico se define como el proceso de identificar y aplicar mejoras en la distribución y uso de un área determinada, con el objetivo de maximizar su funcionalidad y eficiencia. Este proceso implica realizar modificaciones estratégicas en el diseño o disposición del espacio, logrando resultados que superen lo convencional al aprovechar de manera óptima la posición y dirección relativa de los elementos en dicho entorno.

Se presenta a continuación la Tabla 2, que muestra la operacionalización de variables para el tema de investigación.

Tabla 2. Operacionalización de las variables

Variable	Definición	Dimensión	Indicadores	Técnica	Instrumento
Independiente: MODELO DE SIMULACIÓN DIGITAL DE LÍNEA DE PRODUCCIÓN DE BOLOS		Formulación de producto	Ingredientes y materias primas	Análisis documental Entrevista Estructurada	Registro documental Cuestionario Estructurado
			Proporciones de ingredientes		
			Tiempos de procesamiento máquina		
			Tiempos de procesamiento operador		
		Parámetros de Simulación	Velocidad de producción máquina		
			Velocidad de operación operador		
			Capacidad de almacén		
			Capacidad de máquinas		
		Estructura de Línea de Producción	Capacidad de operador		
			Orden de máquinas		
			Número de máquinas		
			Número de operadores		
		Costos	Distancias		
			Número de almacenes		
Costos de inversión inicial					
Costos de operación					
Estudio de Mercado	Costos de mano de obra				
	Proyección de la demanda				
	Preferencia de sabor				
	Preferencia tamaño				
Aspectos técnicos máquina	Especificaciones de maquinaria				
	Capacidad				
	Dimensiones				
Dependiente: OPTIMIZACIÓN DEL ESPACIO FÍSICO	Espacio Total	Área total	Observación, sistemática regulada o controlada	Ficha de observación	
	Espacio Utilizado	Área utilizada			
	Espacio Disponible para modificación o expansión	Área reservada para futuras necesidades de crecimiento			

3.4. MÉTODOS UTILIZADOS

En primera instancia, a través de una revisión bibliográfica se adquiere conocimiento acerca de una línea de producción de bolos, su funcionamiento y parámetros de líneas existente, esto como base, para así dar cumplimiento a los siguientes objetivos establecidos dentro del trabajo.

Para el diseño de modelo de simulación digital de la línea de producción se tiene como base el uso de herramientas tecnológicas de simulación digital que hacen uso de sistemas orientados a eventos discretos (SOED), principalmente por su relación directa a la ingeniería y su aplicación en campos de la logística, la manufactura, gestión de operaciones de líneas de producción, etc. Los SOED son un tipo de sistemas de modelado y simulación para analizar y comprender el comportamiento de sistemas dinámicos en los que los cambios en el estado del sistema ocurren en momentos específicos y discretos en el tiempo.

Así también se emplea el método analítico, que de acuerdo con Mejía et al. (2018), "Procedimiento que consiste en aislar, diferenciar y distinguir los elementos de un fenómeno para poder revisarlos ordenadamente, cada uno por separado" (p.89). Este concepto da entender que se trata de descomponer un todo en sus elementos que lo componen y funciona como soporte para la teoría general de sistemas en la que se basa la investigación.

3.4.1. Técnicas de investigación

Las técnicas de investigación son instrumentos que facilitan la obtención de datos por parte del investigador (Arias y Covinos, 2021). Para recopilar información en esta investigación, se utilizaron tres técnicas: entrevista estructurada, observación y análisis documental.

3.4.1.1. Observación

Observación sistemática regulada o controlada se aplica esta técnica para recolectar los datos referentes al espacio físico dentro de las instalaciones de la planta, para así establecer la distribución actual con la que cuenta la empresa, espacios disponibles y utilizados.

3.4.1.2. Entrevista estructurada

Arias y Covinos (2021) mencionan que "la entrevista estructurada se prepara con preguntas cerradas las cuales se centran en que el entrevistado conteste de forma

precisa a la pregunta, sin divagar o ampliar sus respuestas" (p. 95). La entrevista aplicada para recolectar información a través de una interacción directa con el entrevistado, que en este caso sería un especialista en la rama de ingeniería de alimentos y tenga experiencia en línea de producción de bolos.

3.4.1.3. Análisis documental

Análisis documental para examinar y evaluar documentos de la empresa que contribuyan en la elaboración del trabajo, principalmente planos donde se establezca el espacio físico, espacio utilizado de la planta, el estudio de mercado para definir capacidad de línea, caracterización del producto. También el análisis de documentos enfocados en línea de producción de bolos, fichas técnicas, entre otros.

3.4.2. Instrumentos

El objetivo del estudio se alcanza mediante la aplicación de instrumentos, los cuales son herramientas utilizadas en la muestra o, en algunos casos, en la población objeto de análisis. Todo estudio debe contar con al menos una técnica y un instrumento; sin embargo, según el alcance y la duración del estudio, es posible emplear varios. Estos instrumentos deben ser validados antes de su aplicación (Arias y Covinos, 2021). En esta investigación se utilizaron tres instrumentos para la recopilación de información: guía de preguntas, ficha de observación y registro documental.

3.4.2.1. Cuestionario estructurado

Un cuestionario estructurado, con un conjunto de preguntas y un orden predefinido, como un instrumento en la técnica de la entrevista al especialista en línea de producción de bolos.

3.4.2.2. Ficha de observación

La ficha de Observación como registro sistemático y organizado de la distribución de espacios y dimensiones para elaboración de *layouts*.

3.4.2.3. Registro documental

Por una parte, el registro documental de la empresa para documentos técnicos que contenga información acerca del área de espacio total, espacio utilizado y espacio disponible para modificación o expansión, el estudio de mercado previo que ha desarrollado la entidad y registro de fuentes vinculadas a esta línea de producción.

3.5. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

3.5.1. Prueba de hipótesis T – Student

La prueba *t Student* es una técnica estadística paramétrica utilizada para evaluar si existe una diferencia estadísticamente significativa entre las medias de dos grupos o muestras, bajo el supuesto de que los datos siguen una distribución normal. Su aplicación es común en diversos campos de investigación científica, porque permite contrastar hipótesis relacionadas con el efecto de una variable independiente sobre una variable dependiente cuantitativa (González y Reyes, 2024). En la presente investigación se aplicó un análisis estadístico mediante la prueba *t de Student* para contrastar la hipótesis formulada, evaluando específicamente el parámetro tiempo de espera de los bolos previo a formar parte de los paquetes de 24 unidades. Esta prueba permitió determinar, con un nivel de confianza estadístico, si las diferencias observadas en los resultados del modelo de simulación digital representan un impacto significativo en el rendimiento global del sistema o si, por el contrario, dichas variaciones pueden atribuirse a otros factores.

3.5.2. Tipo de prueba T – Student

En el análisis de datos experimentales, resulta esencial seleccionar la prueba estadística apropiada para asegurar la validez y confiabilidad de los resultados. La prueba *t de Student* se emplea comúnmente para comparar medias entre dos grupos, especialmente cuando el tamaño de la muestra es relativamente pequeño y la variable de interés sigue una distribución aproximadamente normal. Lind et al. (2012) mencionaron que esta prueba presenta diferentes variantes, que se eligen principalmente en función del número de muestras y de la naturaleza de la relación entre los datos, ya sea dependiente o independiente.

3.5.2.1. Prueba de hipótesis de dos muestras: muestras dependientes

También conocida como prueba de hipótesis con muestras apareadas. Se refieren a situaciones en las que el conjunto de datos tiene relación. La hipótesis se formula sobre la media de esta distribución de diferencias, evaluando si es igual a un valor específico, usualmente cero. Según Lind et al. (2012), se asume que la distribución de las diferencias de la población sigue una distribución normal, y el estadístico de prueba se calcula utilizando la distribución *t de Student*.

El estadístico de prueba sigue la distribución *t*, y su valor se calcula a partir de la

Siguiente fórmula:

Prueba t apareada

$$t = \frac{\bar{d}}{\frac{S_d}{\sqrt{n}}}$$

Donde,

Existe $n - 1$ grados de libertad

\bar{d} es la media de la diferencia entre las observaciones apareadas.

S_d es la desviación estándar de las diferencias entre las observaciones relacionadas.

n es el número de observaciones apareadas.

Desviación estándar

$$S_d = \sqrt{\frac{\sum(d - \bar{d})^2}{n - 1}}$$

3.5.3. Criterio de decisión

Este punto permite tomar decisiones objetivas basadas en la probabilidad y reduce el riesgo de conclusiones erróneas derivadas de la variabilidad de los datos.

Lind et al. (2012), explican que el criterio de decisión para la prueba de hipótesis de este proyecto toma como base el contraste entre p-valor con α que representa nivel de significancia. Si el p-valor (valor de probabilidad) resulta menor o igual que α (nivel de significancia), se rechaza la hipótesis nula H_0 y la hipótesis H_1 es acertada, pues indica que la evidencia estadística es suficiente para considerar que existe una diferencia significativa entre los grupos, caso contrario, si el p-valor es mayor que α , no se rechaza la hipótesis nula, y la evidencia es suficiente para afirmar que existe una diferencia estadísticamente significativa.

3.5.4. Diseño de Experimentos

El diseño de experimentos realizado en FlexSim se enfocó en analizar el impacto de variaciones en el número de estaciones de empaquetado sobre el rendimiento global del sistema. Este enfoque permitió cuantificar las mejoras potenciales en términos de reducción de tiempos de espera y analizar el rendimiento de la línea en conjunto. Los resultados derivados de este diseño experimental sirvieron de base para

la prueba estadística aplicada y para formular recomendaciones técnicas a la empresa sobre la configuración más eficiente de la línea de producción de bolos.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. RESULTADOS

LÁCTEOS LOS ILINIZAS, en el marco de su visión de crecimiento y consolidación en el mercado, proyecta ampliar su capacidad productiva mediante la incorporación de una nueva línea de producción de bolos. Esta investigación surge como respuesta a una solicitud directa por parte de la empresa (Anexo 6), misma que tras realizar un estudio de mercado previo (Anexo 7), ha identificado una demanda considerable para dicho producto. En este contexto, la organización planea su implementación, aunque reconoce la necesidad de contar previamente con un análisis detallado sobre el proceso productivo y su funcionamiento con el fin de tomar decisiones fundamentadas y minimizar riesgos operativos.

4.1.1. Aspectos técnicos de línea de producción de bolos

Considerando la inexistencia de la línea de producción de bolos en LÁCTEOS LOS ILINIZAS, el análisis técnico incluye no solo una revisión del estado actual de la planta para poder optimizar el espacio físico, sino también una propuesta inicial del proceso productivo basado en análisis documental. El diseño de este implica caracterización del producto, formulación, identificar y definir las etapas necesarias para la elaboración de bolos, seleccionar el equipo adecuado, establecer los flujos de trabajo, y considerar los recursos humanos y materiales. Con el fin de visualizar técnicamente la posibilidad del proyecto, identificar los requerimientos de espacio, maquinaria y personal, evaluar los tiempos de producción y cuellos de botella potenciales y establecer las condiciones operativas iniciales para el desarrollo del siguiente objetivo relacionado a la simulación digital, permitiendo así construir una base realista sobre la cual desarrollar y simular la futura línea de producción.

4.1.2. Caracterización del producto

Una caracterización técnica completa del producto es el primer paso en la planificación de operaciones, pues permite adaptar los recursos productivos a las características físicas, químicas y logísticas del producto a fabricar. El producto objeto de estudio corresponde a bolos a base de agua o también conocidos como refrescos

en bolsa. Este alimento se elaboraría con sabores artificiales de frutas, que en este caso son específicamente fresa, naranja y uva, pues han sido seleccionados por su alta aceptación entre el público infantil y juvenil según el estudio de mercado realizado por la Licenciada en Administración de Empresas Doris Yáñez. Las tres presentaciones estarían diferenciadas visualmente por los colorantes artificiales.

Todo lo relacionado con el envase, etiquetado y presentación de productos alimenticios en materiales plásticos está regulado bajo un marco normativo de las Normas Técnicas Ecuatorianas (INEN). Las entidades que regulan su cumplimiento son el Ministerio de Producción, Comercio Exterior, Inversiones y Pesca (MIPRO) como la Agencia Nacional de Regulación, Control y Vigilancia Sanitaria (ARCSA). En la Figura 9, se observa un prototipo de presentación para este nuevo producto.



Figura 9. Prototipo de presentación de envase de bolo

El prototipo de envase primario del refresco (Figura 9) destaca su envase plástico, detallando aspectos importantes como el nombre de la empresa, tipo de producto, sabor, contenido en mililitros, información nutricional, información del fabricante y una advertencia en cuanto al contenido del producto. Esta información resulta esencial tanto para el consumidor como para la protección de la salud pública, cumpliendo con lo dispuesto en la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1334-1:2011, Parte 1, Sección 5 "Requisitos – 5.1 Requisitos obligatorios", que establece las directrices mínimas que deben reflejarse en el etiquetado de productos alimenticios en este tipo de envases.

En cuanto al envase más adecuado para este producto es el "vinilo (Cloruro de polivinilo o PVC). Envases transparentes, semidelgados, con asa y una línea a lo largo y fondo del envase: de shampoo, agua purificada, etc" (Servicio Ecuatoriano de Normalización (INEN), 2014, pág. 3). Esto según la tabla de clasificación de identificación de plásticos del Reglamento Técnico Ecuatoriano (RTE) INEN 100 "MATERIALES Y ARTÍCULOS PLÁSTICOS DESTINADOS A ESTAR EN CONTACTO CON LOS

ALIMENTOS”, sección 4 “Identificación de Plásticos”, misma que se adapta a la naturaleza y tipo de producto.

Entonces, la presentación del producto propuesto, se establece el envasado de los bolos en fundas PVC con una capacidad de 85 ml, mismas que se agruparían en empaques del mismo material de mayor tamaño que contendrían 24 unidades, ya sea de un único sabor o surtidos. Esta alternativa representa una mejora significativa frente a las tradicionales fundas plásticas, pues ofrece mayor resistencia a la ruptura durante las etapas de manipulación dentro del proceso de envasado y empaquetado. Además, este material presenta propiedades de barrera que contribuyen a preservar las características organolépticas del producto, como sabor y textura, al mismo tiempo que mantiene los estándares de higiene, alineándose con los requerimientos actuales de seguridad alimentaria y normativas sanitarias vigentes en Ecuador. Todas estas características refuerzan la inocuidad y garantizan un sellado confiable en procesos de envasado, almacenamiento y distribución, siendo ideal para industrias enfocadas o relacionadas a envasadoras y embotelladoras (YPSIS, s.f.).

Desde una perspectiva técnica, un aspecto muy relevante del producto es la calidad del agua utilizada, dado que esta constituye el principal insumo del producto. Garantizar un agua libre de contaminantes y con parámetros fisicoquímicos adecuados no solo asegura la inocuidad del alimento como cumplimiento obligatorio de normas sanitarias, sino también prolonga su vida útil, mejora las características sensoriales y disminuye riesgos microbiológicos que podrían afectar al producto final. Por ello, el tratamiento del agua es primordial para que cumpla con normativas sanitarias y mantenga estrictos controles de calidad durante toda la producción. Los bolos son productos con una base líquida azucarada, sin contenido lácteo, lo que permite una conservación más simple y mayor vida útil, especialmente en condiciones donde el control de temperatura puede no ser constante. Al tratarse de una fórmula sin leche, se reduce también el riesgo de intolerancia a la lactosa, ampliando la demanda de este.

4.1.3. Formulación del producto

La formulación define porciones e ingredientes necesarios para la elaboración del producto, lo que es fundamental para el modelado y posterior simulación, hay que resaltar que la elección del análisis documental como método principal para definir

la formulación del producto y otros parámetros técnicos se justifica por la limitante que representa acceder a información técnica directa en empresas del sector, pues las formulaciones y procesos específicos suelen considerarse estratégicos y confidenciales de cada empresa, que difícilmente se comparten. Por tal motivo, recurrir a fuentes académicas y científicas permitió obtener datos verificables y detallados sin comprometer la integridad de la investigación, ni de la empresa en estudio. Entonces, para establecer una base técnica confiable, se realizó un análisis de diversas fuentes académicas relacionadas con procesos de producción de este producto, con la finalidad de identificar ingredientes comunes, procesos utilizados y, sobre todo, proporciones y metodologías aplicadas en formulaciones afines.

Como resultado del análisis documental, se seleccionaron cuatro fuentes relevantes, mismas que fueron comparadas con el contenido de la tabla del Anexo 3, donde la fuente titulada "Elaboración de una bebida saborizada con base en agua y sabores artificiales" cumplió con los criterios necesarios para fundamentar la formulación, dado que incluye información técnica detallada, como proporciones de ingredientes, metodología de preparación detallada e incluso análisis microbiológicos, evaluación sensorial y otras del producto final. A partir de esta referencia, se estructuró la propuesta de formulación para elaborar el jarabe que se detalla en la Tabla 3.

Tabla 3. Formulación para 1 litro de jarabe para bolos a base de agua

N°	Ingrediente	Cantidad
1	Agua	1 litro
2	Azúcar	116.32 gr
3	Ácido cítrico	5 gr
4	Sorbato de potasio	0.67 gr
5	Citrato de sodio (conservante)	0.67gr
6	Colorante natural o artificial	0.11 ml
7	Saborizante (Cualquier sabor)	0.11 ml

En la Tabla 3 se detalla las porciones necesarias para formular 1 litro de jarabe. Si bien se muestra una formulación estandarizada, misma que puede variar mínimamente en colorante y saborizante debido a la potencia de los mismo en función de las marcas.

Ahora, en la Tabla 4, se detalla la porción de jarabe que se requiere por cantidad de refresco.

Tabla 4. Porción de jarabe por litro de refresco.

Cantidad Jarabe	Cantidad de Agua	Cantidad de refresco
1.95 litros	1 litro	2.95 litros

La Tabla 4 especifica que por cada litro de agua es necesario 1.95 litros de jarabe, obteniendo así 2.95 litros de refresco. La elaboración del producto con una fase previa de jarabe se justifica desde una perspectiva técnica y funcional, pues permite una disolución más uniforme y eficaz de ingredientes y mejora el control de calidad verificando las características sensoriales y fisicoquímicas del concentrado antes de ser homogenizada con el agua.

A continuación, se presenta la Tabla 5 que describe la cantidad y costo de insumos y materia prima necesarios para la elaboración de este producto.

Tabla 5. Cantidad de insumos y costos

Nº	Ingrediente	Cantidad diaria		Costo diario (\$)	Cantidad mensual		Costo mensual (\$)
1	Agua Jarabe	175.30	litros	0.20	3506.03	litros	4.62
2	Agua mezcla final	89.90	litros	0.06	1797.97	litros	1.29
3	Azúcar	20391.09	gr	20.60	407821.86	gr	411.90
4	Ácido cítrico	876.51	gr	5.26	17530.17	gr	105.18
5	Sorbato de potasio	117.45	gr	1.76	2349.04	gr	35.24
6	Citrato de sodio (conservante)	117.45	gr	0.68	2349.04	gr	13.51
7	Colorante natural o artificial	19.28	ml	0.60	385.66	ml	12.02
8	Saborizante (Cualquier sabor)	19.28	ml	1.19	385.66	ml	23.73
Total				30.34			607.49

La Tabla 5 detalla que para realizar una parada de diaria de refrescos en bolsa son necesarios 175.30litroy 89.90litrode agua para las proporciones de jarabe y mezcla final, 20391.09 gr, 876. 51 gr, 117.45 gr, 117.45 gr, 19.20 ml 19.28 ml de ácido cítrico, sorbato de potasio, citrato de sodio, colorante y saborizante respectivamente, sumando así un costo diario de \$30.34. Con base al estudio de mercado la demanda proyectada se puede y con el modelo de simulación que se detalla en el siguiente objetivo, se planifica horarios de trabajo de 9 horas diarias, 5 días a la semana, es decir que mensualmente se laboran 20 días lo que representaría un costo de \$607.49 en cuanto a insumos y materia prima necesarios.

Los costos representados en la Tabla 5 son referenciales, basados en precios de proveedores que ofrecen estos productos y el agua al Pliego Tarifario Referencial del servicio de agua potable y saneamiento 2024 de la Empresa Pública Metropolitana de Agua Potable y Saneamiento Quito (Anexo 20), considerando la categoría de tipo No Residencial, cargo fijo y el costo variable.

4.1.4. Diseño del proceso productivo

En esta sección se procede a realizar la propuesta de diseño del proceso productivo para una nueva línea de bolos, estudiando a detalle el proceso, definiendo el conjunto de actividades necesarias dentro del sistema y las relaciones entre sí, con la finalidad de proponer la mejor alternativa para esta nueva línea de producción.

4.1.5. Estudio del proceso productivo

El proceso general para la futura elaboración de bolos en LÁCTEOS LOS ILINIZAS se compone de diversas actividades, todas ellas igual de importantes y necesarias. En este punto, se estructuran dos tipos de diagramas de flujo la Figura 10 detalla el diagrama de procesos para la elaboración del producto de una forma más general.

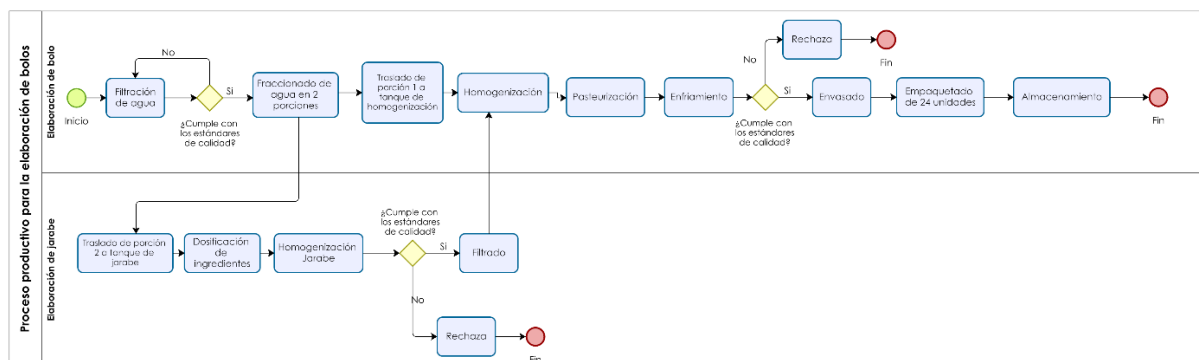


Figura 10. Diagrama de Flujo de procesos para elaboración de bolos.

La Figura 10 muestra el diagrama del proceso productivo para la elaboración de bolos en LÁCTEOS LOS ILINIZAS, en este se diferencian de forma clara dos áreas: la elaboración de la base y la elaboración del jarabe. El proceso inicia con la filtración del agua, etapa en la que se verifica la inocuidad del agua. Si no se cumple esta condición se filtra nuevamente la materia prima; caso contrario, el agua se fracciona en dos porciones. La porción 1 se traslada al tanque de homogenización general de la línea y la porción 2 se utiliza para elaborar el jarabe, donde se realiza la dosificación de ingredientes, seguida de la homogenización, un control de calidad donde si las condiciones no se cumplen se rechaza el jarabe, caso contrario pasa un filtrado, antes de incorporarlo a la línea principal, para que el agua fraccionada se mezcle

con el jarabe en la etapa de homogenización, y luego pasa por el proceso térmico de pasteurización. Posteriormente, la mezcla es sometida a un enfriamiento, para así poder ejecutar un control de calidad para verificar que el producto pasteurizado cumpla con los requisitos de calidad. En caso de no cumplirlos, se rechaza; si los cumple, continúa hacia el envasado individual, el empaquetado en grupos de 24 unidades, y finalmente se destina al almacenamiento. Este diagrama refleja un proceso sistemático y regulado, que incorpora puntos de verificación de calidad claves que avalan un producto final inocuo y apto para el consumo.

El cursograma analítico representado en la Figura 11, puntualiza de forma más específica los procesos para la elaboración de bolos.

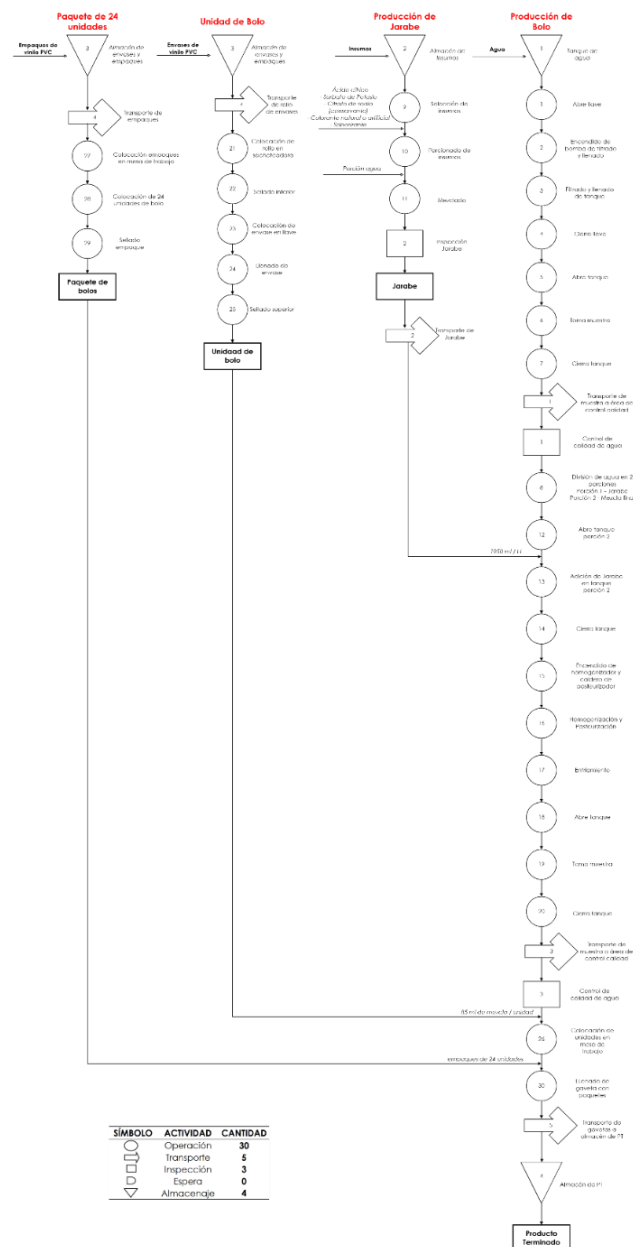


Figura 11. Diagrama de flujo de procesos - Cursograma analítico de bolos

En el cursograma analítico (Figura 11) se muestra la representación gráfica a detalle de las operaciones que integrarían la línea de producción de bolos, actualmente inexistente en la planta. Este diagrama fue construido a partir del análisis documental y entrevista, está constituido por fases primordiales que luego se unen en la producción del bolo. Este diagrama describe 30 operaciones, 5 transportes, 3 inspecciones y 4 almacenes.

4.1.5.1. Producción de Jarabe

Etapa clave en la que se integran todos los insumos para la elaboración del producto. La adopción por formar por separado el jarabe se basa en una recomendación técnica por parte de la persona entrevistada, además que también es adoptado en la fuente seleccionada para formulación, en general es una práctica común en la industria, donde la elaboración previa del jarabe permite un mejor control de las propiedades fisicoquímicas y fácil integración con el agua purificada.

4.1.5.2. Producción del bolo

Implica la combinación del jarabe con agua, seguido por etapas de control de calidad, homogeneización, llenado, sellado y almacenamiento. Las operaciones fueron establecidas de manera secuencial y lógica, con el objetivo de garantizar la calidad del producto y asegurar una continuidad fluida en la producción.

4.1.5.3. Unidad de bolo y paquete de 24 unidades

Estas etapas finales, contemplan los procesos vinculados al envasado individual y empaque agrupado en paquetes de 24 unidades, que luego se conectan respectivamente en el diagrama para dar continuidad con operaciones de transporte y almacenamiento de producto terminado.

4.1.6. Relación entre áreas involucradas

Una vez estudiado el proceso productivo, con el objetivo de lograr un flujo conjunto adecuado, también deben incluirse otras actividades, áreas de trabajo, departamentos, entre otros.

A partir de las actividades ya estudiadas, surgen las siguientes áreas para el correcto flujo del sistema:

- Almacén de insumos: comprende el área donde se almacenaría el azúcar, saborizantes, colorantes, ácido cítrico y demás aditivos.

- Almacén de envases y empaques: comprende el área para almacenar rollos de envases y empaques.
- Almacén de producto terminado: área destinada almacenar los paquetes de refresco.
- Área de producción: Área que comprende el orden sistemático de máquinas necesarias para producción de bolo.
- Sanitarios y vestidores: área destinada a necesidades fisiológicas y vestidores (cambio de uniforme)
- Cafetería: Área para que empleados tomen descansos y alimentación
- Oficina: Espacio administrativo
- Caldera a vapor: Área de bomba de vapor (Caldero).
- Tanques de agua: Área destinada almacenar agua que garantice un suministro constante y confiable para las operaciones del caldero
- Área de despacho: Área destinada a la movilización de producto terminado hacia distribuidor.
- Área de producción de queso fresco: Área constituida por máquinas y almacenes para producción de queso fresco

Cada departamento, oficina e instalación debe situarse de manera apropiada en relación con las demás y se utilizarán una serie de técnicas que ayudaran a establecer la ubicación óptima de todo aquello que requiere espacio.

Las técnicas que se utilizarán para establecer la relación entre todas estas áreas son:

- Diagrama de la relación de actividades y/o áreas
- Hoja de trabajo
- Diagrama adimensional de bloques
- Análisis de flujo

Estas técnicas que se estudiarán son obligatoriamente secuenciales y ayudaran a situar cada departamento, oficina o área de servicio en la ubicación apropiada considerando que entre éstas hay algunas que ya existen y reubicarlas representaría un costo elevado.

4.1.7. Diagrama de relación de áreas

La Figura 12 muestra el diagrama de relación entre áreas de la línea de producción de bolos y las existentes en la planta.

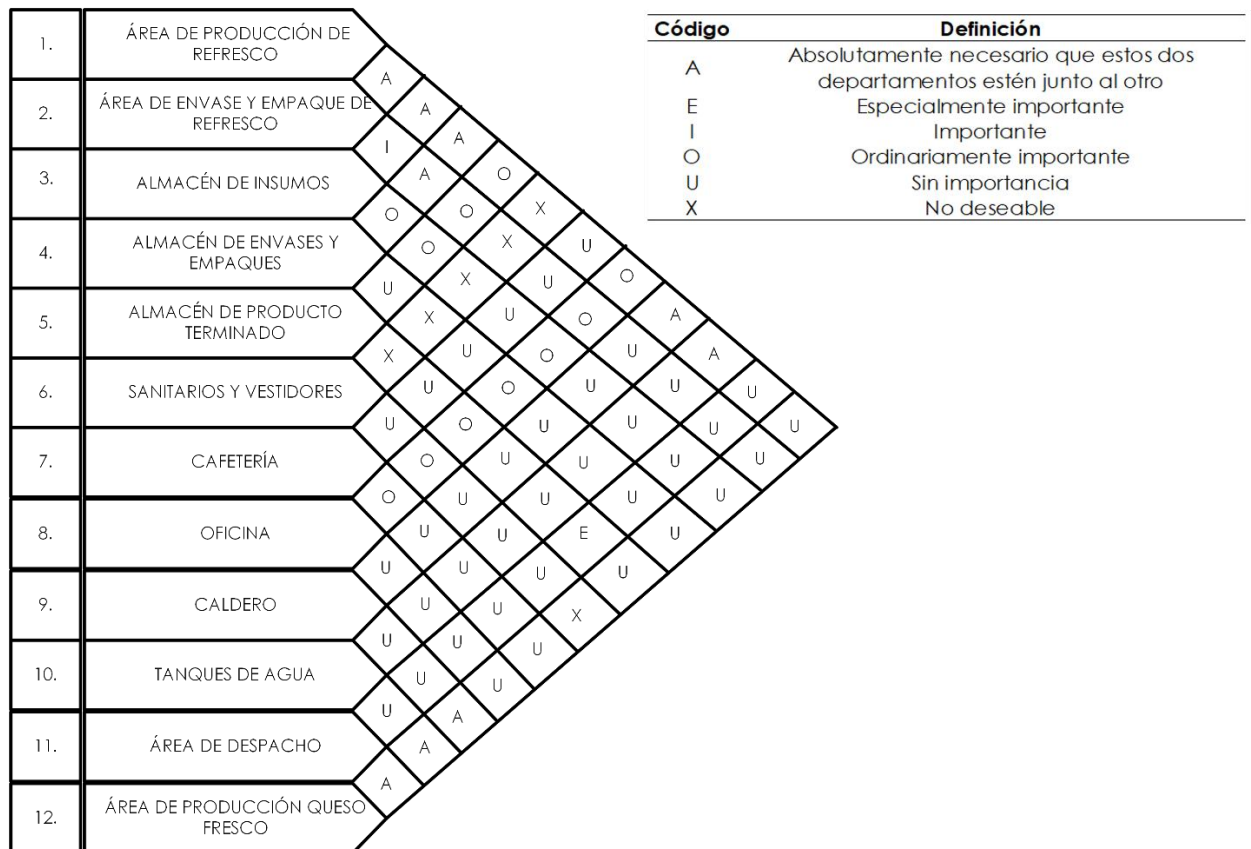


Figura 12. Diagrama de relación de áreas

En la Figura 12, se observa que las áreas con absoluta necesidad de ubicación una al lado de la otra, son aquellas que se vinculan principalmente con el área de producción del refresco (almacenes de insumos y envases y empaques) ya que influyen en la mismo, caso opuesto al almacén de PT que ya no es relevante que cerca a estas sino más bien a la salida de la planta para que en el momento del despacho la ruta sea corta y no infiera en otras áreas como la línea de producción de queso fresco.

4.1.8. Hoja de Trabajo

Teniendo el diagrama de relación de actividades, se desarrolla la hoja de trabajo (Tabla 6), como un resumen para poder elaborar el diagrama adimensional de bloques. (Figura 13)

Tabla 6. Hoja de trabajo

Actividades	A	E	I	O	U	X
1. Área de producción refresco	2, 3, 4, 9, 10			5, 8	7, 11, 12	6
2. Área de envase y empaque	1, 4		3	5, 8	7, 9, 10, 11, 12	6

Actividades	A	E	I	O	U	X
3. Almacén de Insumos	1		2	4, 5, 8	7, 9, 10, 11, 12	6
4. Almacén de envases y empaques	1, 2			3, 8	5, 7, 9, 10, 11, 12	6
5. Almacén de producto terminado bolo		11		1, 2, 3, 8	4, 7, 9, 10, 12	6
6. Sanitarios y vestidores				8	7, 9, 10, 11	1, 2, 3, 4, 5, 12
7. Cafetería				8	1, 2, 3, 4, 5, 6, 9, 10, 11, 12	
8. Oficina				1, 2, 3, 4, 5, 6, 7	9, 10, 11, 12	
9. Caldero	1, 12				2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 10, 11	
10. Tanques de agua	1, 12				2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 11	
11. Área de despacho	12	5			1, 2, 3, 4, 6, 7, 8, 9, 10	
12. Área de producción de queso fresco	9, 10, 11				1, 2, 3, 4, 5, 7, 8	6

4.1.9. Diagrama adimensional de bloques

Una vez establecida la hoja de trabajo, se procede con la elaboración del diagrama adimensional de bloques, mismo en el que se plantea el primer intento de distribución para un correcto flujo dentro del proceso productivo para este nuevo producto. Este es resultado del diagrama de relación de actividades y de la hoja de trabajo.

Esta distribución adimensional mostrada en la Figura 13, junto con la determinación que requiere la nueva línea de producción (máquinas, espacio de trabajo), será la base en un futuro para asignar espacios a cada área.

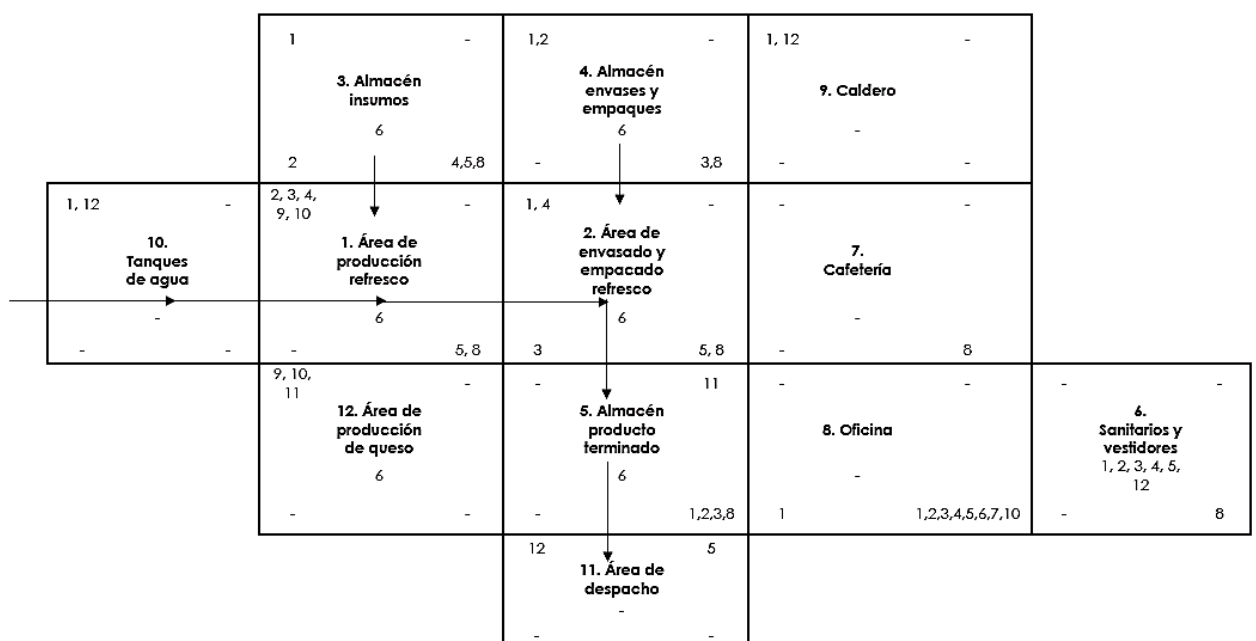


Figura 13. Diagrama adimensional de bloques

4.1.10. Análisis de flujo

La Figura 13 presenta de forma adimensional bloques por áreas existentes y las proyectadas para la nueva línea de producción, mismo que permite visualizar la distribución funcional de las áreas productivas y de apoyo. Este diagrama muestra la relación espacial entre zonas clave como de producción de refrescos (1), área de envasado y empaçado de refresco (2), y almacén de producto terminado (5), las cuales están directamente relacionadas al proceso de elaboración de bolos. La ubicación de los bloques es secuencial debido al flujo de materiales desde el almacén de insumos (3), pasando por las áreas de producción y envasado, hasta llegar al almacén de producto terminado y el área de despacho (11). Esta propuesta adimensional de distribución sugiere una posible adaptación del *layout* redistribuido mediante metodología SLP. El diagrama proyecta en cierto punto como en la posible implementación, la línea de producción no genera interferencias con las actividades existentes, especialmente con la línea de queso fresco (12). De forma general, el diagrama sirve como base para analizar la viabilidad y planificar una reorganización eficiente del espacio físico de la planta

4.1.11. Instalaciones de producción y materiales propuestos

Para la implementación de la línea de producción de bolos en la planta de LÁCTEOS LOS ILINIZAS, Se requiere una planificación adecuada de las instalaciones físicas y la selección de materiales específicos que garanticen la eficiencia del proceso productivo. Las instalaciones deben adecuarse a las condiciones sanitarias y técnicas que exige la producción de alimentos, por lo que es fundamental considerar espacios claramente definidos para cada etapa del proceso. La capacidad de las diferentes máquinas se hace basada en la demanda determinada según el estudio de mercado previo, que se presenta a detalle más adelante.

A continuación, de la Figura 14 a Figura 17 se presentan las máquinas necesarias para la línea de producción.

4.1.11.1. Filtrado por resina, carbón y sedimentos

Dentro del apartado de caracterización del producto se menciona a la calidad de agua como un punto muy importante para la elaboración de este producto, por el cual se toma de referencia el análisis documental de las fuentes donde enfatizan en

distintos sistemas de filtrado, pero el más adecuado es el referenciado a continuación en la Figura 14.



Figura 14. Filtro de resina, carbón y sedimentos

La Figura 14 muestra el equipo destinado a la purificación del agua utilizada en el proceso. Elimina impurezas físicas, olores, sabores y compuestos orgánicos al estar compuesta por estas tres estaciones de filtración; resina, carbón y sedimentos, garantizando así la pureza del agua para la elaboración de bolos. Para la línea de producción son necesarios dos filtros de esta índole.

4.1.11.2. Filtro sanitario tipo en línea

Seguidamente se muestra la Figura 15, correspondiente al filtro sanitario de tipo en línea.



Figura 15. Filtro sanitario

La Figura 15 antes presentada muestra el filtro sanitario en línea que es fabricado en acero inoxidable de grado alimenticio, generalmente tipo 304 o 316, lo que le otorga alta resistencia a la corrosión y fácil limpieza, con una malla interna reemplazable de entre 100 y 250 micras, dependiendo del nivel de filtración requerido. Este filtro cumple la función específica de eliminar residuos finos o partículas no disueltas que puedan

quedar tras la preparación del jarabe, garantizando así una mezcla homogénea antes de ser trasladada al tanque agitador y pasteurizador (Figura 17), asegurando la calidad del producto final. La ubicación recomendada es después del tanque agitador (Figura 16) dedicada a elaboración de jarabe.

4.1.11.3. Tanque agitador

La Figura 16, que ilustra el tanque agitador, se presenta a continuación.



Figura 16. Tanque agitador

La Figura 16 precedente muestra el tanque con capacidad de 200L con sistema mecánico de agitación que permite mezclar homogéneamente los ingredientes líquidos y sólidos para la formación del jarabe que luego será trasladado a siguiente tanque (Figura 17). La capacidad se limita a estos litros porque para la formación del jarabe se requiere menos cantidad de agua.

4.1.11.4. Tanque agitador y pasteurizador

A continuación, se expone la Figura 17, que representa el tanque para homogenización y pasteurización.



Figura 17. Tanque para homogenización y pasteurización

La Figura 17 refleja el sistema de homogenización para el jarabe y agua, adicional la misma máquina cuenta con un sistema térmico que somete la mezcla a temperaturas controladas para eliminar microorganismos patógenos, asegurando inocuidad sin alterar las propiedades sensoriales del producto.

4.1.11.5. Máquina de envasado y sellado

Se muestra a continuación la Figura 18, la cual corresponde a la máquina de envasado y sellado, también conocida como sacheteadora.



Figura 18. Máquina de envasado y sellado

La Figura 18 representa el equipo automático que dosifica la mezcla pasteurizada en los envases y realiza el sellado térmico, garantizando hermeticidad y facilitando su conservación y distribución.

La siguiente figura (Figura 19) corresponde a la mesa de trabajo de acero inoxidable.



Figura 19. Mesa de trabajo de acero inoxidable

La Figura 19 presenta la mesa de trabajo robusta y de uso alimenticio, fabricada con materiales que garanticen higiene, resistencia y durabilidad. Según las especificaciones técnicas detalladas por WL Equipos Gastronómicos, la mesa está construida en acero inoxidable tipo 430°. Las patas están elaboradas en tubo redondo de 1½ pulgadas en acero inoxidable 304 quirúrgico, que representa una estructura sólida y estable, además de garantiza una limpieza fácil y el cumplimiento

de normas sanitarias. Las dimensiones de la mesa son 1,10 metros de largo, 55 centímetros de ancho y 85 centímetros de alto, que garantiza una superficie ergonómica y funcional para el empaquetado manual de las bolsas de 24 unidades, permitiendo un flujo de trabajo ordenado y eficiente dentro del área asignada.

4.1.11.6. Selladora

Seguidamente se muestra la Figura 20, correspondiente a la selladora.



Figura 20. Selladora

La Figura 20 indica la máquina que puede proyectarse para el uso en la línea, se destinada para el cierre hermético a través de calor y presión de las bolsas que contendrán las 24 unidades de bolos. Su función principal es proteger el producto final de factores externos como la humedad, el aire, la suciedad y los microorganismos.

4.1.11.7. Grifo de agua

La Figura 21, que ilustra el grifo de agua, se presenta a continuación.



Figura 21. Grifo de agua

La Figura 21 demuestra el grifo de agua que debe estar fabricado en acero inoxidable AISI 304 o 316, resistentes a la corrosión. Instalado en puntos de fácil acceso, cerca de los tanques de homogenización y pasteurización. El grifo de agua instalado en la zona de producción debe cumplir con estándares de grado alimenticio, y estar ubicado estratégicamente para facilitar el suministro de agua potable en distintas etapas del proceso, como el lavado de equipos, la preparación de la mezcla de bolos o la limpieza de utensilios.

4.1.11.8. Tuberías de acero inoxidable

A continuación, se expone la Figura 22, que representa las tuberías de acero inoxidable.



Figura 22. Tuberías de acero inoxidable

La Figura 22, presenta las tuberías de acero inoxidable AISI 304 o 316 recomendado según normativa por su resistencia a la oxidación, facilidad de limpieza y durabilidad, ideal para la línea de producción de refresco como conexión entre máquinas. Un diámetro recomendado de entre 1" y 2" para esta línea que se clasifica de pequeño volumen. Las tuberías son un componente importante del diseño técnico de la línea, porque permiten transportar agua y mezclas líquidas de manera higiénica y eficiente entre estaciones del proceso.

4.1.11.9. Implementos de análisis de calidad de agua

Estos implementos garantizan la calidad del agua y por ende del producto de principio a fin en el proceso.

- **pH-metro**

Se muestra a continuación la Figura 23, la cual corresponde al pH-metro.



Figura 23. pH-metro

Para verificar que el pH esté entre el rango establecido de entre 6.5 y 8.5.

- **Tiras reactivas o kits multiparámetro**

La siguiente figura (Figura 24) corresponde a las tiras reactivas o kits multiparámetros.



Figura 24. Tiras reactivas o kits multiparámetro

Para evaluar parámetros del agua como libre de cloro, dureza, nitratos, nitritos, hierro, etc.

- **Termómetro**

Seguidamente se muestra la Figura 25, correspondiente al termómetro.



Figura 25. Termómetro

Para el control de temperatura de agua y mezcla en tiempo real.

4.1.11.10. Equipos para movilización de materiales

Algo primordial dentro de las herramientas de apoyo a la línea de producción de bolos son los equipos de movilización, pues reducen el esfuerzo físico y número de actividades del operario.

- **Transportador**

La Figura 26, que ilustra el transportador, se presenta a continuación.



Figura 26. Transportador

La Figura 26 muestra el transportador de acero inoxidable o acero galvanizado con rodillos metálicos de baja fricción con altura ajustable para que pueda adaptarse ergonómicamente al operario, adecuados para transportar un conjunto de gavetas hacia el almacén mediante el empuje del operario, representando un movimiento con bajo esfuerzo.

- **Gavetas plásticas**

A continuación, se expone la Figura 27, que representa la gaveta plástica.



Figura 27. Gaveta plástica

La Figura 27 indica el tipo de gaveta plástica para ser utilizados como contenedores reutilizables donde se consolidan los paquetes de refrescos antes de ser

transportados. Las razones de selección son: tolerable al apilamiento y son fáciles de lavar y desinfectar. En cuanto al material, es de plástico resistente y apto para el contacto con productos empacado, dimensiones estándar de 32 x 40 x 60 centímetros.

4.1.12. Aspectos técnicos de máquina

Para establecer una línea de producción eficiente de bolos a base de agua, es esencial contar con equipos adecuados que permitan llevar a cabo cada etapa del proceso de manera óptima. A continuación, se presenta la Tabla 7 con los aspectos técnicos principales de los equipos que conforman la línea de producción diseñada para LÁCTEOS LOS ILINIZAS (Figura 28).

Esta información permite conocer las características físicas, operativas y funcionales de cada máquina o componente, lo cual resulta fundamental para el dimensionamiento adecuado del espacio físico, la planificación del consumo energético y la integración eficiente del proceso productivo. Los datos han sido recopilados considerando referencias técnicas de fabricantes, especificaciones comerciales y criterios de uso en líneas semiindustriales del sector alimentario.

Tabla 7. Aspectos técnicos de equipo para línea de producción

Nombre del Equipo	Cantidad	Función	Capacidad de producción	Dimensiones físicas	Material	Consumo energético	Tipo de operación	Referencia de proveedor/ modelo	Costo
1 Filtro de lecho profundo 9"x 48" con válvula semiautomática	1		24 litros/min	25 cm diámetro x 0.80 cm alto	Acero inoxidable	No aplica	Semiautomático	Runxin	
1 Filtro de carbón activado 9"x 48" con válvula semiautomática	1	Purificación de agua	24 litros/min	25 cm diámetro x 0.80 cm alto	Acero inoxidable	No aplica	Semiautomático	Runxin	\$670
1 Filtro suavizador de agua 9"x 48" con válvula semiautomática	1		24 litros/min	25 cm diámetro x 0.80 cm alto	Acero inoxidable	No aplica	Semiautomático	Runxin	
Filtro sanitario tipo en línea	1	Retener partículas sólidas, grumos o residuos de ingredientes que no se disolvieron completamente	Soporta un caudal promedio de 2 a 5 m³/h (2000 a 5000 litros por hora)	2" malla(MESH) 1 mm, 3A EPDM SS316L	Acero inoxidable	No aplica	Semiautomático	Repuestos Industriales EC	\$152.25
Tanque agitador	1	Homogenización de insumos para jarabe	200 litros	100 cm altura x 60 cm diámetro	Acero inoxidable AISI 304	1.5 kWh	Automática con panel de control	Repuestos Industriales EC	\$798
Tanque agitador y pasteurizador	1	Homogenizar y pasteurizar mezcla	300 litros	120 cm altura x 70 cm diámetro	Acero inoxidable AISI 304/316	3.5 kW/h (motor agitador) y consumo de combustible por bomba de vapor - Caldero	Automática con control de temperatura	Repuestos Industriales EC	\$1590

Nombre del Equipo	Cantidad	Función	Capacidad de producción	Dimensiones físicas	Material	Consumo energético	Tipo de operación	Referencia de proveedor/ modelo	Costo
Máquina de envasado y sellado	1	Llenar y sellar las unidades de refresco	Hasta 600 bolos/hora	70x80x165cm	Acero inoxidable + polietileno	~2 kW	Semiautomática	RDN Pack – MEV20	\$3105
Mesa de trabajo	1	Proporcionar una superficie estable y adecuada para realizar tareas	-	85 x 55 x 112 cm	Acero inoxidable	No aplica	-	WL Equipos Gastronómicos	\$ 140
Grifo agua	1	Control de paso de agua	-	9,6 x 2,9 x 9,6 cm	Acero inoxidable	No aplica	Manual	Kywi	\$16. 54
Selladora de bolsas	1	Sellado hermético de bolsas	-	20x 3 x 20 cm	Acero inoxidable	110 voltios	Manual	Nitron	\$28
Tuberías de acero inoxidable		Conducción de agua y mezcla entre máquinas	-	1.5 m longitud - 2" diámetro	Acero inoxidable 316L	No aplica	Manual	Boyacá	\$8,99
pH - metro	1	Medir pH de agua y mezcla	0-14 pH	20x5x3 cm	Plástico/metal	Batería	Digital/manual	Hanna HI98107	\$50.02
Tiras reactivas	1	Medir cloro	Hasta 100 pruebas	5x0.5 cm	Papel reactivo	No aplica	Manual	La Casa del esparadrapo	\$24.80
Termómetro	1	Medir temperatura de mezcla	0°C a 150°C	25x5 cm	Vidrio/plástico	No aplica	Digital/manual	La Casa del esparadrapo	\$8.08
Transportador	1	Trasladar gavetas con PT a almacén	5 gavetas	1x55x90cm	Acero con rodillos	No aplica	Manual	Cerosur	\$ 252.85
Gavetas plásticas	6	Consolidar conjunto de empaques de 24	8 paquetes de 24 unidades	32 x 40 x 60 cm	Plástico alimentario	No aplica	Manual	Kywi	\$13.59 c/u

Nombre del Equipo	Cantidad	Función	Capacidad de producción	Dimensiones físicas	Material	Consumo energético	Tipo de operación	Referencia de proveedor/ modelo	Costo
		unidades de bolo							

En la Tabla 7 se detallan los equipos requeridos para la línea de producción de bolos, especificando aspectos técnicos y económicos relevantes. Se incluyen desde el equipo necesario para la línea, elementos de control como tiras reactivas y termómetros, equipos de apoyo en el traslado de productos como el transportador, y materiales complementarios como gavetas plásticas. Cada equipo está descrito en función de su cantidad, utilidad, capacidad de producción, dimensiones físicas, material de fabricación y tipo de operación, además de indicar el proveedor de referencia y el costo correspondiente. Esta información permite visualizar de manera organizada los recursos necesarios para garantizar el correcto funcionamiento de la línea, así como estimar los gastos asociados a su adquisición.

4.1.12.1. Costos de línea de producción de bolos

La Tabla 8 detalla los costos asociados a la adquisición de máquinas para la línea de producción de bolos.

Tabla 8. Costo por máquinas

Nombre del Equipo	Costo (\$)
Sistema de filtrado	\$670.00
Filtro sanitario tipo en línea	\$152.25
Tanque agitador	\$798.00
Tanque agitador y pasteurizador	\$1,590.00
Máquina de envasado y sellado	\$3,105.00
Mesa de trabajo	\$140.00
Grifo agua	\$16.54
Selladora	\$28.00
Tuberías de acero inoxidable	\$62.93
Total	\$6,546.18

La Tabla 8 muestra los equipos principales necesarios para implementar la línea de producción de bolos en la planta de LÁCTEOS LOS ILINIZAS. El costo total asciende a \$6,546.18, que incluye el sistema de filtrado, filtro sanitario, tanque de agitación, un tanque combinando funciones de agitación y pasteurización, además de una máquina de envasado y sellado. También se considera la infraestructura mínima como el grifo de agua y las tuberías de acero inoxidable. El equipo más costoso es el tanque agitador y pasteurizador, con un valor de \$1,590, pues este representa el proceso térmico de elaboración.

La Tabla 9, muestra los costos vinculados con los implementos necesarios para garantizar la inocuidad de la materia prima.

Tabla 9. Costo de implementos de control de calidad de agua

Nombre del Equipo	Cantidad	Costo (\$)
pH - metro	1	\$50.02
Tiras reactivas	1	\$24.80
Termómetro	1	\$8.08
Total		\$82.90

La Tabla 9 define los costos relacionados a los implementos necesarios para ejecutar el control de calidad del agua, insumo vital en la fabricación de bolos. El total asciende a \$82.90, contemplando la adquisición de un pH-metro, tiras reactivas y un termómetro. Estos instrumentos permitirán verificar parámetros básicos pero esenciales como la acidez y temperatura del agua, asegurando que esta cumpla

con los requisitos técnicos y sanitarios exigidos para el proceso productivo de este producto.

La tabla 10, especifica los costos del equipo que se requiere para el traslado del producto final.

Tabla 10. Costo por equipo de movilización de producto

Nombre del Equipo	Cantidad	Costo (\$)
Transportador	1	\$140.00
Gavetas plásticas	6	\$81.54
Total		\$221.54

La Tabla 10 muestra los costos del equipo necesario para la movilización del producto, hasta el almacén o cuando este sea despachado. El total es de \$221.54 e incluye un transportador y seis gavetas plásticas, que facilitarán la manipulación eficiente y ordenada del producto en las distintas etapas del proceso.

Finalmente, la tabla 11 de forma resumida puntualiza el costo por la línea de producción de bolos.

Tabla 11. Costo total por línea de producción de bolos

Detalle	Costo (\$)
Costo por máquinas	\$6,546.18
Costo por implementos de control de calidad	\$82.90
Costo por equipo de movilización de producto	\$221.54
Total	\$6,850.62

La Tabla 11 presenta de manera resumida el valor de inversión inicial por esta línea de producción que corresponde a \$6,850.62.

4.1.13. Línea de producción de bolos

Luego de realizar un análisis documental enfocado en procesos de producción de bolos, fichas técnicas de maquinaria utilizada en la industria alimentaria para productos similares se ha logrado establecer una propuesta preliminar de orden y selección de equipos para la línea de producción de bolos de la planta, permitiendo así una secuencia lógica, funcional del proceso productivo y toma en cuenta el factor clave como la calidad de la materia prima (agua). La Figura 28 ilustra el orden sugerido de los equipos que conformarán dicha línea.



Figura 28. Propuesta de línea de producción de bolos

En la Figura 28 se aprecia la propuesta para línea de producción, destacando un orden lógico y funcional, representando las máquinas seleccionadas en apartados siguientes para poder proyectar la línea lo más cercana a la realidad.

4.1.13.1. Espacio requerido para línea de producción

Como se plantea en la Figura 28 la línea de producción se estructura de forma lineal, por el cual el espacio necesario se verá dominado por el ancho de las máquinas y el espacio entre ellas;

$$\text{Ancho total} = \text{ancho de máquinas} + \text{espacio entre máquinas}$$

Teniendo claro esto, siguiendo esta lógica la Tabla 12 detalla el espacio que se requiere para la línea de producción del refresco en bolsa.

Tabla 12. Espacio necesario para máquinas de la línea de producción de bolos

Máquina	ancho (m)	largo (m)	alto (m)	Total Espacio (metros cuadrado)	Total Espacio (metros cúbicos)
Filtro	0.75	0.25	0.80	0.57	0.46
Tanque agitador	0.60	0.60	1.00	1.08	1.08
Tanque agitador y pasteurizador	0.70	0.70	1.20	1.47	1.76
Sacheteadora	0.70	0.80	1.65	1.68	2.77
Mesa de trabajo	0.55	0.85	1.12	1.40	1.57
Gaveta	0.4	0.6	0.32	0.72	0.23
Transportador	0.55	0.90	1.00	1.49	1.49

Máquina	ancho (m)	largo (m)	alto (m)	Total Espacio (metros cuadrado)	Total Espacio (metros cúbicos)
Total / Valor Max	4.25	0.90	1.65	8.41	9.36

La Tabla 12 organiza las dimensiones de cada equipo para el cálculo del total de espacio requerido en m² y en m³, así mismo en la última fila se presenta el total o valor máximo que predominaría en la dimensión total del espacio.

El espacio para considerar entre máquinas se estima que sería de 10cm (50 cm en toda la línea), pues de acuerdo con la naturaleza de la línea y máquinas no es necesario más espacio entre equipos, entonces siguiendo con la fórmula planteada anteriormente;

$$\text{Ancho total} = 4.25 \text{ m} + 0.50 \text{ m}$$

$$\text{Ancho total} = 4.75 \text{ m}$$

Mientras que el largo está dominado por la máquina que mayor medida tenga, que en este caso es el transportador con 0.90 m y la altura por la máquina sacheteadora con 1.65 m.

La Tabla 13 muestra de forma resumida el total de espacio necesario para la línea de producción de bolos.

Tabla 13. Espacio Total para línea de producción de bolos

Descripción	ancho (m)	largo (m)	alto (m)	Total Espacio (metros cuadrado)	Total Espacio (metros cúbicos)
Línea de producción de bolos	4.75	0.90	1.65	4.28	7.05
Espacio de trabajo	1.42	1.42	3.00	2.02	6.05
Total	6.17	2.32	4.65	6.29	13.10

Con base en lo detallado en la Tabla 13 es necesario un total de 6.17 m² de superficie plana y 13.10 m³ de volumen para la ubicación de la línea de producción en LÁCTEOS LOS ILINIZAS. Para determinar este espacio se adiciono el espacio de trabajo que según lo establecido por la NORMA TÉCNICA EN SEGURIDAD E HIGIENE DEL TRABAJO (Ministerio de Trabajo del Ecuador) en su TÍTULO III - DE LA SEGURIDAD EN EL TRABAJO, CAPÍTULO I - DE LOS RIESGOS LOCATIVOS en su Art. 32. Dimensiones de los locales de trabajo como cumplimiento a las condiciones ergonómicas, establece que se debe

asegurar un espacio libre mínimo de 2 m² por trabajador, así como un mínimo de 1 m de separación entre trabajadores, particularmente para trabajos en línea. Cada trabajador debe contar con un volumen mínimo de 6 m³ (Ministerio de Trabajo, 2024).

4.1.14. Capacidad de producción

Para poder desarrollar este apartado se analiza El estudio de mercado para LÁCTEOS LOS ILINIZAS (Anexo 7) bajo la autoría de la Licenciada en Administración de Empresas Doris Yáñez. Para lo cual se detallan los aspectos más relevantes del estudio y que contribuyen a esta investigación. El mercado objetivo de la empresa se enfoca en el Cantón Mejía, Pichincha donde se enfocan los principales clientes, del producto ya establecido el queso fresco, considerando esto como una estrategia de iniciar en el mercado con este nuevo producto. Dentro del estudio se ejecutaron encuestas a la muestra $n = 383$ personas valor establecido en función al total de habitantes del cantón Mejía en 2023 – 101894 habitantes, con un nivel de confianza del 95% y un error del 5% (Yáñez, 2023).

$$n = \frac{Z^2 P Q N}{e^2(N - 1) + Z^2 P Q}$$

Donde:

N = número población

Z = Nivel de confianza

P = Variabilidad negativa 20%

Q = Variabilidad positiva 80%

e = margen de error permitido

n = tamaño de muestra

$$n = \frac{1,96^2 \times 0,5 \times 0,5 \times 101894}{0,05^2(101894 - 1) + 1,96^2 \times 0,5 \times 0,5} = 382,72 \approx 383$$

En términos generales el producto definido por preferencia del consumidor es el bolo a base de agua o también conocido como refresco en bolsa, en una presentación de 85 ml de sabor fresa, naranja y uva (Yáñez, 2023).

La Tabla 14 detalla los resultados del estudio de mercado con respecto al consumo semanal donde radica la definición de la capacidad de la línea, según la demanda.

Tabla 14. Consumo semanal de bolos

Consumo	Porcentaje	N° de veces	Promedio de veces	Bolos semanales
Más de una vez al día	16%	851	1,5	1277
Diariamente	40%	2129	5	10643
Varias veces a la semana	26%	1384	2,5	3459
Una vez a la semana	12%	166	1	166
Nunca	6%	-	-	-
Total de bolos semanales				15545

Fuente: Estudio de Mercado - LÁCTEOS LOS ILINIZAS (2023).

La tabla mostrada con anterioridad revela datos clave sobre la frecuencia de consumo de bolos semanales. Se observa que el 40% de los consumidores los consumen a diario, representando 10,643 bolos semanales, lo que indica una alta fidelidad y demanda constante del producto. Un 26% consume varias veces a la semana, contribuyendo con 3,459 bolos, mientras que el 16% lo hace más de una vez al día, generando 1,277 bolos semanales. En contraste, solo el 12% consume una vez por semana y el 6% nunca lo hace, lo que sugiere oportunidades de captación en estos segmentos. En total, se estima un consumo semanal de 15,545 bolos, lo que proporciona una base sólida para la planificación de la producción y estrategias de mercado.

Con esto claro, se establecería la demanda en unidades de bolos:

$$(15545 \times 85 \text{ ml}) = 1321325 \text{ mililitros semanales}$$

Considerando que la empresa trabaja los 7 días de la semana, sin embargo, como va iniciando la línea podría funcionar únicamente de lunes a viernes, entonces:

$$\frac{1321325}{1000} = 1321.325 \text{ litros semanales}$$

$$\frac{1321.325}{5} = 264.265 \text{ litros diarios}$$

$$\frac{264.265}{5} = 3109 \text{ unidades de 85ml}$$

La Tabla 15, resume la producción de bolos para la fábrica, considerando que esta es de importancia pues con esta se establece la proyección de demanda del producto como uno de los parámetros de simulación a considerar, para el diseño del modelo de simulación de la línea.

Tabla 15. Demanda diaria, semanal, mensual y anual de bolos

Secuencia	Cantidad a producir (unidades 85ml)
Diario	3109
Semanal	15545
Mensual	62180
Anual	746160

Fuente: Estudio de Mercado - LÁCTEOS LOS ILINIZAS (2023).

La Tabla 15 muestra la demanda de producción de bolos en diferentes periodos de tiempo. Se observa que la cantidad diaria a producir es de 3,109 unidades, lo que se traduce en 15,545 unidades semanales, 62,180 unidades mensuales y 746,160 unidades anuales. El cálculo refleja una proyección estable y consistente en la producción de bolos a base de agua. La cifra anual indica que la empresa debe contar con una infraestructura adecuada para sostener un volumen significativo de fabricación. Además, es crucial asegurar una cadena de suministro eficiente que garantice la disponibilidad de insumos y optimizar los procesos productivos para cumplir con la demanda sin interrupciones.

4.1.15. Tiempos

El acceso a una industria que cuenta con una línea de producción de bolos resulta un desafío considerable, especialmente cuando se busca recopilar datos precisos sobre los parámetros de simulación. Las empresas que operan en este sector protegen rigurosamente su información técnica y procesos productivos, pues cualquier filtración podría beneficiar a la competencia. La posibilidad de que un tercero obtenga registros detallados de tiempos, formulaciones y configuraciones de máquinas representa un riesgo para la integridad de la persona, lo que limita el acceso a instalaciones y restringe la disponibilidad de información directa.

Ante estas dificultades, se recurre a un conjunto de métodos para poder definir el parámetro tiempo como: el análisis documental de las fuente "Análisis técnico de ingeniería y económico para optimizar los procesos operacionales de una empresa productora de agua purificada y refrescos en bolsa" de Dorian Roldán, "Elaboración de una bebida saborizada con base en agua y sabores artificiales de frutas" de José Salinas y fichas técnicas, la entrevista (Anexo 5) y la simulación cuasi-identidad (Anexo 13) para definir el tiempo de operación por máquina. Esto permite establecer parámetros de simulación con un margen de referencia adecuado, sin comprometer información confidencial ni infringir restricciones de acceso. De esta manera, el parámetro para la modelación del proceso se basa en datos aproximados obtenidos

de los registros de estudio de tiempos realizado en esta investigación y una generación de 20 datos aleatorios adicionales considerando el valor mínimo y máximo de este estudio asegurando así que la simulación refleje de manera representativa la realidad. La Tabla 16 detalla de manera clara el método usado para establecer cada parámetro.

Tabla 16. Método usado para establecer parámetro tiempo según máquina o proceso

Máquina/ Proceso específico	Método por el cual fue definido
Filtrado	Ficha Técnica
Tanque mezclador (Jarabe)	Fuente de José Salinas y Fuente Dorián
Tanque mezclador y pasteurizador (Mezcla Final)	Roldán
Enfriamiento	Entrevista
Control de calidad	
Envasadora	Fuente de Dorian Roldán
Empaquetado	Simulación cuasi-identidad

La Tabla 16 puntualiza la máquina o proceso específico que se consideran para la simulación y a su vez como estos fueron establecidos. El proceso de filtrado se define con la ficha técnica del equipo, para el tiempo relacionado con la formación del jarabe, mezcla final y envasadora se lo hace tomando de referencia las dos fuentes bibliográficas seleccionadas, el proceso de enfriamiento con información recolectada con la entrevista, pues en ninguna de las dos fuentes detallaba este proceso y en lo que respecta al empaquetado se lo establece por una simulación cuasi-identidad que representa en una versión ligeramente simplificada al real, donde se realizó un registro de tiempos, simulado por varias ocasiones este proceso.

Por otro lado, un punto muy importante por mencionar es que, para el diseño del modelo de simulación se establece la distribución de probabilidad normal para los tiempos asociados a cada operación en la línea de producción de bolos. Esta decisión se justifica, por una parte, en que en procesos industriales repetitivos y controlados, los tiempos de operación se distribuyen de forma simétrica alrededor de un valor medio, pues las pequeñas variaciones son producto de factores aleatorios como la destreza del operador, ligeras diferencias en condiciones operativas o cambios mínimos en el flujo de trabajo (Herrera, 2020) y por la parte estadística con base al teorema central del límite asegura que cuando el grupo en estudio contiene 30 datos o más la distribución de la media de una muestra tiende a ser normal, independientemente de la distribución de los datos subyacentes (Ruano y Tapia, 2025). Teniendo claro esto, la Figura 29 representa el registro de tiempos tomado

como referencia para así poder determinar el parámetro de distribución de tiempo que más adelante será usado en la simulación.

Elemento de la operación	Tiempo Cronometrado										Tc Promedio
	Tc1	Tc2	Tc3	Tc4	Tc5	Tc6	Tc7	Tc8	Tc9	Tc10	
Verificación nivel de agua en el tanque	18	19	18	19	17	17	18	17	19	18	18
Encendido de bomba de llenado	95	106	97	104	106	96	100	103	104	96	101
Clorar	48	55	52	53	53	53	54	55	52	55	53
Encendido válvula de inicio de filtrado	6	9	7	8	7	6	6	6	9	8	7
Verificación de filtrado	86	68	73	70	74	81	73	76	74	83	76
Llenado de tanque mezclador	1 050	1 081	1 066	1 061	1 079	1 065	1 074	1 081	1 072	1 055	1 068
Encendido motor agitador	8	5	6	6	5	7	8	6	6	8	7
Preparación materia prima refrescos	210	214	212	211	211	214	214	211	212	212	212
Agregar materia prima al mezclador	75	80	78	78	80	80	80	79	79	79	79
Vaciar preservantes y colorantes al mezclador	36	40	36	37	39	37	40	36	39	39	38
Empaquetado	1 860	1 894	1 868	1 861	1 873	1 886	1 869	1 882	1 888	1 876	1 876
Tiempo total	3 492	3 571	3 513	3 508	3 544	3 542	3 536	3 552	3 554	3 529	3 534

Figura 29. Estudio de tiempos refrescos (tiempo cronometrado en segundos)

Fuente: Roldán (2021).

Entonces, a partir de este registro (Figura 29) de elemento de la operación y tiempo se procede a clasificar y adecuar en distintas tablas (Anexo 14 hasta Anexo 19), para así poder establecer la distribución estadística normal para la simulación que está conformada de:

- **Media (μ):** Tiempo promedio que ya está calculada en la última columna.
- **Desviación estándar (σ):** Calculada en referencia a los 10 tiempos registrados.

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{N} \sum (x_i - \mu)^2}$$

Siendo así que se establecen la distribución estadística del tiempo para cada elemento de la operación en la Tabla 17.

Tabla 17. Parámetro tiempo por máquina

Elemento de la operación	Distribución de tiempo (en segundos)
Filtrado	normal(747.73; 5.15)
Formación Jarabe	normal(630.53; 2.75)
Homogenización y Pasteurización	normal(1806; 1.04)
Enfriamiento	normal(606.57; 1.04)
Envasado	normal(8.38; 1.04)
Empaquetado	normal(32.67; 1.74)
Control de calidad	normal(300; 30)

La Tabla 17 contiene el parámetro tiempo para cada operación/máquina a ser considerada más adelante para la construcción del modelo de simulación.

4.1.16. Metodología *Systematic Layout Planning* (SLP)

Ahora se inicia con la aplicación de la metodología SLP como alternativa de optimización de espacio físico de la planta, para esto se la desarrolla en cuanto a las 4 fases de las que se compone.

4.1.17. Fase I: Localización (Distribución actual)

Para el comienzo de cualquier proyecto Meyers et al (2006), mencionan que es fundamental por una parte determinar el espacio total necesario para la línea de producción y su configuración y por otra el estado actual de la planta en la que se planea implementar la línea, con el fin de poder planificar y diseñar una propuesta acorde a las condiciones reales. En este sentido, se elaboran distintos planos y un *layout* que representan el estado actual de la distribución en LÁCTEOS LOS ILINIZAS en función a la información recopilada con el instrumento de *layout* (Anexo 4).

La planta cuenta con una superficie total de 800 m², dividida a la mitad entre el área reservada para expansión y el área de producción, como se muestra en la Figura 30

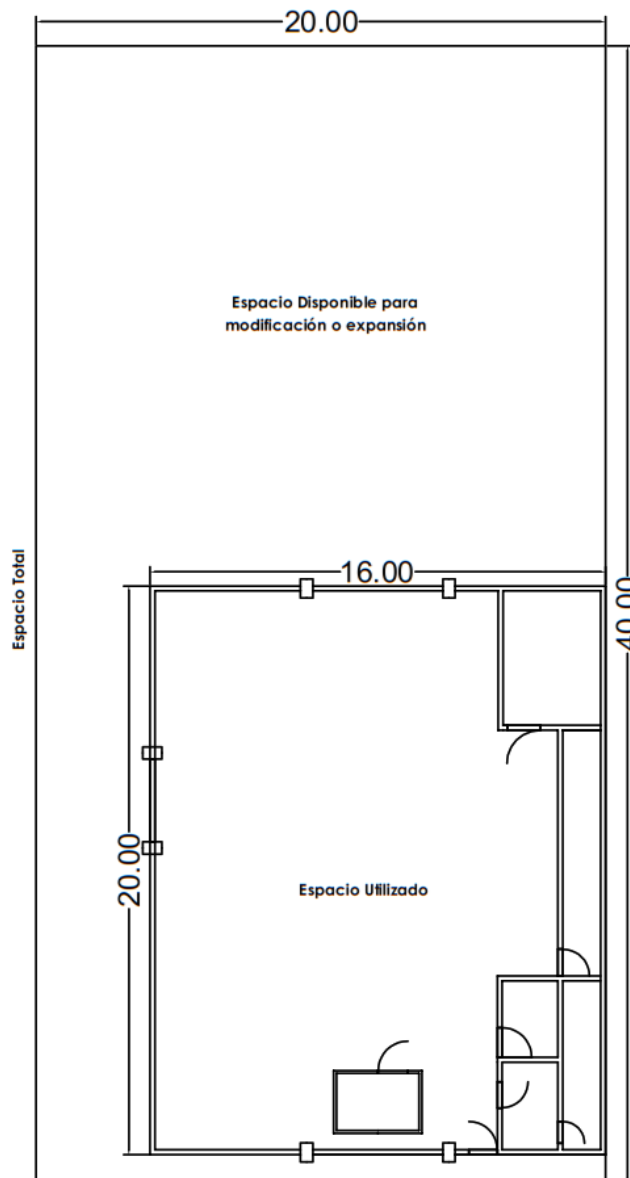


Figura 30. Plano general de la planta y áreas de reserva

La Figura 30 detalla que el área total está fraccionada en 2 partes, por una parte, el área utilizada con las instalaciones de la planta (20 m x 16 m) representando un área total de 320 m² que están en uso. Existe un área disponible para modificación o expansión de 400 m², lo que sugiere una planificación a futuro o que puede ser considerada para la línea de producción de bolos que se quiere implementar. Sin embargo, es importante evaluar si parte de este espacio podría ser aprovechado para optimizar la operatividad actual sin comprometer la flexibilidad de crecimiento.

4.3.1.1. Áreas funcionales y su relación con la producción

El espacio utilizado está segmentado en distintas áreas como se presenta en la siguiente Figura 31, estas cumplen funciones específicas dentro del proceso productivo de la línea existente en la planta (queso fresco).

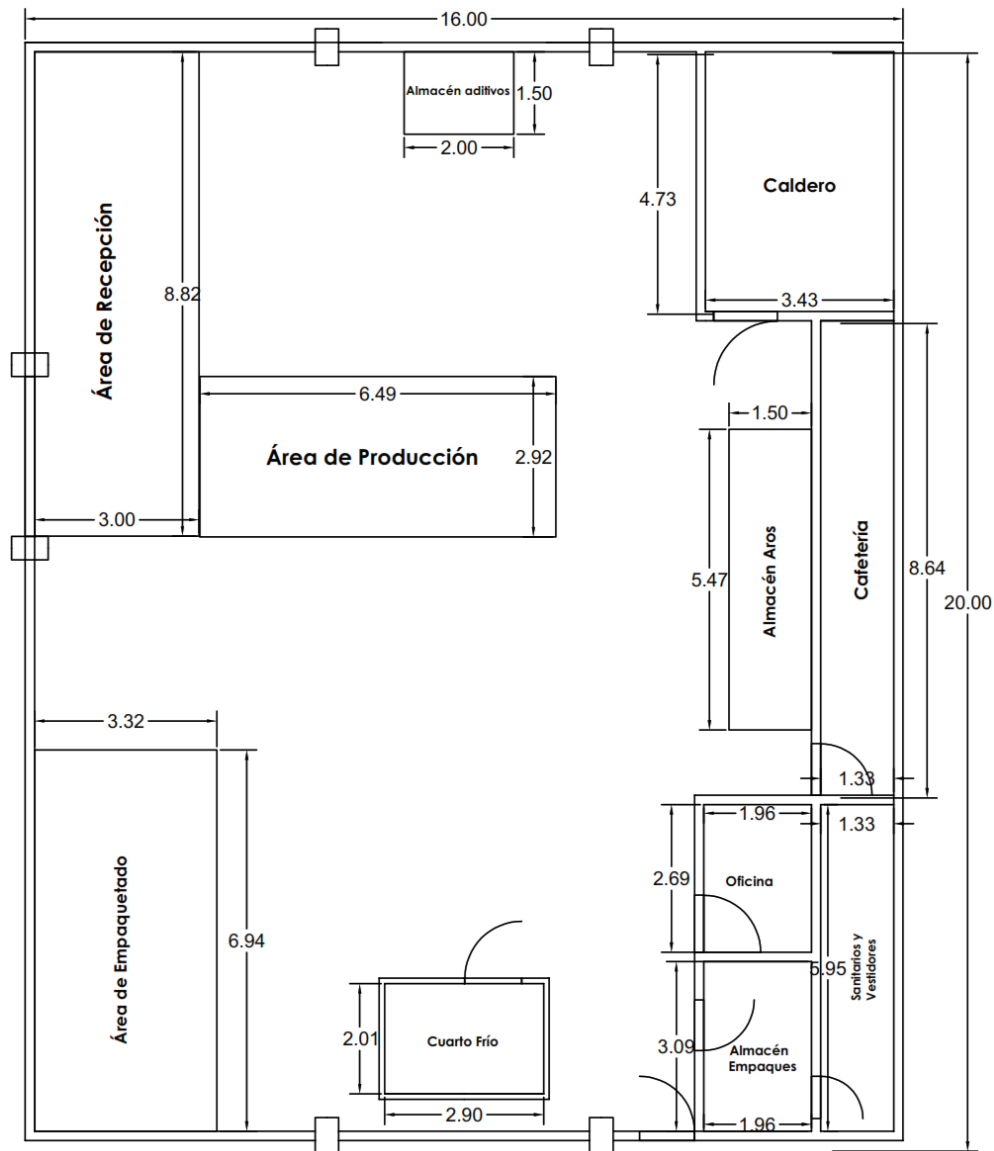


Figura 31. Layout de la planta

- **Área de producción:** Es el núcleo operativo de la planta, con la línea de producción de queso fresco
- **Área de recepción de materia prima:** Su tamaño es adecuado, sin embargo, debe verificarse que su ubicación facilite un flujo continuo hacia la producción sin generar cuellos de botella.
- **Área de empaquetado:** Es fundamental que esté en una posición estratégica para evitar recorridos innecesarios que aumenten los tiempos de producción, por el cual debe ser analizado.
- **Almacenes:** La planta cuenta con 4 almacenes; el de sal y aditivos del queso, Aros de queso, Empaques y el Cuarto frío. Un análisis detallado permitirá determinar si el espacio de almacenamiento está optimizado para la cantidad

de insumos y productos que maneja la planta o la posibilidad de consolidar en menos almacenes.

- **Área de caldero de vapor:** Área destinada a la máquina de vapor que conecta con la marmita para su pasteurización.
- **Área de tanques de agua:** Área utilizada para tanques de reserva de agua.
- **Área de cafetería, oficina y sanitarios y vestidores:** Son esenciales para el bienestar del personal y cumplen con las normativas en cuanto a espacio mínimo requerido.

La Figura 32, representa un plano 2D del uso de espacio con todas las máquinas y almacenes e insumos de cada área.

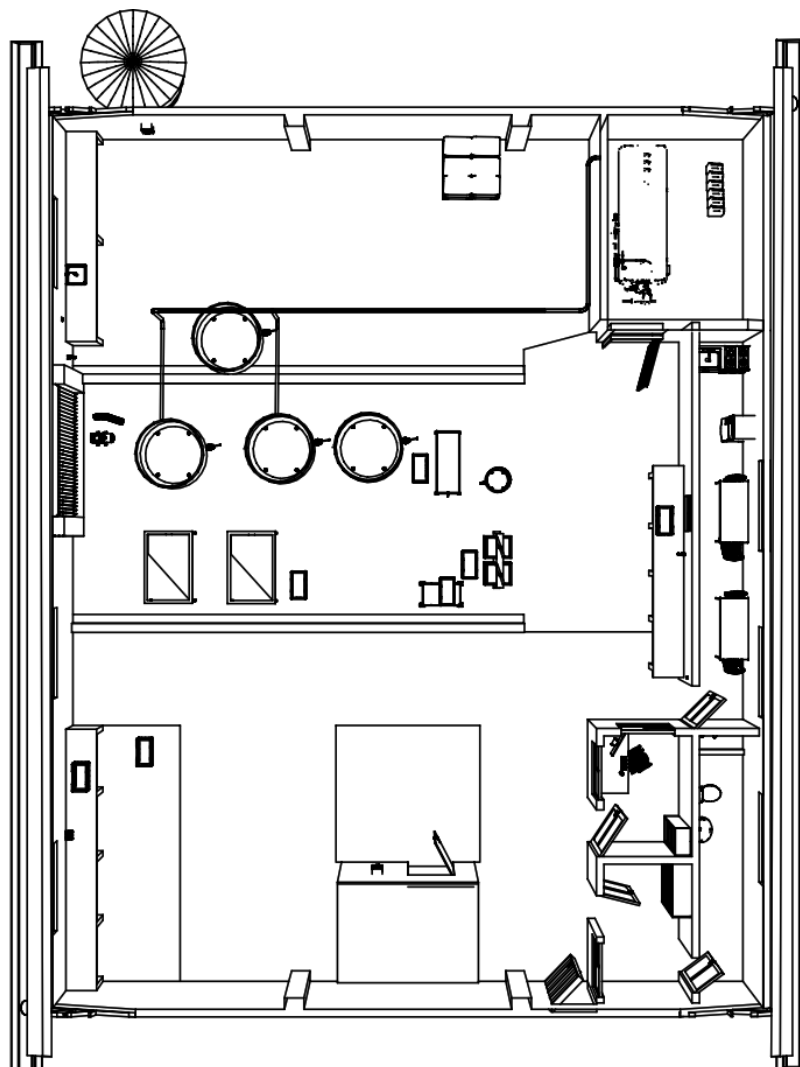


Figura 32. Distribución de la planta

A continuación, se presenta la Tabla 18 que detalla el espacio utilizado en metros cuadrados del área total de la planta.

Tabla 18. Espacio Utilizado en la planta

Área	Ancho (m)	Largo (m)	Espacio Utilizado (m²)
Tanques de agua	2	3	6.00
Área recepción y control de calidad	3	8.82	26.46
Área de producción de queso fresco	2.92	6.49	18.95
Área de empaquetado queso	3.32	6.94	23.04
Almacén de empaques	1.96	3.09	6.06
Cuarto Frío	2.01	2.9	5.83
Almacén de aditivos y aros de queso	1.5	5.47	8.21
Almacén sal y calcio	1.5	2	3.00
Caldero	3.43	4.73	16.22
Oficina	1.96	2.69	5.27
Cafetería	1.33	8.64	11.49
Sanitarios y Vestidores	1.33	5.95	7.91
Espacio Total Utilizado (m²)			138.44

La Tabla 18 muestra que del análisis del área física total de la planta de LÁCTEOS LOS ILINIZAS, únicamente 138.44 m² se encuentran en uso, lo que representa apenas el 42.47% del espacio total disponible. Este dato evidencia un nivel significativo de subutilización del recurso espacial, lo cual puede tener implicaciones importantes en términos de eficiencia operativa y planificación futura. Una empresa de cualquier naturaleza que utiliza menos de la mitad de su área total sugiere oportunidades latentes para implementar nuevas líneas de producción, mejorar la organización o incorporar procesos complementarios sin requerir expansión externa. Entonces, la incorporación de una nueva línea de producción de bolos no solo es viable, sino estratégica, porque permite aprovechar de manera más efectiva el espacio desaprovechado, contribuyendo así a una mejor distribución de recursos físicos y a una optimización integral del entorno productivo.

Dado que los resultados del presente estudio deben ser entregados directamente a la empresa LÁCTEOS LOS ILINIZAS, en respuesta a su solicitud de colaboración técnica, se considera fundamental representar visualmente el diseño propuesto de la línea de producción de bolos. Para lo cual, se recurrió a herramientas de modelado tridimensional como SketchUp y Lumion, las cuales permitieron construir una propuesta visual clara, precisa y comprensible del espacio físico actual y reorganizado. Esta representación facilita la validación visual del modelo por parte de los responsables operativos de la planta, además de aportar una herramienta comunicacional efectiva para la toma de decisiones. Asimismo, el uso de *software* especializado en diseño 3D garantiza una mejor interpretación de los resultados

obtenidos a través de la metodología SLP, fortaleciendo así la aplicabilidad práctica de la investigación. En las siguientes Figuras se presenta diferentes tomas de las instalaciones de la planta actualmente.

En el siguiente enlace se presenta un video ilustrativo del diseño 3D de las instalaciones actuales, el cual permite la de distribución de espacios en la planta:

https://drive.google.com/drive/folders/1vcbUt6rpsdGiVeuJ9L_msEA8UwfFcv-x?usp=drive_link

La figura 33, que ilustra una toma frontal del diseño 3D de la planta, se presenta a continuación.



Figura 33. Toma frontal de la planta

A continuación, se expone la Figura 34, que representa la toma lateral de la planta en el diseño 3D.

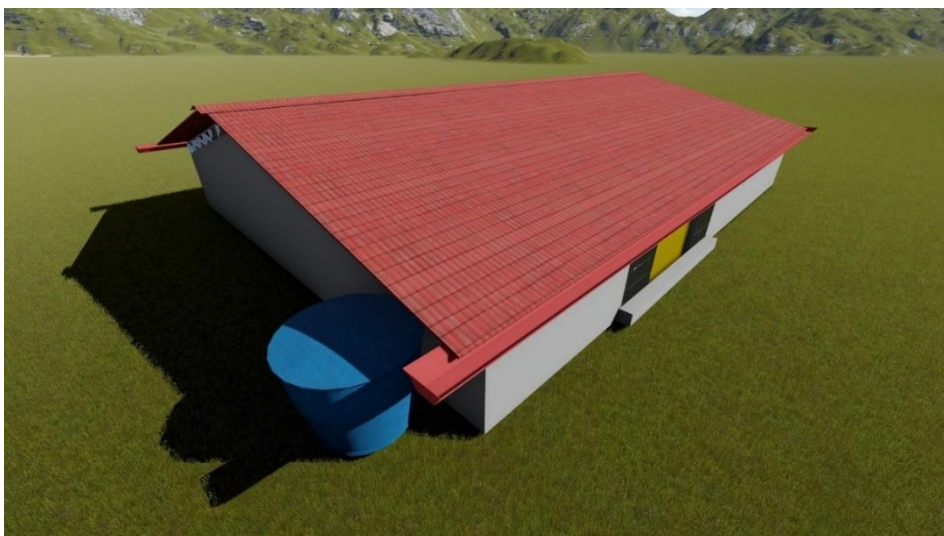


Figura 34. Toma lateral de la planta

Se muestra a continuación, la Figura 35, la cual corresponde al área de recepción de materia prima de línea existente



Figura 35. Área de recepción de materia prima de línea existente

La siguiente figura (Figura 36) corresponde al espacio utilizado de la planta



Figura 36. Espacio utilizado de planta

Se presenta a continuación la Figura 37, la cual muestra el área de caldero.

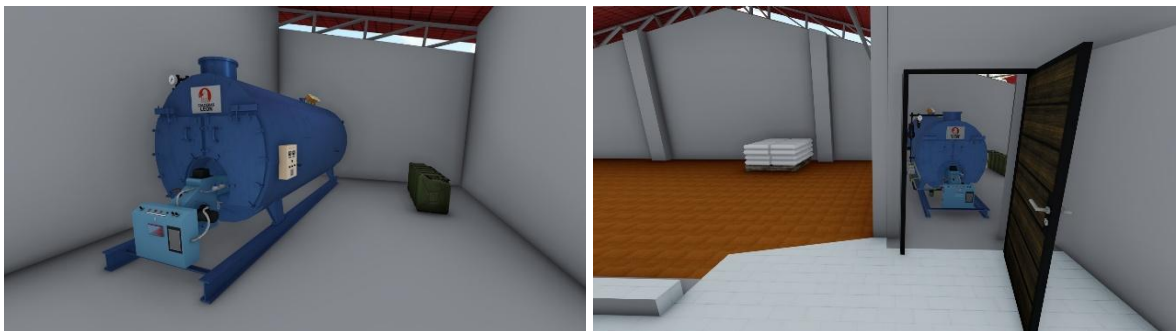


Figura 37. Área de caldero

La Figura 38, que representa el área de producción de queso fresco, se muestra seguidamente.



Figura 38. Área de producción de queso fresco

Seguidamente, se presenta la Figura 39 referente al sistema completo de producción de queso fresco.



Figura 39. Sistema completo de producción de queso fresco

A continuación, se detalla la Figura 40, mostrando el almacén de producto terminado correspondiente a queso fresco.

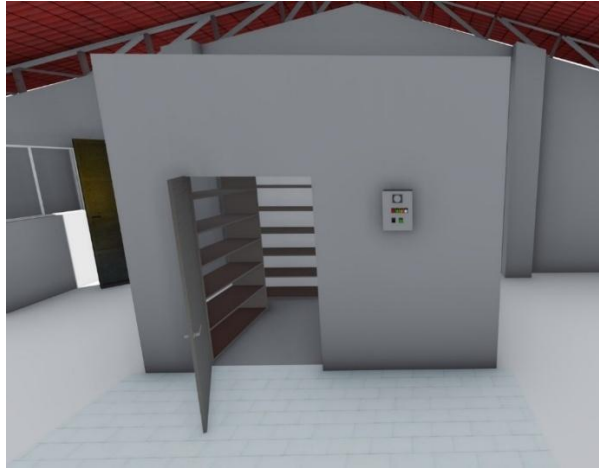


Figura 40. Cuarto Frío

La siguiente figura (Figura 41) corresponde al almacén de aros y aditivos.



Figura 41. Almacén de aros y aditivos

Se muestra a continuación la Figura 42, misma que corresponde al almacén de sal y calcio.



Figura 42. Almacén Sal y Calcio

La Figura 43, que ilustra el almacén de empaques, se presenta a continuación.

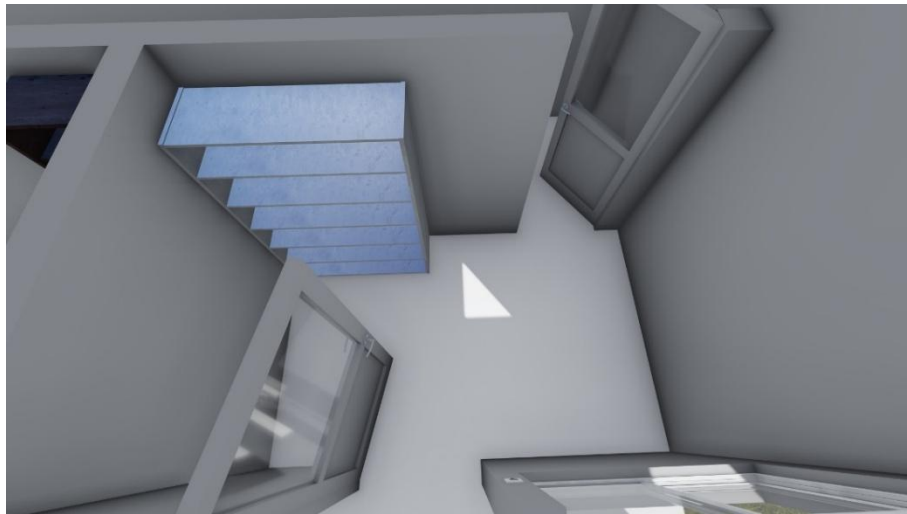


Figura 43. Almacén de empaques

La siguiente figura (Figura 44) corresponde a la oficina de la planta.

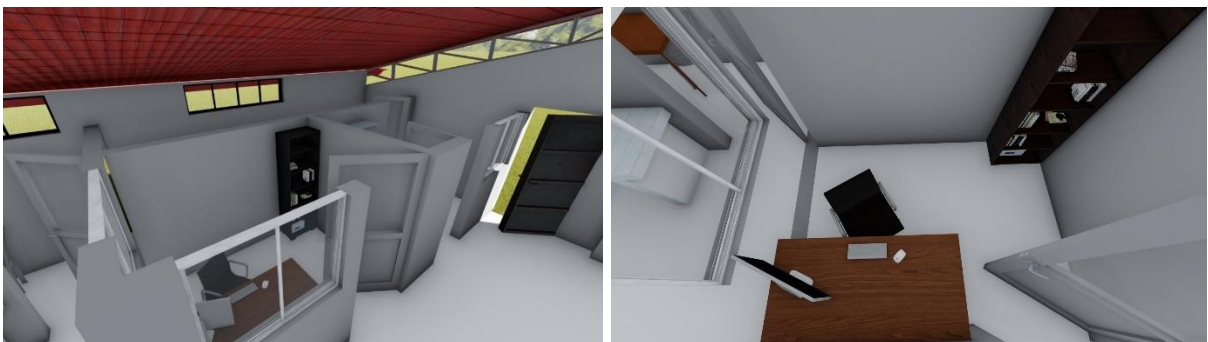


Figura 44. Oficina

A continuación, se muestra la Figura 45, que representa el área de cafetería que engloba cocina y comedor.

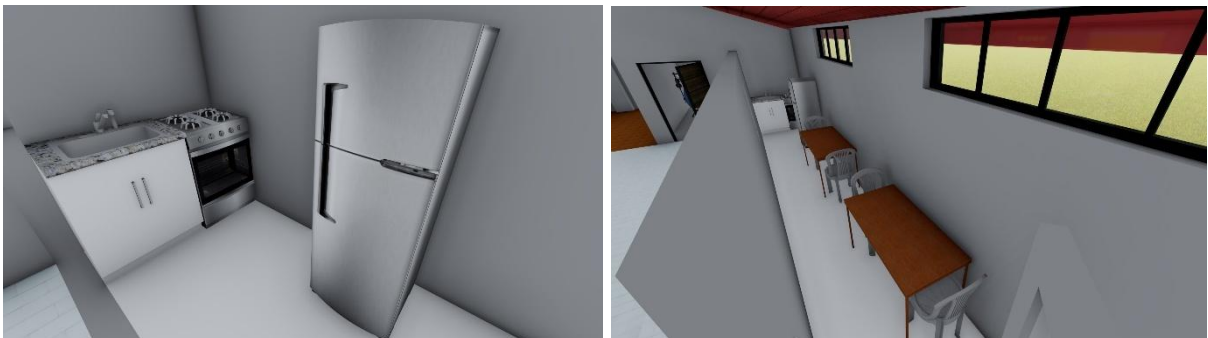


Figura 45. Área de cafetería (cocina y comedor)

La Figura 46, correspondiente a los sanitarios y vestidores, se exhibe a continuación

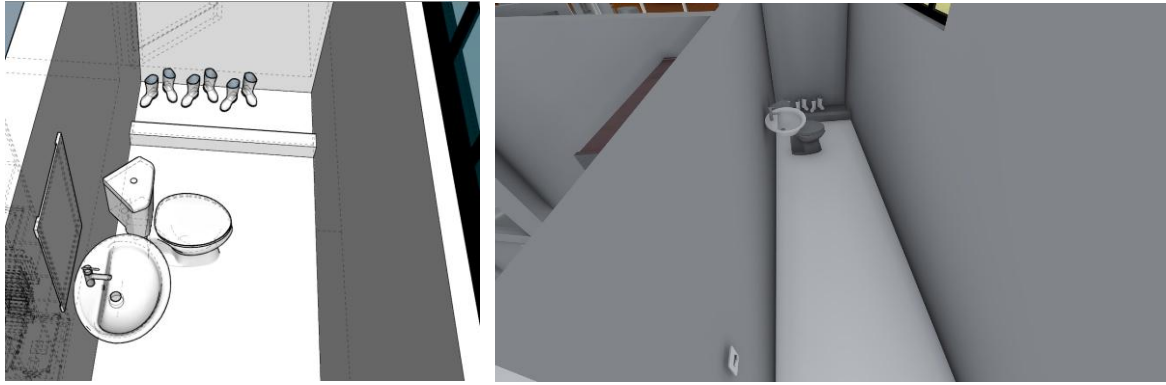


Figura 46. Sanitarios y vestidores

4.1.18. Fase II: Planteamiento General

4.1.19. Optimización del espacio físico de LÁCTEOS LOS ILINIZAS

Para iniciar el proceso de optimización del espacio físico en la planta de LÁCTEOS LOS ILINIZAS, se recurre a la aplicación de la metodología *Systematic Layout Planning* (SLP), esta permite analizar de forma estructurada la disposición de áreas funcionales dentro de una planta. Para aplicar esta metodología, se toma como punto de partida la línea de producción de queso fresco, la cual se encuentra operativa en la actualidad y representa un referente clave para identificar oportunidades de mejora en la distribución física existente.

La aplicación de la metodología SLP no solo busca optimizar el uso del espacio físico, sino también establecer lineamientos que puedan ser considerados en el diseño de la futura línea de producción de bolos, asegurando así una integración armónica de ambas líneas dentro de la planta. Además, permite anticipar posibles limitaciones de infraestructura y plantear soluciones viables y adaptadas al contexto real de la empresa, lo que refuerza su utilidad como herramienta de planificación industrial.

4.1.19.1. Relación de actividades

Tras haber identificado la situación actual de la planta a través de los planos, se inicia con el diagrama de la relación de actividades o diagrama de análisis de afinidades, el cual muestra las relaciones de cada departamento, oficina, área, departamento, etc, basando este diagrama en la respuesta a la pregunta: ¿Qué tan importante es para este departamento, oficina o instalación, estar cerca de otro? Para esto se plantea el uso de códigos de cercanía para reflejar esta importancia, como se observa en la Tabla 19:

Tabla 19. Código de relación de actividades

Código	Definición
A	Absolutamente necesario que estos dos departamentos estén junto al otro
E	Especialmente importante
I	Importante
O	Ordinariamente importante
U	Sin importancia
X	No deseable

Para el diagrama Figura 47 se consideraron 13 áreas de la planta:

1. Producción de queso: Comprende todo el proceso en donde se transforma la materia prima a queso fresco en sus distintas presentaciones
2. Empaque de queso: Área en la que el queso producido es empaquetado en su envase PVC en función al tipo.
3. Recepción de materia prima: Área donde se recibe y verifica la materia prima.
4. Almacén de aditivos: Espacio dedicado al almacenamiento de aditivos para elaboración de queso.
5. Almacén de sal y calcio: Área donde se almacena sacos de sal y calcio necesarios para producir queso.
6. Cuarto frío: área destinada al almacenamiento del producto terminado.
7. Almacén de envases de queso: comprende el área para almacenar envases de queso.
8. Caldero: Área de bomba de vapor (Caldero).
9. Tanques de agua: Área destinada almacenar agua que garantice un suministro constante y confiable para las operaciones del caldero.
10. Sanitarios y vestidores: Instalaciones disponibles para cambio de uniforme antes de ingresar a cualquier área de la empresa, incluye baño y lavabo.
11. Cafetería: Área destinada a que los empleados tomen sus comidas y descansos.
12. Oficina: Espacios administrativos donde se llevan a cabo tareas de gestión, planificación, contabilidad y otras funciones administrativas.
13. Área de despacho: Área donde se realizan actividades de despacho a distribuidor de productos.

Ahora, se presenta la Figura 47 con el diagrama de relación de actividades (DRA).

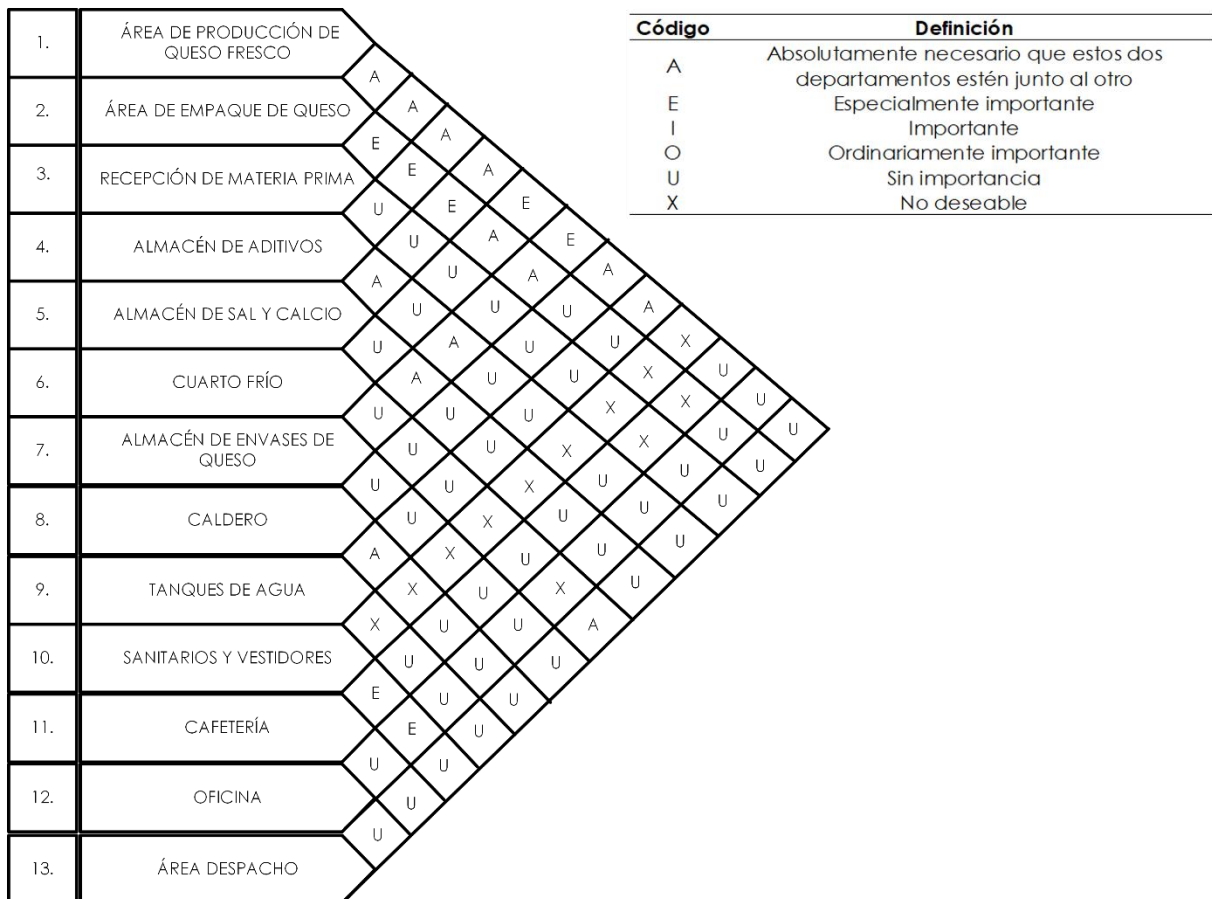


Figura 47. Diagrama de relación de actividades (DRA)

La Figura 47 expone un diagrama de relación de actividades, con esto se puede establecer la importancia relativa de proximidad entre las distintas áreas operativas y de soporte. Cada celda del diagrama utiliza un código que indica el nivel de necesidad o conveniencia de que dos departamentos estén adyacentes entre sí. Entonces, se aprecia que las áreas con mayor interdependencia son:

- El Área de Producción de Queso Fresco (1) con las áreas de Empaque de Queso (2), Recepción de Materia Prima (3), Almacén de Aditivos (4), Almacén de Sal y Calcio (5), y Cuarto Frío (6), lo que se justifica por su papel central en el proceso productivo.
- Asimismo, la relación entre Recepción de Materia Prima (3) y Producción (1) y Almacenes (4 y 5) se identifica como especialmente relevante, clasificada como "E", pues estas áreas intervienen en las primeras etapas de la línea productiva.
- Es importante señalar que áreas como los Sanitarios y Vestidores (10) tienen una relación "X" con varias zonas, lo que implica que su ubicación cercana a

ellas puede representar interferencias operativas o riesgos (seguridad y contaminación cruzada).

4.1.19.2. Relación de actividades

Tras realizar el diagrama se procede a realizar una la Tabla 20 de relación de actividades, esto es importante puesto que ayuda a identificar de mejor manera la ubicación entre las áreas para la distribución o redistribución de la planta.

Tabla 20. Hoja de Trabajo relación de actividades en la planta

Actividades	A	E	I	O	U	X
1. Área de producción de queso fresco	2,3,4,5,8,9	6,7			11, 12, 13	10
2. Área de empaque de queso	1, 6, 7	3,4,5			8, 9	10
3. Recepción de materia prima	1	2			4, 5, 6, 7, 8, 9, 12, 13	10, 11
4. Almacén de aditivos	1, 5, 7	2			6, 8, 9, 11, 12, 13	10
5. Almacén de sal y calcio	1, 4, 7,	11			3, 6, 8, 9, 11, 12, 13	10
6. Cuarto frío	2	1			3, 4, 5, 7, 8, 9, 11, 13	10, 11
7. Almacén de envases de queso	2, 4, 5	1			3, 6, 8, 9, 11, 12, 13	10
8. Caldero	1, 9				2, 3, 4, 5, 6, 7, 11, 12, 13	10
9. Tanques de agua	1, 8				2, 3, 4, 5, 6, 7, 11, 12, 13	10
10. Sanitarios y vestidores		11, 12			13	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9
11. Cafetería		10			1, 2, 3, 4, 6, 7, 8, 9, 10	2, 3
12. Oficina		10			1, 2, 3, 4, 5, 7, 8, 9, 11, 13	6
13. Área de despacho	6				1, 2, 3, 4, 5, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13	

La Tabla 20 representa una mejor organización con respecto a los resultados obtenidos tras el diseño del diagrama de la Figura 47.

4.1.19.3. Diagrama adimensional de bloques

La Figura 48 establece el diseño adimensional de una posible alternativa de organización de las áreas con respecto a la relación de que tengan entre sí.

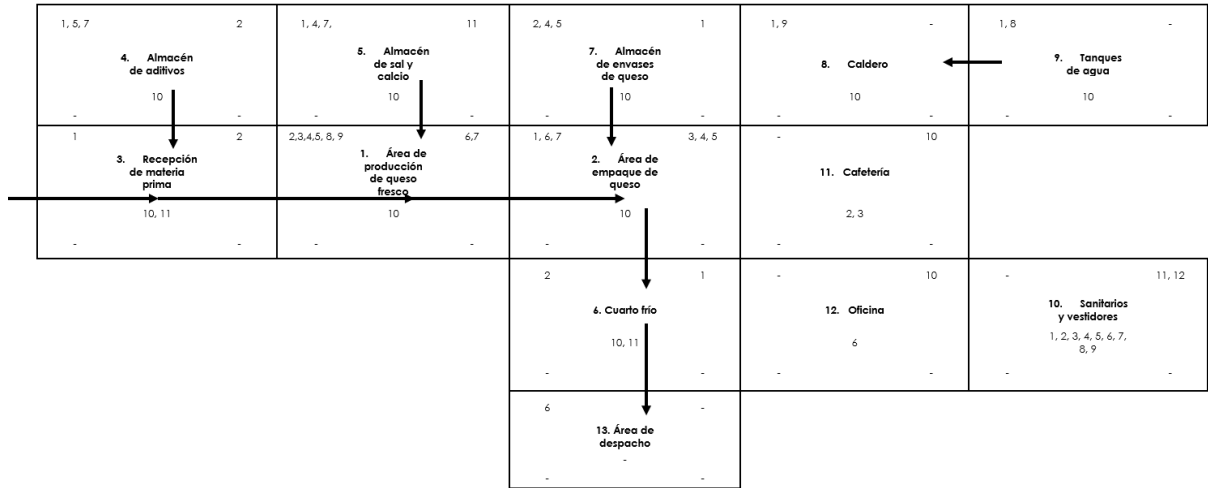


Figura 48. Diagrama adimensional de bloques de planta actual

4.1.19.4. Análisis de Flujo

La Figura 48 simboliza un diagrama adimensional de bloques que muestra la disposición preliminar de las áreas en planta, estableciendo las conexiones y direcciones de flujo entre ellas. En el centro del proceso se encuentra el Área de Producción de Queso Fresco (1), la cual recibe insumos desde la Recepción de Materia Prima (3), Almacén de Aditivos (4), Almacén de Sal y Calcio (5), y Tanques de Agua (9). Esta ubicación central permite reducir movimientos innecesarios y facilita un flujo continuo de materiales e insumos.

Una vez completado el proceso de producción, el queso pasa al Área de Empaque de Queso (2) y Cuarto Frío (6) para su conservación temporal. Luego, el producto ya terminado se dirige al Área de Despacho (13). Se aprecia también la correcta ubicación del Caldero (8) y los Tanques de Agua (9) hacia el borde del sistema, dado su carácter auxiliar y las recomendaciones de la Figura 45 de mantenerlos alejados de áreas de procesamiento y empaque. El diagrama también incluye áreas de servicio como los Sanitarios y Vestidores (10), Cafetería (11) y Oficina (12), ubicados en zonas que permiten un acceso sin interferir con el flujo productivo del queso.

La Figura 47 y 48 están claramente interrelacionadas. La Figura 47 proporciona la base lógica y técnica para la disposición planteada en el diagrama de bloques adimensional. Por ejemplo, las relaciones "A" o "E" del DRA se han traducido en adyacencias en el *layout* adimensional propuesto. Asimismo, las áreas con relación "X" en el DRA han sido ubicadas de forma separada, como es el caso de los tanques de agua o el caldero, lo cual demuestra que se ha seguido un criterio técnico riguroso para evitar interferencias y optimizar la operación.

4.1.20. Fase III: Planteamiento Detallada:

Una vez establecido el último diagrama se procede a desarrollar distintas alternativas de *layout*, para así luego priorizar la mejor alternativa y diseñarla en 3D para una mejor apreciación de los resultados.

4.1.20.1. Alternativa X

Para esta alternativa (Figura 49) se prioriza los resultados obtenidos en la última figura adimensional de bloques.

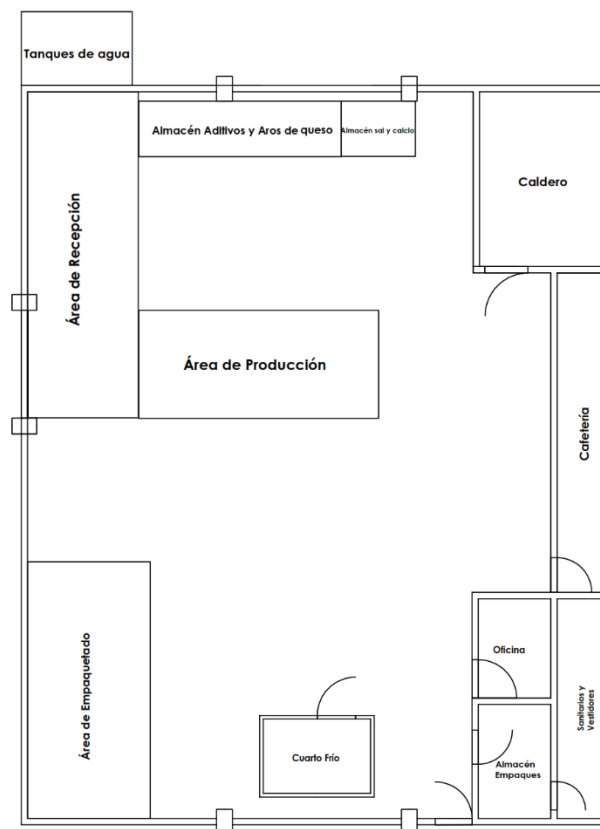


Figura 49. Propuesta X

En la Figura 49 la redistribución se establece principalmente tomando de referencia el diagrama adimensional de bloques (Figura 47) donde almacenes se ubiquen en conjunto a excepción del cuarto frío que prevalece su ubicación cercana al área de empaque, entonces se establece en conjunto el almacén de aditivos y almacén de sal. El almacén de empaques prevalece en su ubicación actual.

4.1.20.2. Alternativa Y

La Figura 50 representa la alternativa Y de reorganización para optimizar el espacio físico.

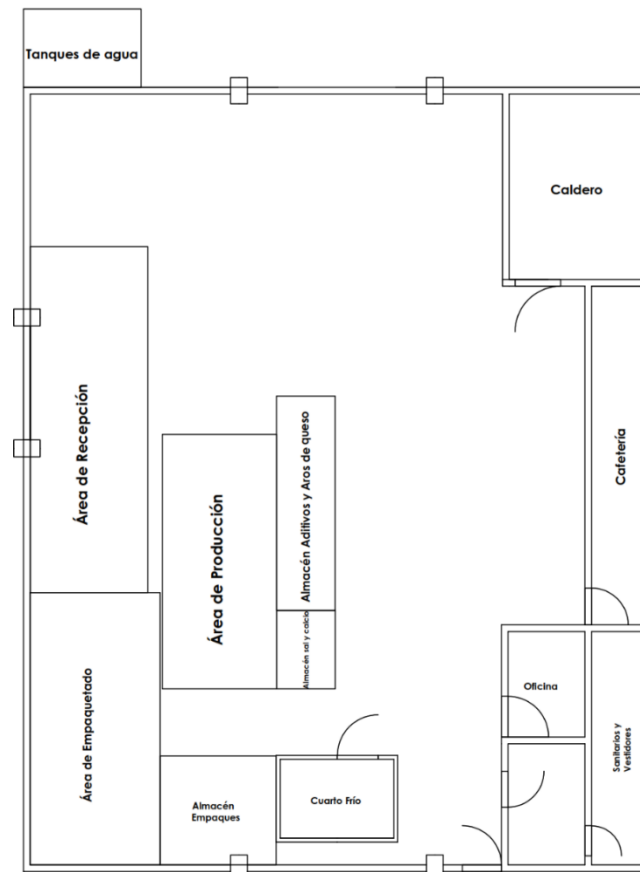


Figura 50. Propuesta Y

En la propuesta Y planteada en la Figura 50 se considera principalmente optimizar el espacio y priorizar que el sistema de producción de queso fresco debe tener la mayor cercanía posible, por tanto, las áreas de recepción, producción y empaquetado se unen y están cerca de sus respectivos almacenes. Además, el almacén de empaques se reubica al lado del área de empaquetado, pues aparte que representaba un recorrido innecesario, también representaba un riesgo de contaminación cruzada al estar cerca a los sanitarios y vestidores, lo que en cualquier momento podría representar una contaminación de los empaques de queso y por ende del producto final. No obstante, un punto muy importante por resaltar es que no cumple con la cercanía de categoría "A" con los tanques de agua y caldero, si bien estas pueden seguir siendo vinculadas con el área de producción a través de conexiones de tubería, lo cual representaría un costo y un periodo corto de detención de la producción de queso fresco

4.1.20.3. Alternativa Z

La Figura 51, detalla la alternativa Z que se propone para redistribuir las áreas de la planta LÁCTEOS LOS ILINIZAS.

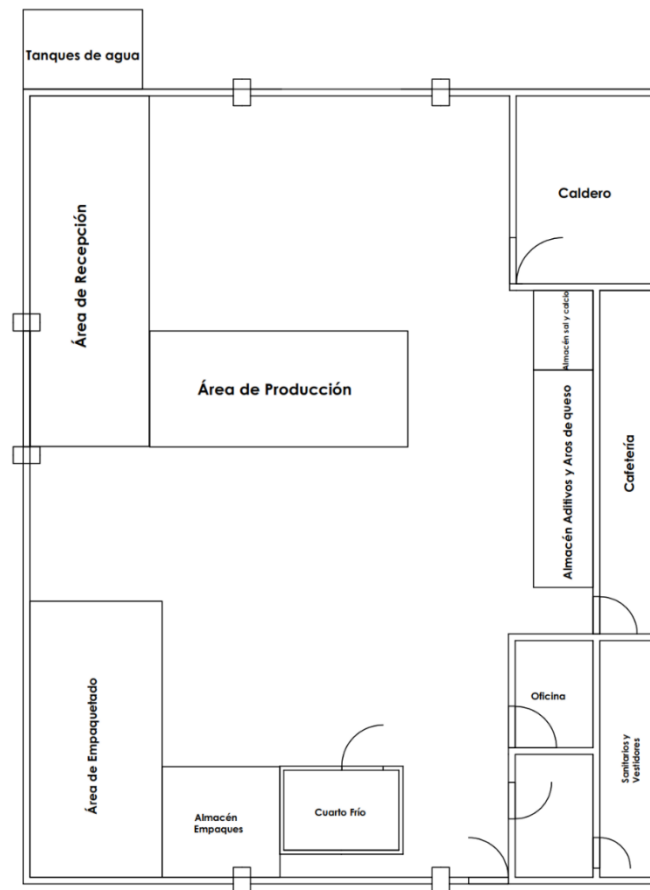


Figura 51. Propuesta Z

En la propuesta Z (Figura 51) se aprecia principalmente el cambio de ubicación de la puerta de acceso al cuarto del caldero, ya que representaba un desperdicio de espacio debido al sentido en el que se abría y la ubicación de esta. Entonces, se opta por situar la puerta al costado izquierdo del cuarto con dirección de abertura hacia adentro y el espacio se direcciona como uso para el almacenamiento de la Sal y Calcio necesario para la producción de queso fresco. Así mismo, se considera el criterio de reubicar el almacén de empaques al lado del área de empaque por las razones antes mencionada. También se observa un área considerable disponible con cercanía al caldero y tanques de agua que son óptimas para la línea de producción de bolos.

Considerado todos estos criterios se establece que la mejor alternativa de *layout* es la propuesta Z, aunque el área de empaquetado y el cuarto frío siguen ubicado lejos del área de producción de queso en estas se prioriza por una parte la cercanía del cuarto frío con la puerta de despacho y por otra la inversión que representa reubicarlo y por otra que la mesa de trabajo para el empaquetado es de posición fija (mesón de concreto y baldosa) , que en efecto se puede reubicar pero

representa un mayor costo. En la Figura 52 se presenta el *layout* final de la planta considerando la línea de producción de bolos.

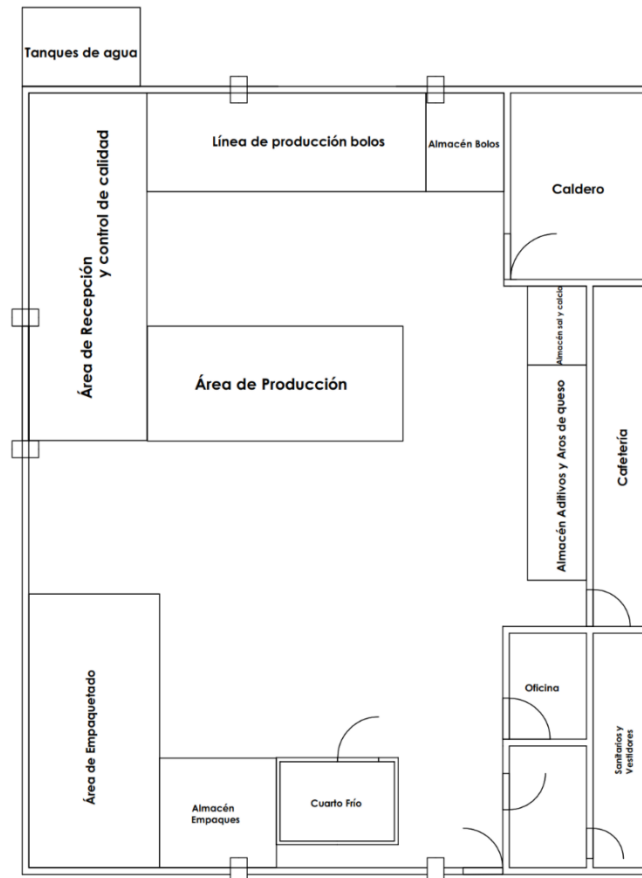


Figura 52. Propuesta final

En la Figura 52 de manera visual se ve una mejor ocupación de los espacios de la planta. Esta alternativa fue seleccionada una vez evaluadas todas las propuestas y considerando el mejor aporte de cada opción para consolidarla en esta final.

4.1.20.4. Evaluación de propuestas

Para seleccionar la mejor propuesta se procede con una evaluación de acuerdo con parámetros de cumplimiento de metodología SLP y condiciones reales de la planta. La Tabla 21 detalla los parámetros y puntaje considerados para la evaluación de las propuestas.

Tabla 21. Evaluación de propuestas

Criterio de Evaluación	Descripción	Puntaje	Propuesta X	Propuesta Y	Propuesta Z
Relación de cercanía	Grado en que la disposición respeta las necesidades de proximidad entre áreas según la matriz relacional.	20	15	10	15

Criterio de Evaluación	Descripción	Puntaje	Propuesta X	Propuesta Y	Propuesta Z
Flujo de materiales	Continuidad y lógica del flujo, minimizando retrocesos y cruces entre procesos.	10	10	10	10
Aprovechamiento del espacio	Porcentaje de utilización del área disponible, evitando zonas muertas o congestionadas.	15	10	10	15
Reducción de distancias	Disminución de recorridos internos de materiales y personal	10	5	1	10
Seguridad y ergonomía	Cumplimiento de condiciones de seguridad industrial y comodidad del personal.	10	8	8	10
Facilidad de supervisión y control	Acceso visual y físico para supervisión y control de calidad.	10	10	10	10
Flexibilidad para cambios futuros	Capacidad de adaptación del <i>layout</i> ante variaciones de demanda o incorporación de nuevos equipos.	10	5	3	10
Factibilidad de implementación	Viabilidad de la propuesta en el contexto real de la planta, considerando factores como costos de ejecución, necesidad de remodelación, tiempo de adecuación y compatibilidad con la infraestructura existente.	15	10	1	15
TOTAL		100	73	53	95

La Tabla 21 representa la evaluación de estas tres propuestas, siendo así que la mejor alternativa es la Propuesta Z con una puntuación de 95, debido a su puntaje de 15 en el parámetro de relación de cercanía, particularmente porque el área de despacho se encuentra bastante alejado del almacén, pero es un aspecto de fuerza mayor que no se puede modificar.

En cuestión a la alternativa X con un puntaje de 73, es la segunda mejor alternativa sin embargo en esta prevalece que el almacén de envases de queso fresco tiene cercanía directa con los sanitarios y vestidores, que no es nada factible, porque puede llegar a existir una contaminación cruzada del producto. La propuesta Y es la de menor puntaje debido a que replantea casi de manera total la distribución de las

áreas de la planta lo que representa un costo elevado por remodelación y paralización en la producción de queso fresco que es diario, además que mantendría una distancia bastante alejada con el caldero y los tanques de agua a partir del diagrama de relación y la realidad es de alta prioridad.

4.1.21. Propuesta Seleccionada

La Figura 53, detalla la distribución de las áreas con sus respectivas medidas en metros.

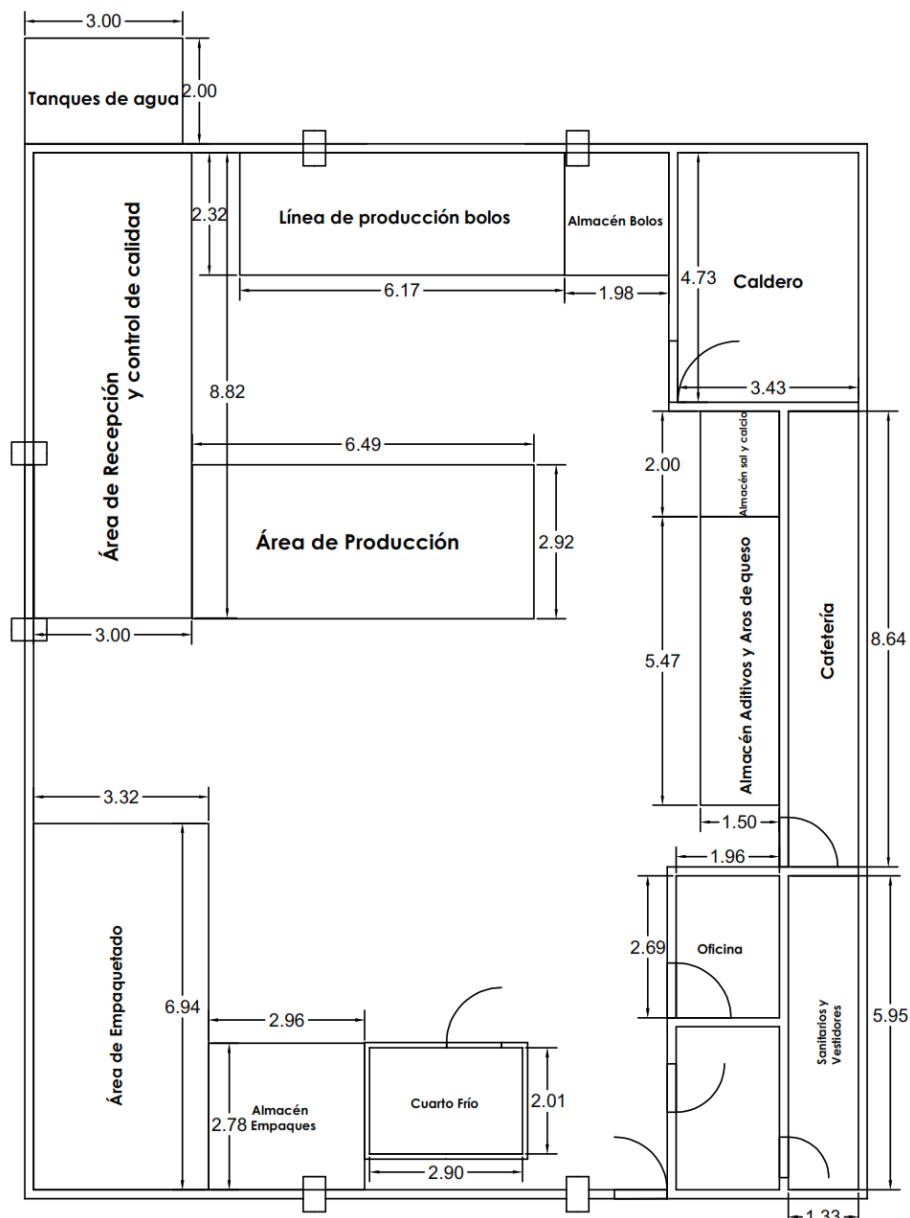


Figura 53. Distribución de planta final con medidas

En la Figura 53 de manera general se observan las medidas de ancho y largo por áreas en la planta. Algo primordial es que la anterior área destinada al almacenaje de empaques se encuentra disponible en comparación a la distribución anterior.

La siguiente Tabla 22, detalla de mejor manera el uso de espacio por área y total en la empresa.

Tabla 22. Espacio Utilizado con propuesta final

Área	Ancho (m)	Largo (m)	Espacio Utilizado (m ²)
Tanques de agua	2	3	6.00
Área recepción y control de calidad	3	8.82	26.46
Área de producción de queso fresco	2.92	6.49	18.95
Área de empaquetado queso	3.32	6.94	23.04
Almacén de empaques	2.78	2.96	8.23
Cuarto Frío	2.01	2.9	5.83
Almacén de aditivos y aros de queso	1.5	5.47	8.21
Almacén sal y calcio	1.5	2	3.00
Caldero	3.43	4.73	16.22
Oficina	1.96	2.69	5.27
Cafetería	1.33	8.64	11.49
Sanitarios y Vestidores	1.33	5.95	7.91
Línea de producción bolos	2.32	6.17	14.31
Almacén de bolos	1.98	2.32	4.59
Espacio Total Utilizado (m²)			159.52

En la Tabla 22 se detalla el espacio utilizado por área y total, considerando los detalles de cambio, el almacén de empaque cambia de 6.03 m² a 8.23 m², que, si bien es más del área que requiere, pero esta puede ser usada para esta clase de almacenamiento o para extender el área de empaquetado o el cuarto frío por la posición donde se encuentra.

En contraste con la Tabla 18, pasa de usar 138.44 m² (42.47%) a 159.53 m² (48.93%) de espacio utilizado de la planta, con la que se cumple con la optimización del espacio físico de la planta, dado que se organiza de manera eficiente todas las áreas existentes y las necesarias para la línea de producción de bolos, minimizando desperdicios y facilitar las operaciones productivas, sin necesidad de ampliar la infraestructura existente.

4.1.21.1. Diseño 3D de propuesta seleccionada

En el siguiente enlace se presenta un video ilustrativo del diseño 3D de las instalaciones, el cual permite visualizar la propuesta de distribución planteada para la nueva línea de producción:

https://drive.google.com/drive/folders/1vcbUt6rpsdGiVeuJ9L_msEA8UwfFcv-x?usp=drive_link

Así como en la Fase I se diseña en 3D las instalaciones, con la propuesta actual se procede hacer lo mismo y se presenta en las siguientes figuras (de la Figura 54 a la Figura 57) las áreas de cambio, pues los demás espacios quedan igual.

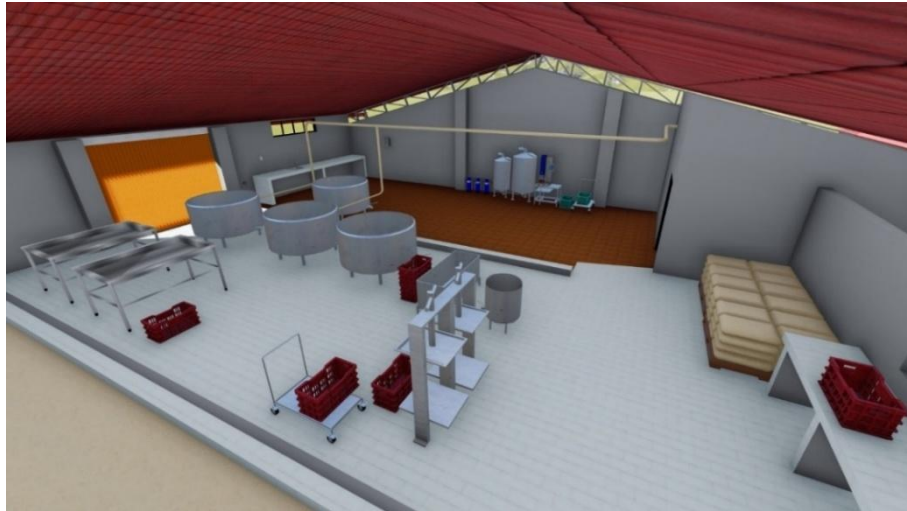


Figura 54. Toma general de la propuesta de redistribución

En la Figura 54 se aprecia de manera general las líneas de producción de queso fresco y bolos.

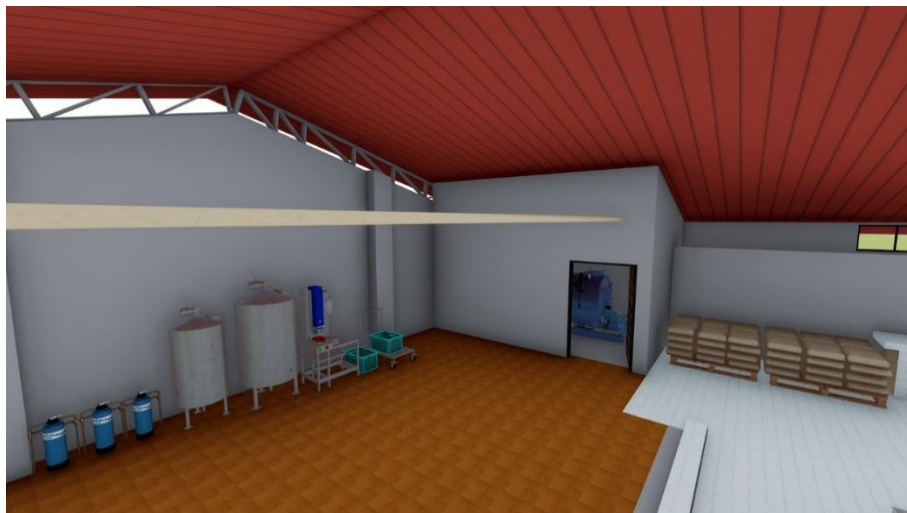


Figura 55. Sistema de producción de bolos

En la Figura 55 se observa el sistema de máquinas e implementos necesarios para producir el refresco en bolsa, también se observa la modificación de la posición de la puerta y el sentido y la modificación en la zona de almacenes para que se ubiquen ahí los aditivos para elaborar el bolo, el pallet para el azúcar y en la sección del mesón se ubiquen los saborizantes, colorantes y demás ingredientes para elaborar el jarabe del bolo.



Figura 56. Adecuación de puerta de área de Caldero

En la Figura 56 se observa el cambio de posición y dirección de la puerta de ingreso al área de caldero de vapor.



Figura 57. Adecuación de almacén y cambio de sentido de puerta caldero

En la Figura 57 se aprecia la modificación de la zona de almacenes para que sea usado para los aditivos tanto de la línea de producción de bolos y queso fresco.

4.1.22. Fase IV: Instalación

Para la investigación no incluye esta fase, debido a que esta etapa corresponde a la ejecución física del diseño propuesto, es decir, a la implementación real del *layout* en la planta y esta depende directamente de los directivos de la empresa, que una vez analizada la propuesta pueden llegar hacerlo.

4.1.23. Modelo de simulación digital de línea de producción de bolos

El diseño de un modelo de simulación digital constituye una herramienta fundamental para anticipar y optimizar el funcionamiento de sistemas productivos antes de su implementación física dentro de la industria. En el contexto de LÁCTEOS LOS ILINIZAS, este enfoque resulta substancialmente pertinente debido a la necesidad de establecer una nueva línea de producción de bolos dentro de una infraestructura ya existente. De esta manera, el desarrollo de este objetivo permitirá establecer una propuesta técnica fundamentada, que sirva como insumo para una futura implementación física, alineada con los recursos disponibles de la planta y con las exigencias del mercado previamente identificado.

A partir de los aspectos técnicos definidos en el primer objetivo se procedió con la construcción del modelo de simulación digital en FlexSim, el cual fue seleccionado debido a que constituye la herramienta empleada en la formación académica de la carrera, lo que garantiza su dominio y aplicabilidad en el desarrollo del proyecto. El modelo fue desarrollado con base al proceso productivo que esta sigue, y no en función de máquinas específicas. Esta decisión responde a la necesidad de representar de manera general y flexible las etapas operativas involucradas en la elaboración del producto, permitiendo así un análisis centrado en la dinámica del flujo de trabajo. Al enfocarse en el proceso, se garantiza que el modelo sea aplicable a diferentes configuraciones de maquinaria que puedan incorporarse en el futuro, lo cual es especialmente pertinente en contextos donde aún no se han definido con precisión los equipos a utilizar. Además, que, con el uso del *software*, herramienta especializada en simulación de sistemas de manufactura, permite representar visualmente, analizar y evaluar de manera detallada los procesos industriales, facilitando la toma de decisiones basadas en datos sobre distribución, tiempos de operación y eficiencia del sistema.

Fundamentado en el capítulo II de la investigación, se estableció la metodología para construir este modelo de simulación.

4.1.23.1. Etapa I: Formulación del problema y plan de estudio

Esta primera etapa se ha venido desarrollando a lo largo de los anteriores apartados de la investigación; con apartados como el planteamiento del problema, formulación de los objetivos, entre otros.

4.1.23.2. Etapa II: Recolección de datos y definición del modelo conceptual

La recolección de datos y definición del modelo conceptual se ejecutó con el desarrollo del primer objetivo principalmente para establecer los parámetros de la simulación, los procesos, número de máquinas, entre otros. Las figuras más relacionadas a este apartado son las Figura 10 y Figura 11 con la representación de los diagramas de flujo de proceso, la Tabla 7 con los aspectos técnicos por máquina para línea de producción y la Tabla 17 con el tiempo por proceso.

En forma de resumen, se construye la tabla 23 que presenta a continuación.

Tabla 23. Componentes del modelo conceptual

Elemento del modelo conceptual	Cantidad	Capacidad	Tiempo	Máquina	Proceso	Componente	Observaciones
Suministro de agua	1					X	Fuente constante de suministros debido a tanque de reservas de agua
Filtrado de agua	1	1440 L/h	normal(747.73; 5.15)	X			
Estación de control de calidad	3	-	normal(300; 60)		X		
Tanque mezclador (Jarabe)	1	200 litros	normal(630.53; 2.75)	X			Incluye el proceso de segundo filtrado
Tanque mezclador y pasteurizador (Mezcla Final)	1	300 litros	normal(1806; 1.04)	X			
Estación de Enfriamiento	1	300 litros	normal(606.57; 1.04)		X		
Envasadora/Sacheteadora	1	1980 u/h	normal(8.38; 1.04)	X			
Empaquetado		1 paquete por operador	normal(32.67; 1.74)		X		

Elemento del modelo conceptual	Cantidad	Capacidad	Tiempo	Máquina	Proceso	Componente	Observaciones
Operador	1					X	Se considero solo 1 operado para formar el modelo conceptual
Almacén de producto terminado	1	130 paquetes de 24 unidades 3120 unidades de bolos				X	

La Tabla 23 detalla las máquinas, procesos y componentes que serán representados dentro de la simulación digital con su respectivos parámetros y observaciones a considerar al momento de construir el modelo

4.1.23.3. Etapa III: Verificación del modelo conceptual

Para la verificación del modelo conceptual propuesto, se recurrió al criterio técnico de la Ingeniera en Alimentos Nataly Molina con experiencia laboral en una industria que contaba con una línea de producción de bolos. Esta validación permitió contrastar la secuencia de operaciones, los equipos seleccionados y la lógica del proceso a ser simulado con las condiciones que se presentan comúnmente en una planta real. Por motivos de confidencialidad no se menciona el nombre de la empresa en la que adquirió experiencia la ingeniera, su revisión se enfocó en verificar la coherencia del proceso y los parámetros de las máquinas de forma general, con base en su conocimiento práctico. De esta manera, se fortaleció la consistencia técnica del modelo antes de avanzar hacia su construcción digital, asegurando que este represente un flujo de producción viable y alineado a la realidad de la industria.

4.1.23.4. Etapa IV: Construcción del programa y verificación

En la Figura 58, se muestra los elementos y conexiones establecidas como base para el modelo de simulación digital.

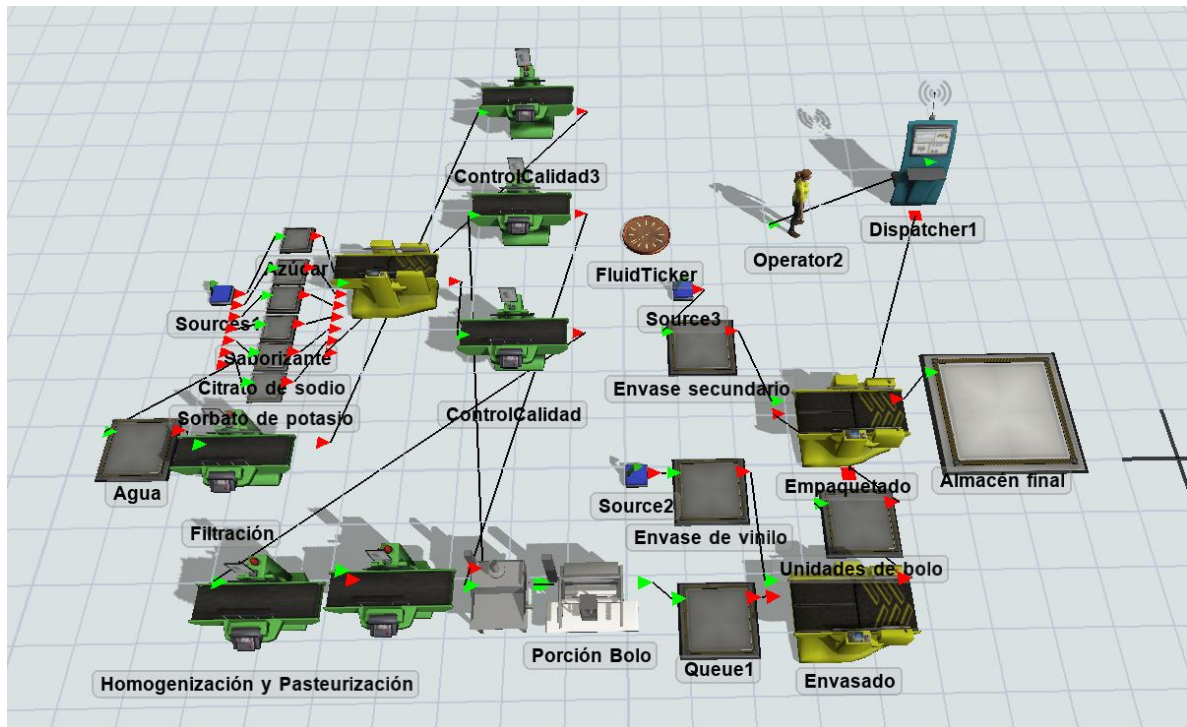


Figura 58. Componentes y conexiones del modelo de simulación

La Figura 58 presenta los componentes y conexiones bases para construir el modelo, además, en esta se identifica un aspecto relevante relacionado con la naturaleza del producto final, pues vincula materiales sólidos y líquidos en el proceso, por tal motivo en el programa se hace uso de dos grupos de componentes en FlexSim de tipo *Fixed resources* y *Fluid*. Por esta razón fue necesario usar más componentes de los que forman parte del modelo conceptual como el *ItemToFluid* para convertir sólidos en líquidos que se requieren de manera estricta caso contrario ciertas máquinas no pueden establecer conexiones y dar continuidad con el proceso. Un punto muy importante por mencionar es que se representaron los tiempos de procesos/máquinas de fluido en la de sólidos dado que estos no se pudieron establecer con claridad en los componentes de *Fluid* y afectaban en la validez de este. Por otro lado, en la figura se detalla el uso de un operador (*Operator*) vinculado directamente con *Dispatcher* de tipo *Task Executer* pues para realizar modificaciones posteriores para los escenarios en cuanto a número de operadores para un mismo proceso/máquina es necesario este componente.

La siguiente figura (Figura 59) establece el modelo de simulación digital de la línea de producción de bolos.

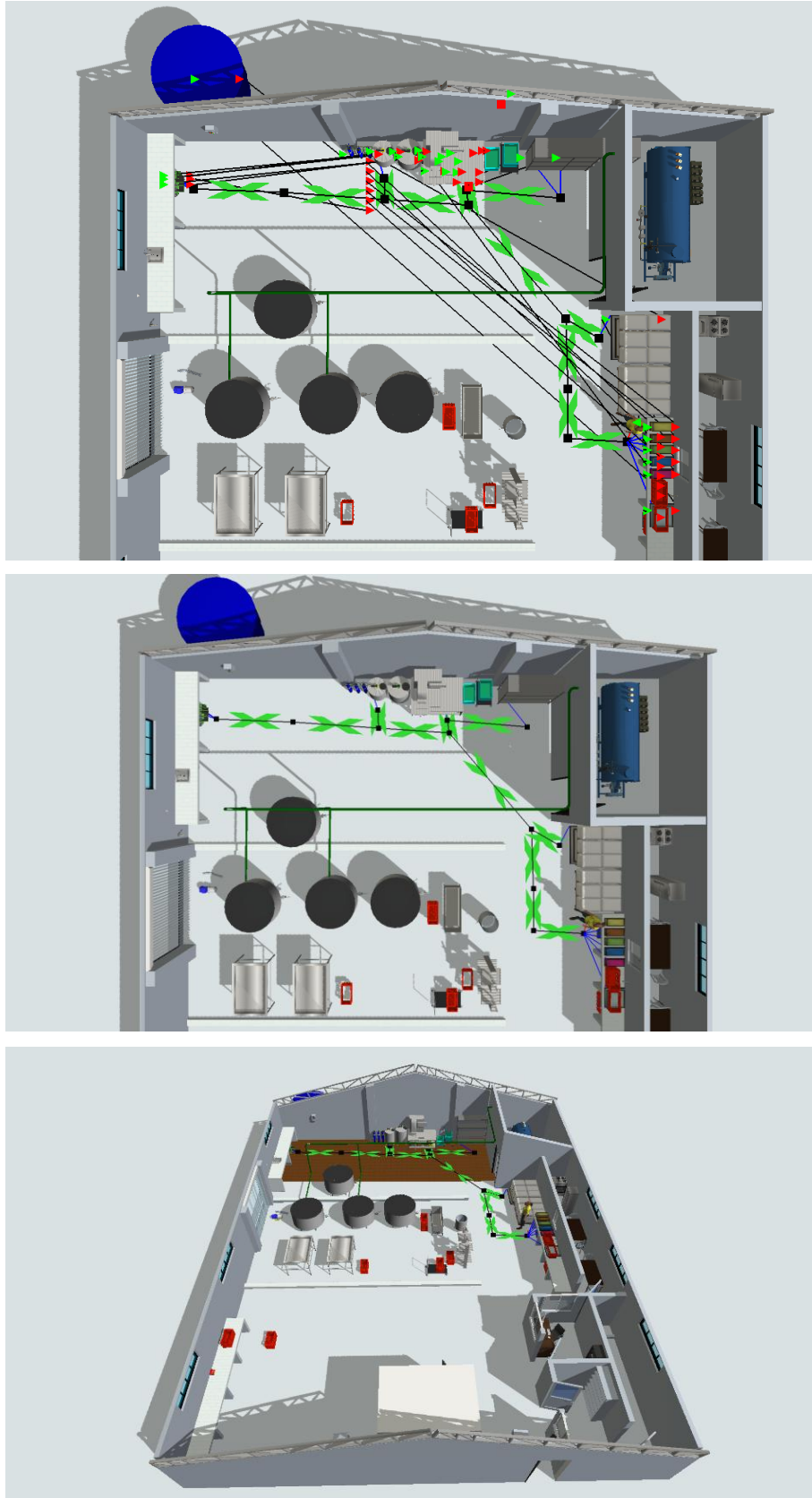


Figura 59. Modelo de simulación digital de línea de producción de bolos

En la Figura 59 se visualiza la ubicación de las máquinas que conforman la línea de producción, si bien a comparación a la Figura 58 aparentemente se aprecian menos

componentes, pero estos se encuentran reducidos en tamaño y se ubican debajo de la máquina donde se desarrolle el proceso con la finalidad de que gráficamente presente la realidad proyectada para la línea. Por otro lado, se establece la ruta que interconecta las partes por medio del componente *NetworkNode (Travel Networks)*, por donde el operador desarrolla sus funciones operativas.

4.1.23.5. Etapa V: Prueba de corrida piloto

Se ejecutó una simulación preliminar del modelo digital con la finalidad de verificar su comportamiento bajo condiciones estándar (modelo conceptual) y asegurar que los parámetros definidos funcionen de manera coherente sin importar el tiempo que llegue a simularse. La Figura 60 evidencia la prueba de corrida piloto.

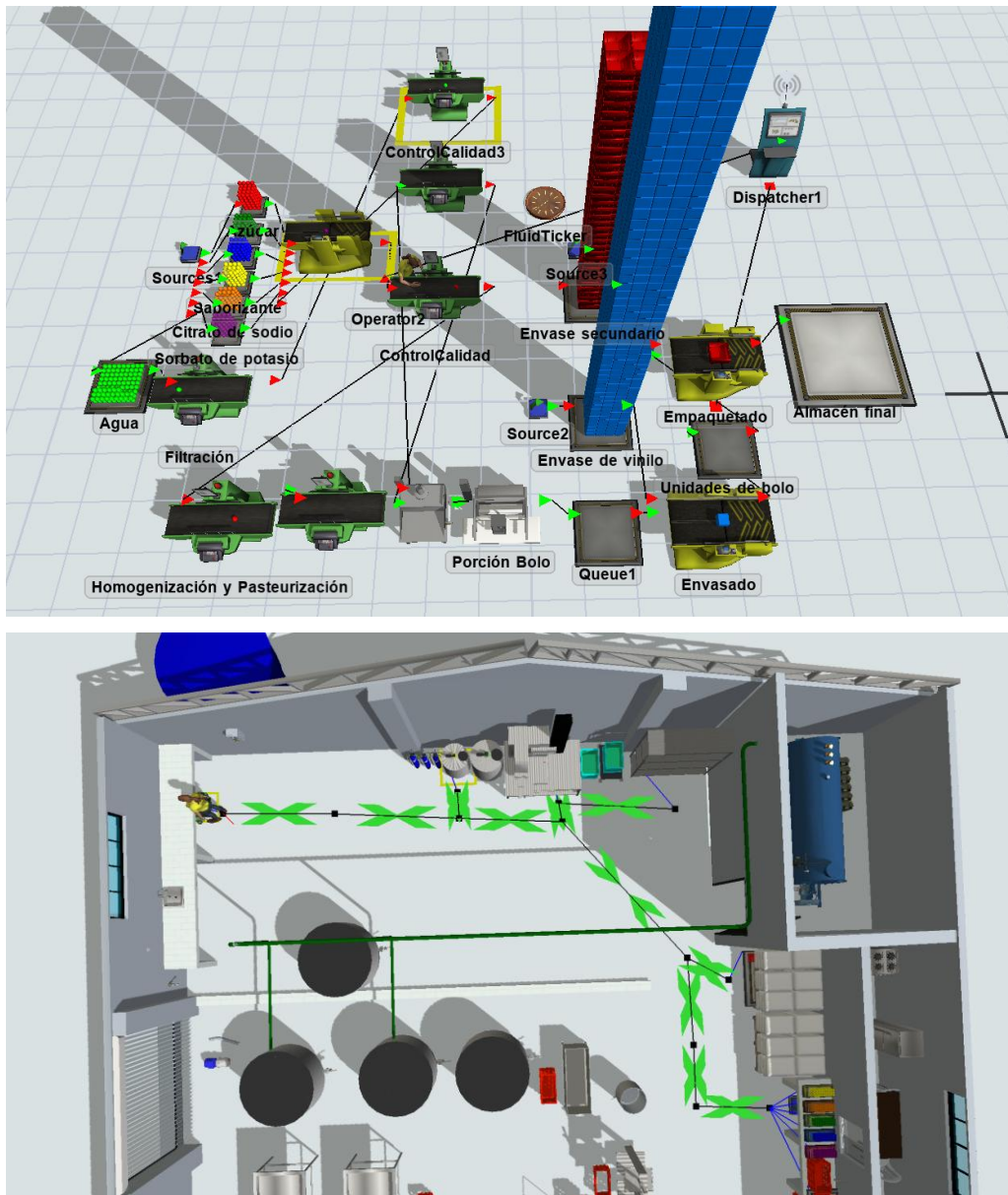


Figura 60. Prueba de corrido

La prueba de corrida piloto visualizada en la Figura 60 permite observar la dinámica del flujo de producción, identificar posibles inconsistencias en la lógica del modelo y validar si los tiempos establecidos reflejan apropiadamente los datos recopilados en anteriores etapas. Además, esta prueba constituyó una fase clave para realizar ajustes antes de avanzar con la etapa de diseño de experimentos, garantizando así la estabilidad y precisión del modelo de simulación de la línea de producción de bolos proyectada para LÁCTEOS LOS ILINIZAS. En este caso, la etapa se desarrolló con éxito y su funcionamiento fue progresivo en el tiempo y nunca dejó de funcionar.

4.1.23.6. Etapa VI: Validación del modelo

Se procedió a verificar que el modelo de simulación digital represente adecuadamente las condiciones proyectadas de una línea de producción de bolos en el *software* seleccionado. Esta validación no solo se basó en la revisión lógica del funcionamiento interno del modelo y en la congruencia de los parámetros definidos a través del análisis documental, la entrevista y validación del experto en la línea, sino que también se respaldó con la validación académica. En este proceso participaron el Ing. Juan Carlos López, tutor del trabajo de investigación, y el Ing. Iván Mafla, docente de la asignatura de simuladores logísticos de la carrera como experto en el manejo del aplicativo usado. Ambos revisaron la estructura del modelo, la secuencia de procesos, los supuestos considerados y los resultados preliminares, confirmando que el modelo cumple con los requerimientos básicos para representar una línea de producción de bolos para LÁCTEOS LOS ILINIZAS. Esta validación permitió cerciorar la coherencia interna del modelo, para continuar con las siguientes etapas y la toma de decisiones dentro del proyecto.

4.1.23.7. Etapa VII: Diseño de experimentos

Para esta etapa se establecieron 2 escenarios de simulación con el objetivo de evaluar el comportamiento del sistema ante modificaciones en la zona identificada como cuello de botella: el área de empaquetado. Esta fase del proceso, donde se conforman paquetes de 24 unidades de bolos, fue detectada como el punto de mayor congestión debido a la alta velocidad operativa de la sacheteadora, la cual genera una salida continua y rápida de producto y forma una cola de espera. Para mitigar este punto crítico y analizar su impacto en el flujo general de la línea, se propusieron escenarios que incluyen la incorporación de 1 y 2 estaciones de empaquetado, lo cual implica, a su vez, el uso de 1 y 2 operadores respectivamente.

Estas configuraciones permitieron observar los efectos de la redistribución de recursos en la eficiencia operativa y el cumplimiento de la demanda a cumplir.

En la Figura 61 se evidencia el diseño de experimento con estos dos escenarios.

The image shows two screenshots of a simulation software interface. The top screenshot displays the 'Performance Measures' window with a count of 3. It contains a table with the following data:

Name	Value	Display Units	Description
Paquetes Procesados	0	paquetes	Número de paquetes de bolos de 24 unidades
Tiempo en almacén	0	segundos	tiempo en almacén (espera)
Rendimiento máquinas	NULL	porcentaje	Eficiencia de área de empaquetado

The bottom screenshot displays the 'Parameters' window with a count of 2. It contains a table with the following data:

Name	Value	Display Units	Description
Número de empaque	1	máquina	número de áreas de empaquetado
Número operadores	1	operador	número de operadores

Figura 61. Definición de métricas de desempeño y parámetros

En la Figura 61 se visualizan las métricas de desempeño por las cuales se analizarán los resultados del diseño de experimentos; paquetes procesados como indicador de la capacidad de la línea y tiempo en almacén como indicador de la cola de espera de las unidades individuales previo a ser empaquetadas y el rendimiento del área de empaquetado. También se establece dos parámetros de cambio para el diseño de experimentos que está directamente relacionado con el cuello de botella identificado con el área de empaquetado.

En esta etapa, el diseño del experimento se limita a dos escenarios, ya que el modelo conceptual de la línea de producción satisface la demanda proyectada. En consecuencia, se consideran únicamente ajustes de bajo impacto en los costos, pero con alta relevancia en los resultados, orientados a incrementar la capacidad de producción o a reducir las horas efectivas de trabajo. Esto se debe a que, en una proyección real, resultaría poco lógico incrementar la inversión en maquinaria costosa para aumentar la producción, cuando la demanda aún no se encuentra consolidada y apenas se prevé su implementación.

4.1.23.8. Etapa VIII: Corridas del modelo

Se procede a ejecutar las simulaciones digitales previamente configuradas en la herramienta de simulación, considerando los escenarios definidos en la fase de

diseño de experimentos. Estas corridas permitieron observar el comportamiento dinámico de la línea de producción de bolos bajo diferentes condiciones de operación.

En la Figura 62 se evidencia el diseño de experimento con estos dos escenarios.

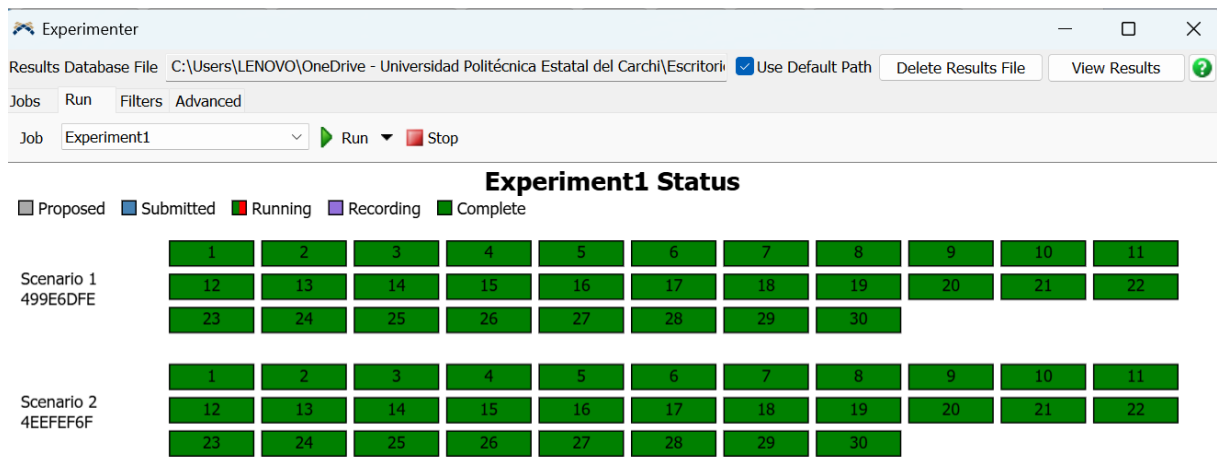


Figura 62. *Experimenter FlexSim*

La Figura 62 evidencia un adecuado desarrollo del módulo de *experimenter* con los escenarios planteados.

4.1.24. Evaluación del modelo de simulación digital

4.1.24.1. Etapa IX: Análisis de datos de salida

Se desarrolló esta etapa como cumplimiento al objetivo 3, entonces, se da continuidad con la evaluación del modelo de simulación digital. Esta fase se enfocó en analizar los diferentes escenarios simulados, considerando no solo los resultados operativos, sino también aspectos clave como los costos asociados a cada alternativa y su viabilidad dentro del contexto real de la planta.

La Figura 63 está constituida con los resultados del diseño de experimentos de estos dos escenarios.

Scenarioid	Número de empaquetado	Número operadores	Paquetes Procesados	Tiempo en almacén
1.00	1.00	1.00	132.50	278.99
2.00	2.00	2.00	131.97	0.05



Figura 63. Resultados de *Experimenter*

En los resultados de la Figura 63 se evidencian que la implementación de una segunda área de empaquetado no representa una alternativa factible para la empresa, pues el promedio de paquetes procesados disminuye en el escenario 2. La cola de espera disminuye considerablemente en un 99.98% pero no hace que la línea sea más eficiente, siendo así que la mejor alternativa es el escenario 1.

En la Tabla 24 se realiza una evaluación del costo que representa cada escenario.

Tabla 24. Costos asociados a cada escenario

Nombre del Equipo	Escenario 1	Escenario 2
Sistema de filtrado	\$670.00	\$670.00
Filtro sanitario tipo en línea	\$152.25	\$152.25
Tanque agitador	\$798.00	\$798.00
Tanque agitador y pasteurizador	\$1590.00	\$1590.00
Máquina de envasado y sellado	\$3105.00	\$3105.00
Mesa de trabajo	\$140.00	\$280.00
Grifo agua	\$16.54	\$16.54
Selladora	\$28.00	\$56.00
Tuberías de acero inoxidable	\$62.93	\$62.93
Total	\$6546.18	\$6730.72

La Tabla 24 detalla los costos asociados con el equipo necesario para la línea de producción en cada escenario, tan solo existe una diferencia de \$184.54, pues únicamente varía los costos en la mesa de trabajo y la selladora y sus costos no son tan elevados.

La Tabla 25, muestra valor por insumos y mano de obra en los distintos escenarios.

Tabla 25. Costo mensual en dólares (\$) de insumos y mano de obra

Costos	Escenario 1 (9 horas)	Escenario 2 (9 horas)
Salarios	\$705.38	\$1,410.75
Agua	\$5.95	\$5.92
Luz	\$1.34	\$1.34
Azúcar	\$421.31	\$419.62
Ácido cítrico	\$107.58	\$107.15
Sorbato de potasio	\$36.04	\$35.90
Citrato de sodio (conservante)	\$13.82	\$13.76
Colorante natural o artificial	\$12.29	\$12.24
Saborizante (Cualquier sabor)	\$24.27	\$24.17
Total	\$1,327.97	\$2,030.86

En la Tabla 25 se aprecian los 2 escenarios ejecutados con el diseño de experimentos. Para la construcción de la tabla se consideró por una parte el salario básico de un ingeniero en Alimentos en Ecuador según Paylab (s.f) es de \$627, el costo del agua y luz referenciados en Pliegos Tarifarios y los demás insumos en proveedores del mercado ya definidos en anteriores apartados y por otra la demanda mensual de cada escenario (63600 y 63345.6 unidades de bolo), respectivamente y las horas de operación. Teniendo claro esto, se aprecia una gran diferencia de costos con una

capacidad de producción diferenciada por una unidad de bolo, si bien el tiempo de espera de las unidades disminuye considerablemente pero no resulta eficiente, pues presenta un nuevo cuello de botella con la sacheteadora, la cual debería ser reemplazada por una más rápida o a su vez incrementar otra, lo que representaría un costo mucho más elevado que no es razonable porque apenas se planea implementar la línea de producción y la demanda no representa el riesgo . El costo más elevado corresponde al escenario 2 con \$2030.86 y el menor es el escenario 1 con \$1327.97. Por lo tanto, el mejor escenario el 1 (modelo conceptual planteado) pues tiene un menor costo y cumple con uno de los puntos claves de la investigación – producción basada en la demanda proyectada.

Una vez identificado el mejor escenario, a continuación, se presentan los *dashboard* (Figura 64 a Figura 68) más representativos del mismo, para corroborar que cumplan con la demanda planeada y evaluar el rendimiento de las máquinas/procesos y operador.

La Figura 64, muestra el total de unidades individuales y paquetes procesados.

Output

Object	Throughput
Envasado	3189
Empaquetado	132

Figura 64. Total de unidades y paquetes procesados

En la Figura 64 se evidencia que en el escenario se procesan 132 paquetes de 24 unidades de bolos necesarios para cubrir la demanda y 3189 unidades de bolos, lo que significa que 21 unidades quedan a espera de completar un paquete más.

La siguiente figura (Figura 65), corresponde al rendimiento del operador.

State Bar

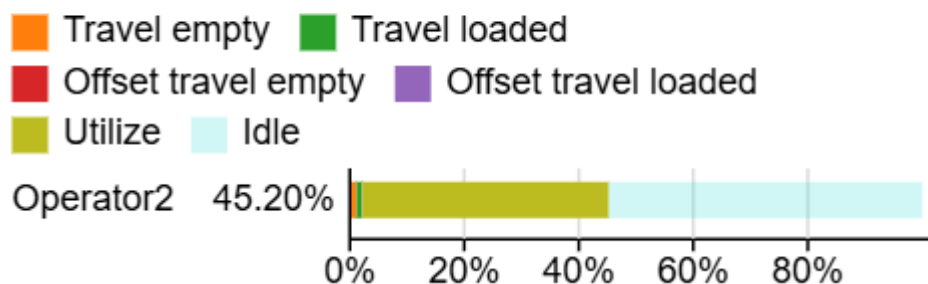


Figura 65. Rendimiento de operador

En cuanto al rendimiento del operador (Figura 65), de manera global representa un 45.20%, este mayormente está compuesto por el porcentaje de utilización 43.02%, *idle* (inactivo) 54.80% que se refleja particularmente por el tiempo que tardan las operaciones de las máquinas y en mínimas fracciones por viaje vacío (*travel empty*), viaje cargado con insumos necesarios para la producción (*travel loaded*), *off travel empty* y *off travel loaded*.

A continuación, se expone la Figura 66, que representa el rendimiento de los procesos en el modelo.

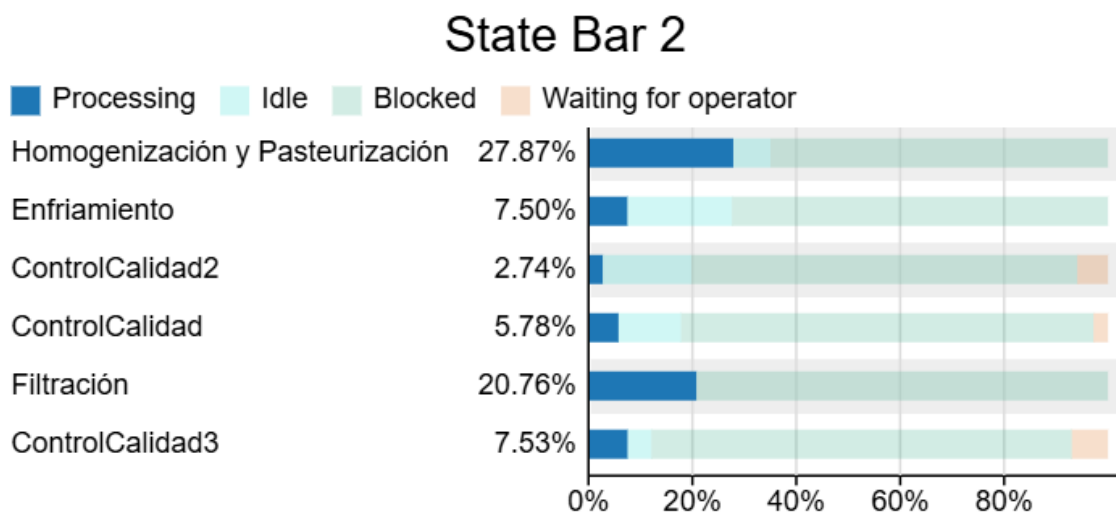


Figura 66. Rendimiento de procesos

En la Figura 66 se evidencia que, al representar una única parada de producción diaria, el rendimiento de los procesos es menor comparado con el *idle* en algunos casos, la espera por operador (*waiting for operator*) y obstruido (*blocked*), puesto que incrementar mano de obra para una línea que apenas inicia y con una demanda relativamente reducida no es conveniente, interfiere directamente en la elevación de los costos de producción.

Seguidamente se presenta la Figura 67 que detalla el rendimiento de la sacheteadora y área de empaquetado.

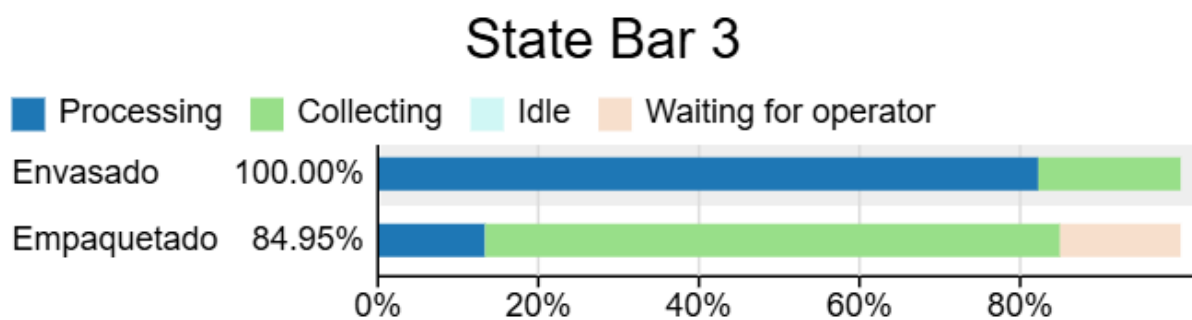


Figura 67. Rendimiento de Sacheteadora y área de empaquetado

En la Figura 67 se evidencia un comportamiento diferenciado entre las etapas de envasado y empaquetado dentro del modelo de simulación. La sacheteadora (envasado) presenta un rendimiento del recurso al 100% en estado de procesamiento, lo que indica que la operación se mantiene activa durante todo el tiempo simulado, sin periodos de inactividad o espera significativos, y únicamente con una mínima proporción destinada a la recolección que es totalmente normal. En contraste, el área de empaquetado muestra un 84.95% de rendimiento, acompañado de una alta proporción de tiempo en recolección que es normal y una fracción considerable en espera por operador. Este patrón confirma que el área de empaquetado constituye un cuello de botella en la línea de producción, debido a que su ritmo de trabajo y dependencia de la intervención del operador, generan retrasos acumulativos, afectando el flujo continuo del proceso y evidenciando la necesidad de optimizar esta etapa junto a la sacheteadora en un futuro para una mejora global, cuando la demanda incremente, pues por el momento no representa un problema para la línea.

La siguiente figura (Figura 68) presenta el tiempo promedio de espera de unidades envasadas antes de ser empaquetadas.

Staytime

Object	AvgStaytime	MinStaytime	MaxStaytime
Unidades de bolo	283.36	0	3135.88

Figura 68. Tiempo promedio de espera de unidades envasadas antes de ser empaquetadas

En la Figura 68 se observa el tiempo promedio de espera de las unidades de refresco en bolsa de 283.36 seg y un tiempo máximo de 3135.88 seg, estas representan una cola de espera bastante considerable para la línea, pero por el momento no es conveniente ejecutar modificaciones, por el costo que representa y la demanda que todavía no es estable.

4.1.24.2. Etapa X: Documentación, presentación e implementación

Esta etapa representa la fase final del proceso metodológico de plantear el modelo de simulación y tiene como propósito consolidar todos los resultados obtenidos a lo largo del desarrollo del modelo de simulación digital. En este punto, se ha estructurado el presente documento de investigación que contiene de forma clara,

ordenada y comprensible cada una de las etapas del estudio en general no solo del modelo de simulación, sino también de la variable relacionada a la optimización del espacio físico de la planta. Esta documentación será entregada formalmente a LÁCTEOS LOS ILINIZAS, dado que fue esta quien solicitó el apoyo técnico y académico para proyectar una posible línea de producción de bolos. Además, se debe aclarar que la implementación del modelo propuesto no conforma parte del alcance de la investigación, por lo que la aplicación práctica será responsabilidad directa de la empresa, considerando su juicio de valor, las capacidades operativas, financieras y estratégicas.

En el siguiente enlace se presenta un video ilustrativo del modelo de simulación digital y su funcionamiento:

https://drive.google.com/drive/folders/1vcbUt6rpsdGiVeuJ9L_msEA8UwfFcv-x?usp=drive_link

4.1.25. Prueba de hipótesis

Para dar inicio con la prueba de hipótesis se referencia la Figura 67 como guía en la elección de la prueba de hipótesis a ejecutar en función al tipo de datos, grupos, etc.

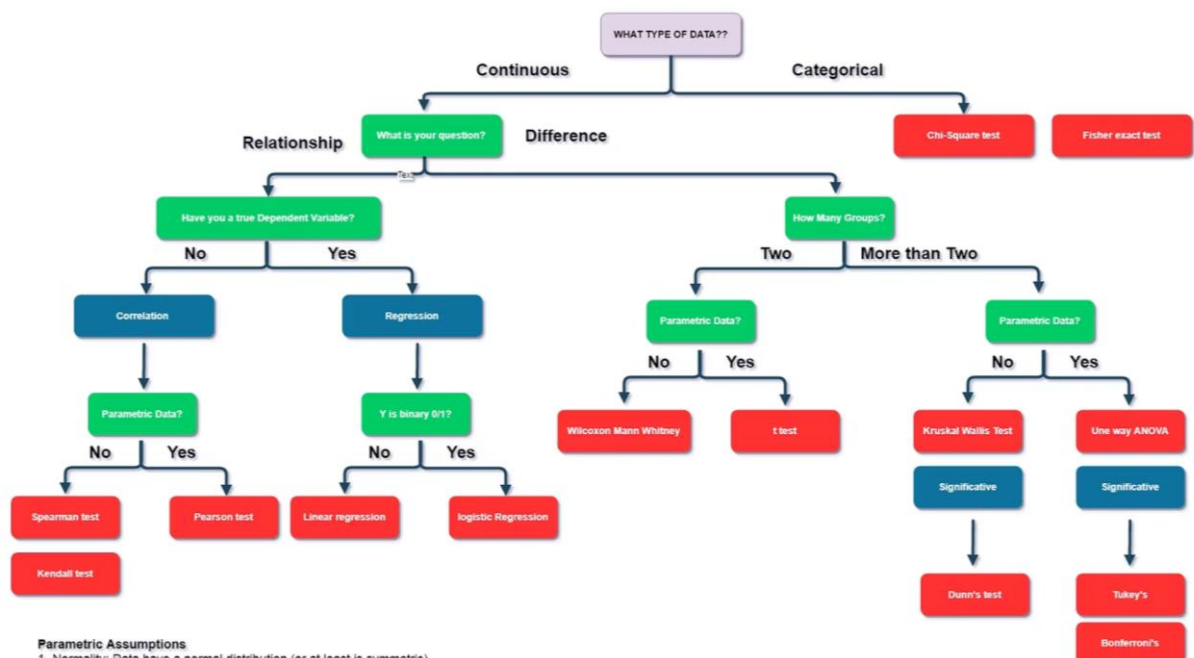


Figura 69. Diagrama de selección de pruebas estadísticas
Fuente: Quick Guide to Commonly Used Statistical Tests, Ortiz (2021)

Con base en el análisis del diagrama, se determinó que la prueba de hipótesis adecuada para esta investigación es la prueba *t test*. Esta elección se sustenta en

que los datos obtenidos tras el diseño de experimentos corresponden a variables continuas y paramétricas, y que el objeto es comparar el tiempo de espera de dos escenarios distintos.

A continuación, se procede con la prueba de hipótesis. Para realizar esta se efectuó uso de la herramienta estadística *R Studio*.

Formulación de Hipótesis:

H_0 : La implementación de una segunda área de empaquetado no reduce el tiempo promedio de permanencia de los bolos en el área de almacenamiento previo al empaque en comparación con una sola área.

$$\mu_2 \geq \mu_1$$

H_1 : La implementación de una segunda área de empaquetado reduce el tiempo promedio de permanencia de los bolos en el área de almacenamiento previo al empaque en comparación con una sola área.

$$\mu_2 < \mu_1$$

Donde:

μ_1 : media del tiempo de espera con 1 área de empaque

μ_2 : media del tiempo de espera con 2 áreas de empaque

Establecer nivel de significancia:

Debido al equilibrio entre minimizar el riesgo de errores y permitir la posibilidad de detectar efectos reales, se establece el nivel de confianza del 95% para esta prueba de hipótesis.

$$\text{Nivel de Confianza (NC)} = 0.95$$

$$\text{alfa } (\alpha) = 1 - \text{NC}$$

$$\alpha = 1 - 0.95$$

$$\alpha = 0.05$$

Criterio de decisión

Si el p-valor (valor de probabilidad) resulta menor o igual que α (nivel de significancia), se rechaza la hipótesis nula H_0 y la hipótesis H_1 es acertada

La Tabla 26 muestra los datos obtenidos a partir del diseño de experimentos con FlexSim

Datos:

Tabla 26. Datos del diseño de experimento (tiempo de espera)

Número Rep	Escenario 1 (Tiempo en seg)	Escenario 2 (Tiempo en seg)
Rep 1	283.36	0.06
Rep 2	303.02	0.05
Rep 3	276.88	0.04
Rep 4	281.94	0.03
Rep 5	284.12	0.05
Rep 6	269.11	0.04
Rep 7	266.47	0.05
Rep 8	280.30	0.05
Rep 9	266.74	0.05
Rep 10	274.38	0.01
Rep 11	275.16	0.03
Rep 12	279.04	0.04
Rep 13	280.57	0.05
Rep 14	280.18	0.06
Rep 15	290.42	0.04
Rep 16	298.40	0.06
Rep 17	281.45	0.04
Rep 18	266.50	0.05
Rep 19	263.30	0.06
Rep 20	270.54	0.04
Rep 21	275.42	0.05
Rep 22	280.86	0.04
Rep 23	286.21	0.08
Rep 24	274.89	0.04
Rep 25	282.87	0.05
Rep 26	266.15	0.05
Rep 27	279.93	0.04
Rep 28	284.30	0.04
Rep 29	286.94	0.04
Rep 30	280.28	0.06

En la Tabla 26 se aprecia el registro del tiempo promedio de espera de las unidades bolos en el almacén previo a ser empaquetados.

La Figura 68 muestra el proceso realizado para la prueba de hipótesis.

```

escenario1 <- c(283.36, 303.02, 276.88, 281.94, 284.12, 269.11, 266.47, 280.30, 266.74, 274.38, 275.16, 279.04,
280.57, 280.18, 290.42, 298.40, 281.45, 266.50, 263.30, 270.54, 275.42, 280.86, 286.21, 274.89,
282.87, 266.15, 279.93, 284.30, 286.94, 280.28)
escenario2 <- c(0.06, 0.05, 0.04, 0.03, 0.05, 0.04, 0.05, 0.05, 0.05, 0.01, 0.03, 0.04, 0.05, 0.06, 0.04, 0.06,
0.04, 0.05, 0.06, 0.04, 0.05, 0.04, 0.08, 0.04, 0.05, 0.05, 0.04, 0.04, 0.04, 0.06)
##ESCENARIO 1

mean(escenario1) #278.991
sd(escenario1) #9.1502

##ESCENARIO 2

mean(escenario2) #0.046
sd(escenario2) #0.012

##Supuesto de Normalidad
shapiro.test(escenario1)
shapiro.test(escenario2)
##Supuesto de Homocedasticidad
var.test(escenario1,escenario2)

t.test(escenario1,escenario2,alternative = "two.sided",
conf.level = .95, var.equal = FALSE)

```

Figura 70. Prueba de Hipótesis con software R Studio

En la Figura 68 se observa el uso software estadístico R con la función `t.test(escenario1, escenario2, alternative = "two sided", conf.level = 95, var.equal = FALSE)`, En la siguiente Figura 69 se muestra los resultados obtenidos.

```

> t.test(escenario1,escenario2,alternative = "two.sided",
+       conf.level = .95, var.equal = FALSE)

Welch Two Sample t-test

data:  escenario1 and escenario2
t = 166.97, df = 29, p-value < 2.2e-16
alternative hypothesis: true difference in means is not equal to 0
95 percent confidence interval:
 275.5279 282.3614
sample estimates:
 mean of x   mean of y
278.9910000  0.04633333

```

Figura 71. Resultados de Prueba de hipótesis

Conclusión con p – valor:

Realizando la comparación se tiene que $(2.2e-16) < 0.05$ (el p-valor $< \alpha$), entonces, se rechaza H_0 y se puede concluir que existe evidencia estadística suficiente para decir que la implementación de una segunda área de empaquetado reduce el tiempo promedio de permanencia de los bolos en el área de almacenamiento previo al empaque en comparación con una sola área.

4.2. DISCUSIÓN

El desarrollo de la presente investigación permitió visualizar con claridad las implicaciones operativas, materiales y espaciales de implementar una línea de producción de bolos en la planta de LÁCTEOS LOS ILINIZAS, con el diseño de un modelo de simulación digital que se ajustara a las características reales del entorno

productivo y la demanda diaria. Para ello, se utilizó el *software* FlexSim, con el cual se simularon distintos escenarios centrados exclusivamente en la zona de empaquetado, al ser esta la identificada como el cuello de botella. Dicha decisión se sustentó en la naturaleza semiautomatizada de la línea propuesta, donde los operadores tienen un rol de supervisión y control más que de intervención directa, lo que convierte en algo innecesario plantear escenarios considerando esta área con menor incidencia operativa, además que la demanda diaria de producto que se plantea a partir del estudio de mercado fácilmente se puede cubrir sin necesidad de incrementar máquinas.

Los resultados obtenidos a partir de los escenarios simulados, que variaban en el número de operadores y estaciones de empaquetado (una y dos respectivamente), permitieron identificar que el impacto es mínimo, si bien reduce la cola de espera de las unidades individuales de bolo, pero no incrementa la cantidad de productos finales, lo que se reduce en un escenario ineficiente en relación con el costo-beneficio (\$1327.97 – 132.50 paquetes) vs (\$2030.86 – 131.97 paquetes) y la realidad operativa de la planta, lo que pasa a formar parte de la base sólida con información clave para la toma de decisiones que puede tomar la empresa.

En lo referente a la distribución física, se identificó un desaprovechamiento evidente del espacio, generado principalmente por la dispersión de las áreas funcionales y por rutas innecesarias que seguían los trabajadores. Frente a ello, se planteó la reubicación estratégica de los almacenes, lo que permitió alcanzar una mejor organización del flujo productivo. Este rediseño resultó en una utilización más eficiente del área disponible, pues inicialmente se usaban 138.44 m², lo que representa apenas el 42.47%. Con la propuesta de optimización de espacio físico, se mejora la ocupación del área con 159.53 m² (48.93%) proyectados a uso, mejorando aspectos como el desplazamiento y la operación en general de la planta. Sin embargo, aún existe espacio disponible dentro de planta que está siendo subutilizado, por el cual se podrían proyectar otra línea de producción con un producto distinto o ampliación de la línea existente de queso fresco, todo esto bajo un estudio previo.

Con relación al cumplimiento de los objetivos específicos de la investigación se evidencia de manera clara en los resultados obtenidos. El primer objetivo, enfocado al análisis técnico de la línea de producción, incluyendo costos, que se logró mediante el diseño del proceso productivo considerando las condiciones de la

planta, mismo que está sustentado en antecedentes técnicos y en la aplicación de la metodología SLP. El segundo objetivo, relacionado con el diseño del modelo de simulación digital, se alcanzó de forma parcial y no porque no sea funcional o importante al contrario lo es, sin embargo, en términos de la optimización espacial, se esperaba que FlexSim permitiera visualizar la distribución física real, pero este *software* opera bajo una lógica de procesos y máquinas, lo cual limitó en un inicio en su aplicación directa al diseño espacial, pero se dio paso a representarlo en Sketchup y Lumion como herramienta de representación visual real de esta distribución. La simulación permitió identificar las restricciones del sistema y modelar el comportamiento productivo en dos escenarios operativos. Finalmente, el tercer objetivo se cumplió al evaluar los cuellos de botella y la comparación de alternativas operativas que, de implementarse, mejorarían el rendimiento general del sistema y no corren riesgos prematuros.

En lo relacionado al antecedente de García y Romero (2020), los cuales sostienen que una de las estrategias más acertadas que puede adoptar una empresa es la simulación de escenarios de solución mediante herramientas de eventos discretos como FlexSim. Esta metodología permite proyectar mejoras en la productividad sin incurrir en costos ni asumir riesgos asociados a la inversión real, lo que facilita la toma de decisiones fundamentadas antes de implementar cambios en el entorno operativo, que se alinea a esta investigación, puesto que se proyecta el funcionamiento de la línea de producción de bolos en el espacio necesario considerando la mejor alternativa. Por otro lado, es importante mencionar los resultados del antecedente, tras plantear 4 escenarios (1 (original), 2, 3, 4a y 4b) el (2 y 3) configurado con 2 y 3 operadores para el manejo de un conjunto de 52 máquinas y los escenarios (4a y 4b) la disminución de máquinas a 36 y 30 con un único operador y contrastarlos con su estado actual (modelo 1), la eficiencia de la línea en conjunto mejora 32.25%, 39.1%, 21.94% y 29.17% respectivamente, incrementando la capacidad de producción. Mientras que en la simulación de la línea de producción de bolos los resultados de incrementar una estación y operador para el empaque, representó un leve incremento en la eficiencia del área de empaquetado pasando de un 13.36% (procesando) y 71.60% (recolectando) a un 12.71% (procesando) y 94.24% (recolectando), mismo que no representa un incremento en la capacidad de producción, más bien un porcentaje de disponibilidad del área para empaquetar unidades de bolo, porque no logra producir un mayor número de producto final, a

partir, de esto se identificó que el cuello de botella está conformado desde la sacheteadora hasta el área de empaquetado, concluyendo así que la mejor alternativa es establecer el modelo de simulación como el modelo conceptual diseñado, pues se adapta perfectamente a la demanda proyecta y representa un costo menor. Por lo tanto, los mejores resultados obtenidos son por parte del antecedente investigativo al plantear más de dos configuraciones para el diseño de experimentos.

En el antecedente de Morales et al. (2024) con el diseño de un modelo de proceso industrializado mediante simulación en FlexSim redujeron el tiempo en un 74.29% e incrementaron la capacidad operativa en un 25%, eliminando cuellos de botella y mejorando la eficiencia global del sistema. En contraste, con la presente investigación el diseño de experimentos redujo la cola de espera de las unidades de refresco en bolsa en un 99.98%, sin embargo, a partir de este se consolida un nuevo punto crítico de la envasadora. Misma particularidad que puede ser considerada para futuras investigaciones en la planta, si llega a implementar la línea de producción y pretende expandir la capacidad de producción, pues de momento el modelo conceptual es el adecuado para la empresa. Entonces, los mejores resultados son los de esta investigación puesto que reduce un porcentaje mayor en tiempo.

Por otra parte, la investigación de Zavala Giles (2024) enfocada en la variable optimización de espacio físico determinó que la distancia en el traslado de materiales redujo un 50.72% y el espacio disponible para futuras expansiones aumentó un 333.19%, lo que confirma la efectividad de la propuesta de mejora a través de la metodología SLP. En lo que respecta a esta investigación, se maximiza el uso del espacio físico, pues con la proyección de implementación de la línea de producción de bolos se pasa del 42.47%. a un 48.93%, con la reubicación principalmente de los almacenes de la línea de producción de queso fresco para evitar contaminación cruzada y aprovechado los recursos como máquinas, espacios y recursos. En esta comparativa no se puede determinar un mejor resultado dado que la optimización en el antecedente está enfocado en la minimización del espacio en uso y en la investigación se maximizó el espacio utilizado con la línea de producción de bolos planeada.

En el trabajo investigativo de Restrepo et al. (2023) los principales resultados fueron que el proceso de distribución de planta realizado por la empresa resultó exitoso al optimizar el uso del espacio, incrementar la eficiencia y productividad, y fortalecer su capacidad de adaptación a las demandas del mercado. La aplicación de la metodología de las 5's permitió mejorar la organización, clasificación y gestión del espacio, eliminando productos innecesarios y reorganizando estratégicamente las áreas, como la reubicación de departamentos en un segundo piso y la asignación de espacios para talento humano y gestión comercial en un cuarto piso, lo que favoreció la comunicación y coordinación interna. A diferencia de esta investigación, esta llega hasta el proceso de planificación y estructuración de aspectos técnicos en general y funcionamiento de la línea de producción, puesto que todavía no es una realidad. Por ende, el antecedente obtiene resultados más sobresalientes porque llega hasta la etapa de implementación, punto que para esta investigación no fue posible concretar.

Finalmente, en la investigación de González Flores (2024) el diagnóstico de las instalaciones de Jambi Kiwa evidenció ineficiencias en el flujo de trabajo, con recorridos de 259,75 m para 15 transportes, afectando la productividad. Mediante la metodología PRISMA se determinó que la SLP era la más adecuada para priorizar áreas clave y optimizar desplazamientos. La propuesta, técnica y económicamente viable, proyecta reducir 351,25 metros recorridos (10,60%) con una inversión de \$3000,16, considerando la participación del personal para disminuir costos. Este rediseño fortalece la competitividad de la empresa y sirve de referencia para otras en el sector. En contraste con la investigación los resultados relacionados a lo técnico y económico se pueden mencionar que el costo por la línea de producción es de \$6,850.62, se requiere de una superficie de 6.29 m² y 13.10 m³ de volumen y el costo por parada de producción es de \$30.34 con un horario laboral de 9 horas efectivas 5 días a la semana. Siendo así, ninguna de las partes puede ser calificadas como mejor, pues no existe un parámetro semejante para comparar, la metodología de trabajo es bastante similar, pero la naturaleza de la empresa en la que se aplica es diferente.

Es importante señalar que la restricción del estudio fue la inexistencia de una línea de producción operativa referencial. Esta condición no constituyó una limitante para el desarrollo de la investigación, sino que condujo a establecer la formulación, los parámetros, tiempos operativos, entre otros a partir de referencias bibliográficas y estudios de casos similares. Pese a esta restricción, la investigación ha permitido

establecer bases sólidas en cuanto aspectos técnicos y operativos para una posible implementación real de la línea de producción de bolos en LÁCTEOS LOS ILINIZAS. Considerando que el estudio no solo proporciona un modelo funcional, sino también una proyección fundamentada sobre el comportamiento de la línea en diferentes condiciones operativas, incluso hasta antes que esta exista, sirve como guía a futuras decisiones estratégicas de inversión y crecimiento productivo.

En lo que respecta a la prueba de hipótesis se logró afirmar que existe evidencia estadística suficiente para decir que la implementación de una segunda área de empaquetado reduce el tiempo promedio de permanencia de los bolos en el área de almacenamiento previo al empaque en comparación con una sola área. Aunque este parámetro no mejoró el número de paquetes procesados, se pudo establecer para futuras investigaciones que existen conjuntos de áreas que pasan a formar una sola estación y representan un solo cuello de botella.

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

- El análisis del *layout* actual de LÁCTEOS LOS ILINIZAS evidenció que únicamente 138.44 m², equivalentes al 42.47% del área total de la planta, están en uso actualmente, lo que representa un desaprovechamiento significativo del espacio disponible y confirma la necesidad de un rediseño físico.
- La aplicación de la metodología *Systematic Layout Planning* (SLP) permitió generar tres propuestas de redistribución. La propuesta seleccionada, evaluada con una ponderación de criterios como flujo de materiales, reducción de distancias y factibilidad de implementación, obtuvo el puntaje más alto con 95/100.
- Con la aplicación de la metodología SLP se consigue una maximización de uso del espacio físico de la planta a 163.27 m² que corresponde al 50.08% y el uso de áreas y recursos que la planta dispone como lo es el caldero industrial, tanque de agua, almacenes y área de control de calidad.
- El costo de inversión inicial por una línea de producción de bolos con capacidad de 3120 unidades de 85ml diarios es de \$6,850.62.
- Los costos estimados por insumos y mano de obra mensuales representan \$1,327.97.
- Aunque la optimización de espacio físico mejora la utilización del espacio físico en la planta de LÁCTEOS LOS ILINIZAS, aumentando el aprovechamiento del 42,47 % al 48.93 %, todavía persiste una proporción significativa de área que no es utilizada. Esto evidencia que, a pesar del progreso alcanzado, existen oportunidades para optimizar aún más la distribución y sacar un mayor provecho del espacio disponible.
- La simulación digital en FlexSim identificó que el cuello de botella se encontraba en el área de empaquetado de paquetes de 24 unidades, con una utilización del recurso de solo 84.95%, frente al 100% de utilización de la sacheteadora, generando acumulaciones y tiempos de espera significativos. Los escenarios experimentales mostraron que implementar dos estaciones de

empaquetado reduciría en un 99.98% los tiempos de espera promedio en dicha etapa, pero no representa una mejora viable, pues genera un nuevo cuello de botella.

- Aunque la herramienta de simulación no permitió optimizar directamente el espacio físico, sí proporcionó información clave sobre la utilización de recursos, acumulación de producto y tiempos de ciclo, lo que complementó el rediseño físico obtenido mediante SLP.
- La entrega del diseño 3D desarrollado en SketchUp y renderizado en Lumion brindó a la empresa una visualización precisa de la línea de producción propuesta, facilitando la evaluación de su implementación futura.

5.2. RECOMENDACIONES

- El acceso a datos reales provenientes de una línea operativa similar o la realización de pruebas piloto internas permite obtener información más precisa sobre tiempos, capacidades y tasas de producción, ajustando los resultados del modelo al contexto local. Este enfoque contribuye a validar y afinar los parámetros del sistema antes de su implementación real.
- El fortalecimiento de los procesos de planificación física mediante metodologías como SLP facilita una optimización más efectiva del espacio, especialmente en plantas con recursos limitados. Su aplicación puede resultar particularmente útil en escenarios de expansión o reorganización de la planta, al proporcionar un marco estructurado para la disposición de áreas y flujos de trabajo.
- Bajo un estudio previo detallado, la evaluación de implementación de una nueva línea de producción o la ampliación de la línea de queso fresco que la empresa ha manejado históricamente podría permitir el aprovechamiento de los espacios actualmente no utilizados, aumentando la eficiencia del *layout* y potenciando la capacidad productiva de la planta.
- El uso de la simulación digital se presenta como un instrumento estratégico para analizar nuevos procesos, identificar cuellos de botella y evaluar la planificación de la producción. Esta herramienta permite explorar diferentes escenarios sin incurrir en costos físicos, aportando información valiosa para la toma de decisiones y la prevención de problemas operativos.
- El diseño propuesto para la línea de producción de bolos para LÁCTEOS LOS ILINIZAS sirve como referencia inicial para la futura implementación, con la

posibilidad de realizar ajustes basados en observaciones y pruebas reales una vez que la línea se encuentre en funcionamiento. Esta aproximación asegura una transición más controlada y alineada con las condiciones operativas de la planta.

- LÁCTEOS LOS ILINIZAS debería utilizar esta investigación para tomar una decisión respaldada para la implementación de la línea de producción de bolos, pues el trabajo está alineado a la realidad de la empresa, el modelo cumple con la demanda proyectada del producto y su diseño 3D se adapta al espacio disponible.

VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acerosur. (s.f.). Coche de plataforma. Acerosur. <https://gastroequipos-acerosur.com/products/coche-de-plataforma?variant=30705015521333>
- Addlink. (s.f.). WITNESS 27 Simulación de procesos logísticos y de fabricación.
- Addlink. <https://www.addlink.es/productos/witness#descripcion>
- Agencia de Regulación y Control de Electricidad. (2025). Pliego tarifario del servicio público de energía eléctrica: Año 2025 [Archivo PDF]. CNEL EP. <https://www.cnelep.gob.ec/wp-content/uploads/2025/01/2.-Pliego-Tarifario-del-Servicio-Publico-de-Energia-Electrcia-ano-2025.pdf>
- Applied Smart Factory. (s.f.). Simulación SmartFactory AutoMod Versión para estudiantes y licencia académica. Applied Smart Factory. <https://appliedsmartfactory.com/semiconductor/supply-chain-solutions/simulation-automod/for-students-and-academics/>
- Arias, J. & Covinos, M. (2021). Diseño y metodología de la investigación. Enfoques Consulting. https://gc.scalahed.com/recursos/files/r161r/w26022w/Arias_S2.pdf
- Banco de Desarrollo de América Latina y el Caribe. (2023). Las pymes en América Latina y el Caribe. CAF – SCIOTECA. https://scioteca.caf.com/bitstream/handle/123456789/2132/CAF_PYMES_ECU_ADOR.pdf
- Bautista Valhondo, J. (2021). Métodos de planificación y secuenciación Heijunka inspirados en el problema del Reparto en Sistemas electorales. *Dirección y Organización*, 18-38. <https://www.revistadyo.es/DyO/index.php/dyo/article/view/590/610>
- Bellazucar. (s.f.). Colorante en gel 250 g. Bellazucar. <https://www.bellazucar.com/producto/colorante-en-gel-250g/>

- Boyacá. (s.f.). *Tubo redondo acero inoxidable satín*. Boyacá.com. <https://www.boyaca.com/cocina/organizadores-de-despensa/tubo-redondo-acero-inoxidable-satin-23707>
- Comparasoftware. (s.f.). *¿Qué es ProModel?*. Comparasoftware Ecuador. <https://www.comparasoftware.ec/promodel>
- Consejo Nacional de la Competitividad. (2023). *Índice Global de Innovación 2023* [Archivo PDF]. Presidencia de la República Dominicana – Consejo Nacional de la Competitividad. <https://cnc.gob.do/wp-content/uploads/2023/12/Indice-Global-de-Innovacion.pdf>
- Contreras, K. & Villarreal, G. (2025). *Incremento de la eficiencia en la atención de servicios técnicos aplicando herramientas de Lean Service y Distribución de Planta en el área de postventa de una empresa del sector de venta y alquiler de equipos ligeros* [Trabajo de grado]. Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas. Repositorio Académico UPC. <http://hdl.handle.net/10757/685741>
- Correa, M. (2008). *Fundamentos de la teoría de la Información*. [Archivo PDF]. Repositorio Institucional ITM - Instituto Tecnológico Metropolitano. <https://repositorio.itm.edu.co/bitstream/handle/20.500.12622/2019/Fundamentos%20de%20la%20teor%C3%ADa%20de%20la%20informaci%C3%B3n.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- EPMAPS Agua Quito. (2024, 15 de noviembre). *Pliego tarifario EPMAPS* [Archivo PDF]. EPMAPS Agua de Quito. [https://www.aguaquito.gob.ec/Alojamientos/planificación/Pliego%20Tarifario/Pliego%202024\(1\)-signed-signed-signed.pdf](https://www.aguaquito.gob.ec/Alojamientos/planificación/Pliego%20Tarifario/Pliego%202024(1)-signed-signed-signed.pdf)
- Freitas, C., Novaes, A., Ramos, C., Alves, D., & Giuliani, A. (2010). El capital humano como factor de innovación tecnológica: un estudio de caso en una empresa globalizada. *Invenio*, 13(24), 119-135. <https://www.redalyc.org/pdf/877/87714453009.pdf>
- García, F., & Romero, J. (2020). Diseño de un modelo de simulación, utilizando un software de eventos discretos, en una línea de producción de tejido industrial. *Revista Internacional de Investigación e Innovación Tecnológica*, 8(44), 2240. <http://ciateq.repositorioinstitucional.mx/jspui/handle/1020/404>.

<https://ciateq.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1020/404/1/Dise%c3%bl o%20de%20un%20modelo%20de%20simulacion.pdf>

GetApp. (s.f.). Arena. GetApp. <https://www.getapp.es/software/118663/arena-live-chat#:~:text=Arena%20ofrece%20los%20siguientes%20planes,Prueba%20gratis%3A%20Disponible>

González Flores, Y. P. (2024). *Redistribución de planta en la empresa Jambi Kiwa* [Tesis de Ingeniería Industrial]. Universidad Técnica de Ambato. Repositorio Institucional UTA. <https://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/42240>

González, N., & Reyes, A. (2024). Prueba de hipótesis en R: Prueba t de Student y prueba de Wilcoxon. *Opuntia brava*, 16(3), 407-416. <https://opuntiabrava.ult.edu.cu/index.php/opuntiabrava/article/view/1952>

Guasch, A., Piera, M., Casanovas, J., & Figueras, J. (2002). *Modelado y simulación. Aplicación a procesos logísticos de fabricación y servicios*. Universitat Politècnica de Catalunya. Iniciativa Digital Politècnica. <https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=5kJpBgAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP1&dq=Modelado+y+simulaci%C3%B3n:+Aplicaci%C3%B3n+a+procesos+log%C3%ADsticos+de+fabricaci%C3%B3n+y+servicios&ots=dJYi3vbgKP&sig=Z7cPwM6ImE1WIIeIU4GcsDuP5HQ>

Hanna Instruments. (s.f.). *Medidor de bolsillo de pH Checker con resolución de 0.1 pH*. Hanna Instruments. <https://hannainst.ec/carrito/>

Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2010). *Metodología de la Investigación*. Mc Graw Hill. <https://www.smujerescoahuila.gob.mx/wp-content/uploads/2020/05/Sampieri.Met.Inv.pdf>

Herrera, G. (2020). *Simulación de sistemas discretos: un enfoque industrial*. Alfaeditorial y Fundación Universitaria Tecnológico Comfenalco.

Instituto Ecuatoriano de Normalización. (2011). *NTE INEN 1334-1:2011 Rotulado de productos alimenticios para consumo humano. Parte 1: Requisitos* [Archivo PDF]. Agencia Nacional de Regulación, Control y Vigilancia Sanitaria. https://www.controlsanitario.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2014/07/ec.nte_1334.1.2011.pdf

Kywi. (s.f.). *Kaveta industrial robusta 32 calado rombo*. Kywi. <https://www.kywi.com.ec/kaveta-indust-robusta-32-kalado-rombo/p>

- Kywi. (s.f.). *Llave para manguera 436-04 níquel FV*. Kywi. <https://www.kywi.com.ec/llave-p-manguera-436-04-niquel-fv/p>
- La Casa del Esparadrapo. (s.f.). *Medidor de pH en tiras cajita MColorpHast*. La Casa del Esparadrapo. <https://lacasadelesparadrapo-ec.com/tienda/medidor-de-ph-en-tiras-cajita-mcolorphast/>
- La Casa del Esparadrapo. (s.f.). *Termómetro EC-10+360 mercurio*. La Casa del Esparadrapo. <https://lacasadelesparadrapo-ec.com/tienda/termometro-ec-10-360-mercurio/>
- Labarca, N. (2007). Consideraciones teóricas de la competitividad Empresarial. *Omnia*, 13(2), 158-184. <https://www.redalyc.org/pdf/737/73713208.pdf>
- Laboratorio Cevallos. (s.f.). *Naranja 1000 gr*. Laboratorio Cevallos. <https://labcevallos.com/naranja-1000-gr/17298>
- Lind, D., Marchal, W., & Wathen, S. (2012). *Estadística aplicada a los negocios y la economía*. McGraw Hill. <https://ebooks.ucacue.edu.ec/reader/estadistica-aplicada-a-los-negocios-y-la-economia-1682373776?location=13>
- Lombardi Barrios, C. G. (2021). *Ingeniería de la línea de producción comercial para la elaboración de productos de limpieza autosostenible dentro de la Universidad de San Carlos de Guatemala* (Doctoral dissertation, Universidad de San Carlos de Guatemala). <http://www.repositorio.usac.edu.gt/id/eprint/16435>
- Mejía, K., Reyes, C., & Sánchez, H. (2018). *Manual de términos en investigación científica, tecnológica y humanística*. Universidad Ricardo Palma. <https://www.calameo.com/read/00253116774452e42f649>
- Memoria, P. F. C. (2017). *Análisis del Planteamiento Sistemático de la Distribución en Planta (SLP)* [Archivo PDF]. Universidad de Sevilla. <https://biblus.us.es/bibing/proyectos/abreproy/20078/fichero/Volumen+I%252FCap%C3%ADtulo+3.+An%C3%A1lisis+del+Planteamiento.pdf>
- Mercado Libre. (s.f.). *Ácido cítrico grado USP*. Mercado Libre. <https://www.mercadolibre.com.ec/acido-citrico-grado-usp/up/MECU2434168673>

- Mercado Libre. (s.f.). *Filtro ablandador de agua suavizador*. Mercado Libre. <https://articulo.mercadolibre.com.ec/MEC-563031746-filtro-ablandador-de-agua-suavisador- JM>
- Mercado Libre. (s.f.). *Selladoras de fundas estructura metálica 20 y 30 cm*. Mercado Libre. <https://articulo.mercadolibre.com.ec/MEC-513675175-selladoras-fundas-estructura-metalica-20-y-30-cm- JM>
- Mercado Libre. (s.f.). *Sorbato de potasio – 1 kg*. Mercado Libre. <https://www.mercadolibre.com.ec/sorbato-de-potasio--1-kg/up/MECU2438961564>
- Meyers, F., Stephens, M., & Brito, J. (2006). *Diseño de instalaciones de manufactura y manejo de materiales*. https://www.academia.edu/download/52823534/Diseno_de_Instalaciones_d_e_Manufactura_y_Manejo_de_Materiales_3edi_Meyers.pdf
- Ministerio de Trabajo del Ecuador. (2024, noviembre). *Anexo 3 Norma técnica en seguridad e higiene del trabajo* [Archivo PDF]. Ministerio de Trabajo del Ecuador. https://www.trabajo.gob.ec/wp-content/uploads/2024/11/Anexo-3_Norma-Tecnica-de-Seguridad-e-Higiene-del-Trabajo-signed-signed-signed-signed.pdf
- Morales, H., Gavilanes, K., Díaz, J., Chicaiza, R., & Ortiz, E. (2024). Impacto de la simulación en FlexSim para rediseñar procesos industriales: Mejora de velocidad y simplificación operativa en sistemas automatizados. *Ciencia Latina: Revista Multidisciplinar*, 8(6), 3388-3404. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i6.15098
- Muther, R. (1970). *Distribución en planta*. McGraw Hill Book Company. <https://richardmuther.com/wp-content/uploads/2016/07/Spanish-PPL.pdf>
- Observatorio de Competitividad. (2021, 24 de mayo). *Principales problemas de la industria*. Observatorio de Competitividad. <https://www.observatoriocompetitividad.com/industria-nacional/problemas-de-la-industria/>
- Ortiz, E. (2021). *Quick Guide to Commonly Used Statistical Tests* [Guía rápida]. Scribd. <https://es.scribd.com/document/516554980/Quick-Guide-to-Commonly-Used-Statistical-Tests>

- Paylab.com. (s.f.). *Salario de ingeniero en alimentos en Ecuador* [Datos salariales]. Paylab. <https://www.paylab.com/ec/salarios/agricultura-e-industria-alimentaria/ingeniero-en-alimentos?lang=es>
- Pernía, Y., Ramírez, V., & Márquez, R. (2011). Un modelo de simulación del proceso de producción de la Línea DTC-2000 de Alimentos Pepsico. *Ciencia e Ingeniería*, 32(2), 9-19. <https://www.redalyc.org/pdf/5075/507550794002.pdf>
- Ponce, F & Zevallos, E. (2017). La innovación en la micro y la pequeña empresa (MYPE): no solo factible, sino accesible. 360: *Revista de Ciencias de la Gestión*, 2, 46-68. <http://dx.doi.org/10.18800/360gestion.201702.003>
- Prokopenko, J. (1989). *La gestión de la productividad* [Archivo PDF]. Academia <https://www.academia.edu/download/38639804/Libro-ProductividadProkopenko.pdf>
- Repuestos Industriales EC. (s.f.). *Filtro sanitario tipo «EN LINEA» clamp, 2" malla (MESH) 1 mm, 3A EPDM SS316L (Act 02-24)*. Repuestos Industriales EC. <https://mercadoindustrialec.com/tienda/filtro-sanitario-tipo-en-linea-clamp-2-mallamesh-1-mm-3a-epdmss316l-act-02-24/>
- Restrepo, A., González, J. & Rivera, S. (2023). *Propuesta de redistribución de planta para la empresa Incamet SAS para la optimización del espacio físico y la reducción de recorridos en el proceso productivo*. [Trabajo de grado]. Universitaria Pascual Bravo. Institución Universitaria Pascual Bravo. <https://repositorio.pascualbravo.edu.co/handle/pascualbravo/2353>
- Rojas Montero, M. M. (2022). *Optimización de estrategias de operación de sistemas eléctricos para el control del SAIDI-SAIFI en empresas distribuidoras de electricidad–Electrocentro-2021* [Trabajo de grado]. Universidad Nacional del Centro del Perú. Repositorio UNCP. <http://hdl.handle.net/20.500.12894/8146>
- Roldán Del Cid, D. S. (2021). *Análisis técnico de ingeniería y económico para optimizar los procesos operacionales de una empresa productora de agua purificada y refrescos en bolsa* [Trabajo de grado]. Universidad de San Carlos de Guatemala. Repositorio del Sistema Bibliotecario Universidad de San Carlos de Guatemala. <http://www.repositorio.usac.edu.gt/15978/1/Dorian%20Samuel%20Rold%C3%A1n%20Del%20Cid.pdf>

- Ruano, L. & Tapia, H. (2025). *Diseño de un programa para la gestión de inventarios basado en árbol de decisiones que permita la optimización de recursos en las empresas* [Trabajo de grado]. Universidad Politécnica Estatal del Carchi. Repositorio institucional UPEC. <https://repositorio.upec.edu.ec/items/11985fd8-e41b-493c-a7e2-f2d80a8e807c/full>
- Servicio Ecuatoriano de Normalización. (2014). *Reglamento técnico ecuatoriano RTE INEN 100: Materiales y artículos plásticos destinados a estar en contacto con los alimentos* [Archivo PDF]. Normalización. <https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/reglamentos/RTE-100.pdf>
- Siemens. (2020, 13 de noviembre). *Now You Can Too*. Siemens. https://blogs.sw.siemens.com/tecnomatix/buy-plant-simulation-online/#?utm_source=email_share&utm_medium=email&utm_campaign=sw_blog_share_button
- Siemens. (s.f.). *Tecnomatix Plant Simulation X Essentials*. Siemens. <https://plm.sw.siemens.com/es-ES/tecnomatix/products/plant-simulation-x-essentials/>
- Silteke Ecuador. (2024). *Sacheteadoras de leche* [Video]. TikTok. <https://www.tiktok.com/@siltekecuador/video/7436757517088148792>
- Simul8. (s.f.). *Potente plataforma de simulación, precios sencillos*. Simul8. <https://www.simul8.com/software/pricing>
- Soporte Dinámico Industrial. (2022). *Optimización de espacios en la industria*. SDI. <https://sdindustrial.com.mx/blog/optimizacion-de-espacios-en-la-industria/>
- Supermercados Santa María. (s.f.). *Azúcar blanco Valdez 1 kg*. Supermercados Santa María. <https://www.supermercadosantamaria.com/detalle/-/Producto/azucar-blanco-valdez-1-kg/159852985>
- Tarifa, E. (2001). *Teoría de modelos y simulación* [Archivo PDF]. Academia. https://www.academia.edu/14191834/Teor%C3%ADa_de_Modelos_y_Simulaci%C3%B3n
- ThePowerMBA. (2023, 25 de octubre). *Qué es una empresa unicornio, definición y características*. ThePowerMBA. <https://thepower.education/blog/que-son-las-empresas-unicornio>

- Tompkins, J. A., White, J. A., Bozer, Y. A., & Tanchoco, J. M. (2010). *Facilities planning*. Wiley. <https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=xBlq6Qm2SQC&oi=fnd&pg=PA2&dq=Tompkins,+J.+A.,+White,+J.+A.,+Bozer,+Y.+A.,+%26+Tanchoco,+J.+M.+A.+%282010%29.+Facilities+planning.+Wiley.&ots=sE4BlbGlZ6&sig=wio4v9ms3BKRHZ9QcQ0RSm9t68Y>
- Vásquez, A. S., & Sandoval, E. L. (2017). Una comparación cualitativa de la dinámica de sistemas, la simulación de eventos discretos y la simulación basada en agentes. *Ingeniería industrial*, (35), 27-52. <https://www.redalyc.org/pdf/3374/337453922002.pdf>
- Vitoriano, B. (2012). *Modelos y métodos de simulación estocástica. Aplicación en la valoración de opciones financieras* [Archivo PDF]. Academia. <https://www.academia.edu/download/38168261/estocasticos.pdf>
- Von Bertalanffy, L. (1968). *General system theory: Foundations, development, applications*. George Braziller. <https://fad.unsa.edu.pe/bancayseguros/wp-content/uploads/sites/4/2019/03/Teoria-General-de-los-Sistemas.pdf>
- Yáñez, D. (2023). *Estudio de Mercado: LÁCTEOS LOS ILINIZAS*. LÁCTEOS LOS ILINIZAS. YPSIS.(s.f.). ¿Es el PVC un plástico para uso alimentario?. YPSIS. <https://www.ypsis.net/es-el-pvc-un-plastico-para-uso-alimentario/>
- Zarza Díaz, R. (2023). Simulación de eventos discretos desde la ingeniería industrial. *Pädi Boletín Científico de Ciencias Básicas e Ingenierías Del ICBI*, 10(20), 110-121. <https://doi.org/10.29057/icbi.v10i20.10207>
- Zavala Giles, M. C. (2024). *Diseño de distribución de planta obtenida con la metodología SLP en una empresa metalmecánica* [Tesis de maestría]. Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico de Orizaba. Repositorio Institucional del Tecnológico Nacional de México. <https://rinacional.tecnm.mx/jspui/handle/TecNM/9796>

VII. ANEXOS

Anexo 1. Acta de la sustentación de Predefensa del TIC



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA ESTATAL DEL CARCHI



FACULTAD DE COMERCIO INTERNACIONAL, INTEGRACIÓN, ADMINISTRACIÓN Y ECONOMÍA EMPRESARIAL
CARRERA DE LOGÍSTICA Y TRANSPORTE

ACTA

DE LA SUSTENTACIÓN ORAL DE LA PREDEFENSA DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

ESTUDIANTE:	Molina Pullutasi Alison Lizeth	CÉDULA DE IDENTIDAD:	0550515324
PERIODO ACADÉMICO:	2025B		
PRESIDENTE TRIBUNAL:	MSc. Mafla Bolaños Iván Gabriel	DOCENTE TUTOR:	MSc. López Ruano Juan Carlos
DOCENTE:	MSc. Alpala Alpala Luis Omar		
TEMA DEL TIC:	"Modelo de simulación digital de línea de producción de bolos para la optimización del espacio físico de LÁCTEOS LOS ILINIZAS"		

No.	CATEGORÍA	Evaluación cuantitativa	OBSERVACIONES Y RECOMENDACIONES
1	PROBLEMA - OBJETIVOS	9,33	
2	FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA	9,33	
3	METODOLOGÍA	9,33	
4	RESULTADOS	9,33	
5	DISCUSIÓN	9,33	
6	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	9,33	
7	DEFENSA, ARGUMENTACIÓN Y VOCABULARIO PROFESIONAL	9,00	Cuidar ortografía en las diapositivas (measures no mesuares)
8	FORMATO, ORGANIZACIÓN Y CALIDAD DE LA INFORMACIÓN	10,00	

Obteniendo una nota de: 9,50 Por lo tanto, **APRUEBA** ; debiendo el o los investigadores acatar el siguiente artículo:

Art. 36.- De los estudiantes que aprueban el informe final del TIC con observaciones.- Los estudiantes tendrán el plazo de 10 días para proceder a corregir su informe final del TIC de conformidad a las observaciones y recomendaciones realizadas por los miembros del Tribunal de sustentación de la pre-defensa.

Para constancia del presente, firman en la ciudad de Tulcán el 5 de septiembre de 2025

MSc. Mafla Bolaños Iván Gabriel
PRESIDENTE TRIBUNAL

MSc. López Ruano Juan Carlos
DOCENTE TUTOR

MSc. Alpala Alpala Luis Omar
DOCENTE

Anexo 2. Certificado del abstract por parte de idiomas



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA ESTATAL DEL CARCHI FOREIGN
AND NATIVE LANGUAGES CENTER

ABSTRACT- EVALUATION SHEET				
NAME: Alison Lizeth Molina Pullutasig				
DATE: Jueves, 18 de septiembre de 2025				
Topic: "Modelo de simulación digital de línea de producción de bolos para la optimización del espacio físico de LÁCTEOS LOS ILINIZAS"				
MARKS AWARDED		QUANTITATIVE AND QUALITATIVE		
VOCABULARY AND WORD USE	Use new learnt vocabulary and precise words related to the topic	Use a little new vocabulary and some appropriate words related to the topic	Use basic vocabulary and simplistic words related to the topic	Limited vocabulary and inadequate words related to the topic
	EXCELLENT: 2 <input type="checkbox"/>	GOOD: 1,5 <input checked="" type="checkbox"/>	AVERAGE: 1 <input type="checkbox"/>	LIMITED: 0,5 <input type="checkbox"/>
WRITING COHESION	Clear and logical progression of ideas and supporting paragraphs.	Adequate progression of ideas and supporting paragraphs.	Some progression of ideas and supporting paragraphs.	Inadequate ideas and supporting paragraphs.
	EXCELLENT: 2 <input checked="" type="checkbox"/>	GOOD: 1,5 <input type="checkbox"/>	AVERAGE: 1 <input type="checkbox"/>	LIMITED: 0,5 <input type="checkbox"/>
ARGUMENT	The message has been communicated very well and identify the type of text	The message has been communicated appropriately and identify the type of text	Some of the message has been communicated and the type of text is little confusing	The message hasn't been communicated and the type of text is inadequate
	EXCELLENT: 2 <input checked="" type="checkbox"/>	GOOD: 1,5 <input type="checkbox"/>	AVERAGE: 1 <input type="checkbox"/>	LIMITED: 0,5 <input type="checkbox"/>
CREATIVITY	Outstanding flow of ideas and events	Good flow of ideas and events	Average flow of ideas and events	Poor flow of ideas and events
	EXCELLENT: 2 <input type="checkbox"/>	GOOD: 1,5 <input checked="" type="checkbox"/>	AVERAGE: 1 <input type="checkbox"/>	LIMITED: 0,5 <input type="checkbox"/>
SCIENTIFIC SUSTAINABILITY	Reasonable, specific and supportable opinion or thesis statement	Minor errors when supporting the thesis statement	Some errors when supporting the thesis statement	Lots of errors when supporting the thesis statement
	EXCELLENT: 2 <input checked="" type="checkbox"/>	GOOD: 1,5 <input type="checkbox"/>	AVERAGE: 1 <input type="checkbox"/>	LIMITED: 0,5 <input type="checkbox"/>
TOTAL/AVERAGE	9 - 10: EXCELLENT 7 - 8,9: GOOD 5 - 6,9: AVERAGE 0 - 4,9: LIMITED		TOTAL 9	



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA ESTATAL DEL
CARCHI- FOREIGN AND NATIVE LANGUAGES
CENTER**

**Informe sobre el Abstract de Artículo Científico
o Investigación.**

Autor: Alison Lizeth Molina Pullutasig

Fecha de recepción del abstract: Miércoles, 17 de septiembre de 2025

Fecha de entrega del informe: Jueves, 18 de septiembre de 2025

El presente informe validará la traducción del idioma español al inglés si alcanza un porcentaje de: 9 – 10 Excelente.

Si la traducción no está dentro de los parámetros de 9 – 10, el autor deberá realizar las observaciones presentadas en el ABSTRACT, para su posterior presentación y aprobación.

Observaciones:

Después de realizar la revisión del presente abstract, éste presenta una apropiada traducción sobre el tema planteado en el idioma Inglés. Según la rúbrica de evaluación de la traducción en Inglés, ésta alcanza un valor de 9; por lo cual se valida dicho trabajo.

Atentamente



MA. Martha Viveros
Docente responsable del
CIDEN

Anexo 3. Instrumento A



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA ESTATAL DEL CARCHI
FACULTAD DE COMERCIO INTERNACIONAL, INTEGRACIÓN,
ADMINISTRACIÓN Y ECONOMÍA EMPRESARIAL
CARRERA DE INGENIERÍA EN LOGÍSTICA Y TRANSPORTE



FICHA DOCUMENTAL

El **objetivo** de este instrumento es organizar y sintetizar información relevante proveniente de fuentes documentales para diseñar un modelo de simulación digital de una línea de producción de bolos, con el fin de optimizar el uso del espacio físico en la planta de LÁCTEOS LOS ILINIZAS.

Título de la investigación	Fuente de información	Autor	Fecha de publicación	Tipo de fuente	Dimensión	Indicadores	Resumen de la información	Aporte a la investigación
					Formulación de producto	Ingredientes y materias primas Proporciones de ingredientes		
					Parámetros de Simulación	Tiempos de procesamiento máquina Tiempos de procesamiento operador		
						Velocidad de producción máquina Velocidad de operación operador		
					Estructura de Línea de Producción	Capacidad de almacén Capacidad de máquinas Capacidad de operador		
						Orden de máquinas Número de máquinas		
						Número de operadores Distancias Número de almacenes		
					Costos	Costos de inversión inicial		

	Costos de operación
	Costos de mano de obra
	Proyección de la demanda
Estudio de Mercado	Preferencia de sabor
	Preferencia tamaño
Aspectos técnicos máquina	Especificaciones de maquinaria
	Capacidad
	Dimensiones

Anexo 4. Instrumento B



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA ESTATAL DEL CARCHI
FACULTAD DE COMERCIO INTERNACIONAL, INTEGRACIÓN,
ADMINISTRACIÓN Y ECONOMÍA EMPRESARIAL



CARRERA DE INGENIERÍA EN LOGÍSTICA Y TRANSPORTE

Ficha de Observación para el Levantamiento de Información sobre el Espacio Físico
de LÁCTEOS LOS ILINIZAS

Objetivo de la Observación: Levantar información sobre el uso y disponibilidad del espacio físico en la empresa.

Observador: _____

Fecha de Observación: _____

<i>Layout de la distribución de la planta</i>

N°	Indicador	Largo	Ancho	Cálculo	Resultado	Observaciones
1	Área Total	___m	___m		_____ m ²	
2	Área Total Utilizada	___m	___m		_____ m ²	
3	Área total ocupada por maquinaria y equipos de línea de producción de quesos	___m	___m		_____ m ²	
4	Área de recepción	___m	___m		_____ m ²	
5	Área de producción	___m	___m		_____ m ²	
6	Área de empaquetado	___m	___m		_____ m ²	
7	Área de almacenes	___m	___m		_____ m ²	

8	Área de trabajo de los operarios	___m	___m		_____ m ²	
9	Área de cocina y comedor	___m	___m		_____ m ²	
10	Área de oficina	___m	___m		_____ m ²	
11	Área de Baños y Vestidores	___m	___m		_____ m ²	
12	Área total reservada para futuras necesidades de crecimiento	___m	___m		_____ m ²	

Anexo 5. Instrumento C



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA ESTATAL DEL CARCHI
FACULTAD DE COMERCIO INTERNACIONAL, INTEGRACIÓN,
ADMINISTRACIÓN Y ECONOMÍA EMPRESARIAL



CARRERA DE INGENIERÍA EN LOGÍSTICA Y TRANSPORTE

ENTREVISTA A ESPECIALISTA EN LÍNEA DE PRODUCCIÓN DE BOLOS

El **objetivo** de este instrumento es recabar información con respecto a la formulación y estructura de una línea de producción de bolos de un especialista con el fin de establecer un modelo de simulación digital que permita la implementación eficiente de una línea de producción de bolos en la planta LÁCTEOS LOS ILINIZAS.

Agradezco por el tiempo empleado para contestar las siguientes preguntas las respuestas que se brinden son de confidencialidad y valiosas para la investigación.

Nombre del entrevistada/o: _____


Fecha: _____

Formulación de producto

1. ¿Cuáles son los ingredientes básicos necesarios para la elaboración de bolos?
2. ¿Qué porciones recomienda para obtener una textura y sabor óptimos?
3. ¿Cuáles son las etapas clave en la preparación de los bolos?
4. ¿Qué parámetros son importantes para controlar (como temperatura, tiempo de mezclado, etc.) durante el proceso?
5. ¿Cuánto tiempo toma cada etapa del proceso de elaboración de bolos?
6. ¿Qué condiciones de almacenamiento deben cumplir los ingredientes antes de su uso en la producción?
7. ¿Qué controles de calidad recomienda implementar durante y después del proceso de producción?

GRACIAS POR SU COLABORACIÓN

Anexo 6. Solicitud de investigación por Empresa

 **LACTEOS "LOS ILINIZAS"**

Tulcán, 23 de mayo de 2024

MSc. Argenis Heredia
DIRECTOR DE LA CARRERA DE LOGÍSTICA Y TRANSPORTE

Presente .-

De mi consideración:


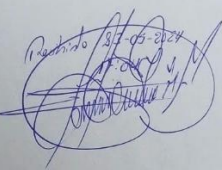
Yo, NELLY YOLANDA AGUAGALLO JEREZ, portadora de C.I 1802594562 propietaria de la empresa "LÁCTEOS LOS ILINIZAS" con RUC. 1802594562001, solicito:

Por medio del presente a la Carrera de Logística y Transporte de la Facultad de Comercio Internacional, Integración, Administración y Economía Empresarial de la Universidad Politécnica Estatal del Carchi, ayuda para la implementación de una línea de producción de bolos en mi planta de producción, a través de un proyecto de Integración Curricular a cargo de la estudiante ALISON LIZETH MOLINA PULLUTASIG con C.I 0550515324. La información y todo lo necesario para el desarrollo del mismo será facilitado con la rapidez y sin inconveniente alguno.

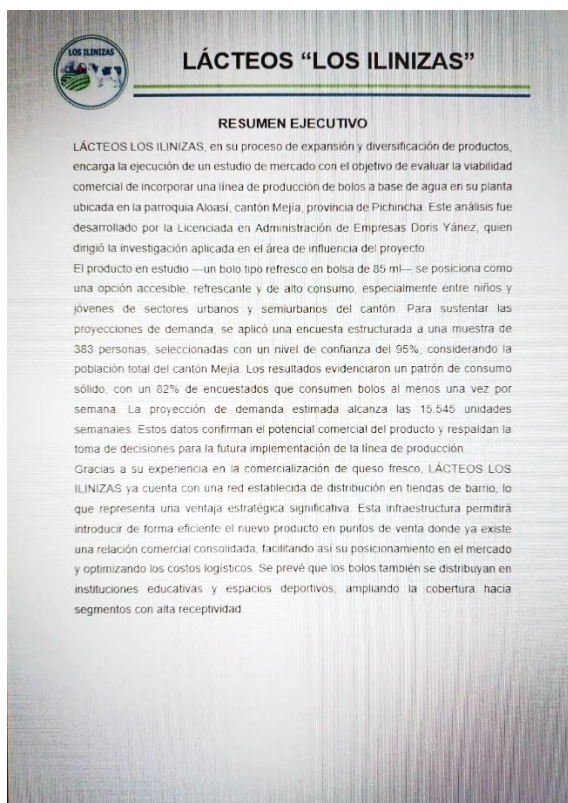
Por la atención que usted dé a mi pedido, anticipo mis gracias.


Atentamente
RUC: 1802594562001

Ing. Nelly Yolanda Aguagallo Jerez
RUC: 1802594562001
Cel: 098 328 5429

Anexo 7. Resumen Ejecutivo Estudio de Mercado LÁCTEOS LOS ILINIZAS



Anexo 8. Encuesta aplicada en Estudio de Mercado LÁCTEOS LOS ILINIZAS



LÁCTEOS “LOS ILINIZAS”

ENCUESTA PARA EL ESTUDIO DE MERCADO

INSTRUCCIONES:

Estimado/a participante, esta encuesta tiene como objetivo recopilar información para conocer sus preferencias y hábitos de consumo respecto al producto “bolo a base de agua”. La información es completamente confidencial.

Datos generales

1. Edad: _____ años
2. Sexo:
 - Masculino
 - Femenino
 - Prefiere no responder
3. ¿Cuál es su nivel de estudios alcanzado?
 - Primaria
 - Secundaria
 - Educación superior
 - Otro: _____
4. ¿Cuántas personas conforman su núcleo familiar?
 - 1
 - 2
 - 3
 - 4
 - 5 o más

Hábitos de consumo

5. ¿Ha consumido alguna vez bolos o refrescos en bolsa?
 - Sí
 - No
6. ¿Con qué frecuencia consume bolos?
 - Más de una vez al día
 - Diariamente
 - Varias veces a la semana
 - Una vez a la semana
 - Nunca
7. ¿Qué sabor prefiere en los bolos? (Puede marcar más de una opción)
 - Fresa
 - Naranja
 - Uva
 - Coco
 - Chocolate
 - Otro: _____
8. ¿Qué aspecto considera más importante al momento de comprar un bolo?
 - Sabor
 - Precio
 - Calidad
 - Punto de venta
 - Tamaño
 - Marca

9. ¿Qué precio estaría dispuesto(a) a pagar por un bolo de 85 ml?
 - \$0,10 - \$0,15
 - \$0,20 - \$0,25
 - Otro: _____
10. ¿En qué lugar prefiere adquirir este tipo de productos?
 - Tiendas de barrio
 - Instituciones educativas
 - Canchas deportivas
 - Bares o quioscos
 - Otro: _____
11. ¿Qué medio prefiere para recibir información sobre productos alimenticios?
 - Redes sociales
 - Radio
 - Televisión
 - Folletos
 - Otro: _____

Percepción y aceptación del producto

12. ¿Qué tan satisfecho/a está con la calidad general de los bolos que ha consumido?
 - Completamente satisfecho
 - Satisfecho
 - Insatisfecho
 - Completamente insatisfecho
13. ¿Recomendaría el consumo de bolos a familiares o amigos?
 - Sin duda lo recomendaría
 - Lo recomendaría con reservas
 - No lo recomendaría
14. ¿Estaría dispuesto a consumir un bolo producido bajo estándares de calidad e higiene industrial?
 - Sí
 - No
 - Tal vez
15. ¿Estaría interesado en bolos con ingredientes naturales o reducidos en azúcar?
 - Sí
 - No
 - No le interesa ese aspecto

Anexo 9. Interior de planta



Anexo 10. Exterior Planta



Anexo 11. Levantamiento de información para *layout*



Anexo 12. Entrevista



Anexo 13. Simulación cuasi-indentidad



Anexo 14. Registro de tiempos para filtración

Elemento de la operación de Filtración	Encendido válvula de inicio de filtrado	Verificación de filtrado	Filtración agua	Total tiempo
Tc1	6	86	662.40	754.4

Elemento de la operación de Filtración	Encendido válvula de inicio de filtrado	Verificación de filtrado	Filtración agua	Total tiempo
Tc2	6	73	662.40	741.4
Tc3	7	70	662.40	739.4
Tc4	7	74	662.40	743.4
Tc5	6	81	662.40	749.4
Tc6	6	73	662.40	741.4
Tc7	6	76	662.40	744.4
Tc8	6	74	662.40	742.4
Tc9	9	84	662.40	755.4
Tc10	8	83	662.40	753.4
Tc11	7	76	662.40	745.4
Tc12	9	81	662.40	752.4
Tc13	8	75	662.40	745.4
Tc14	6	79	662.40	747.4
Tc15	6	85	662.40	753.4
Tc16	8	82	662.40	752.4
Tc17	7	73	662.40	742.4
Tc18	9	75	662.40	746.4
Tc19	8	80	662.40	750.4
Tc20	6	70	662.40	738.4
Tc21	9	79	662.40	750.4
Tc22	6	80	662.40	748.4
Tc23	7	75	662.40	744.4
Tc24	9	82	662.40	753.4
Tc25	6	85	662.40	753.4
Tc26	9	75	662.40	746.4
Tc27	8	86	662.40	756.4
Tc28	6	76	662.40	744.4
Tc29	6	75	662.40	743.4
Tc30	7	83	662.40	752.4
Promedio	7.13	78.20	662.40	747.73
Desviación estándar	1.20	4.78	0.00	5.15

Anexo 15. Registro de tiempos para formación de jarabe

Elemento de la operación Formación de Jarabe	Preparación materia prima refrescos	Agregar materia prima al mezclador	Vaciar preservantes y colorantes al mezclador	Mezclado	Tiempo total (seg)
Tc1	210	75	36	300	621
Tc2	214	80	40	300	634
Tc3	212	83	36	300	631
Tc4	211	80	36	300	627
Tc5	211	80	37	300	628

Elemento de la operación <i>Formación de Jarabe</i>	Preparación materia prima refrescos	Agregar materia prima al mezclador	Vaciar preservantes y colorantes al mezclador	Mezclado	Tiempo total (seg)
Tc6	214	80	36	300	630
Tc7	214	80	39	300	633
Tc8	211	79	38	300	628
Tc9	212	79	38	300	629
Tc10	212	79	38	300	629
Tc11	212	79	38	300	629
Tc12	211	81	38	300	630
Tc13	214	79	36	300	629
Tc14	213	79	37	300	629
Tc15	211	81	40	300	632
Tc16	213	81	36	300	630
Tc17	212	82	40	300	634
Tc18	212	82	37	300	631
Tc19	212	80	38	300	630
Tc20	214	79	39	300	632
Tc21	214	80	40	300	634
Tc22	212	81	36	300	629
Tc23	211	83	38	300	632
Tc24	212	83	40	300	635
Tc25	213	82	37	300	632
Tc26	211	82	40	300	633
Tc27	213	81	37	300	631
Tc28	211	80	38	300	629
Tc29	214	79	39	300	632
Tc30	211	83	39	300	633
Promedio	212.23	80.40	37.90	300.00	630.53
Desviación estándar	1.22	1.71	1.45	0.00	2.75

Anexo 16. Registro de tiempos para formación de homogenización y pasteurización

Elemento de la operación <i>Homogenización y Pasteurización</i>	Encendido motor agitador	Homogenización y pasteurización	Total Tiempo (seg)
Tc1	8	1800	1808
Tc2	5	1800	1805
Tc3	6	1800	1806
Tc4	5	1800	1805
Tc5	7	1800	1807
Tc6	6	1800	1806
Tc7	6	1800	1806
Tc8	6	1800	1806
Tc9	8	1800	1808

Elemento de la operación Homogenización y Pasteurización	Encendido motor agitador	Homogenización y pasteurización	Total Tiempo (seg)
Tc10	6	1800	1806
Tc11	7	1800	1807
Tc12	8	1800	1808
Tc13	6	1800	1806
Tc14	8	1800	1808
Tc15	6	1800	1806
Tc16	5	1800	1805
Tc17	5	1800	1805
Tc18	7	1800	1807
Tc19	7	1800	1807
Tc20	7	1800	1807
Tc21	5	1800	1805
Tc22	6	1800	1806
Tc23	7	1800	1807
Tc24	7	1800	1807
Tc25	8	1800	1808
Tc26	8	1800	1808
Tc27	6	1800	1806
Tc28	7	1800	1807
Tc29	6	1800	1806
Tc30	8	1800	1808
Promedio	6.57	1800.00	1806.57
Desviación Estándar	1.04	0.00	1.04

Anexo 17. Registro de tiempos para Enfriamiento

Elemento de la operación Enfriamiento	Encendido motor agitador	Enfriamiento	Tiempo Total (seg)	
Tc1		8	600	608
Tc2		5	600	605
Tc3		6	600	606
Tc4		5	600	605
Tc5		7	600	607
Tc6		6	600	606
Tc7		6	600	606
Tc8		6	600	606
Tc9		8	600	608
Tc10		6	600	606

Elemento de la operación <i>Enfriamiento</i>	Encendido motor agitador	Enfriamiento	Tiempo Total (seg)	
Tc11		7	600	607
Tc12		8	600	608
Tc13		6	600	606
Tc14		8	600	608
Tc15		6	600	606
Tc16		5	600	605
Tc17		5	600	605
Tc18		7	600	607
Tc19		7	600	607
Tc20		7	600	607
Tc21		5	600	605
Tc22		6	600	606
Tc23		7	600	607
Tc24		7	600	607
Tc25		8	600	608
Tc26		8	600	608
Tc27		6	600	606
Tc28		7	600	607
Tc29		6	600	606
Tc30		8	600	608
Promedio		6.57	600.00	606.57
Desviación Estándar		1.04	0.00	1.04

Anexo 18. Registro de tiempos para envasado

Elemento de la operación <i>Envasado</i>	Encendido motor agitador	Envasado	Tiempo total (seg)	
Tc1	8	1.82		9.82
Tc2	5	1.82		6.82
Tc3	6	1.82		7.82
Tc4	5	1.82		6.82
Tc5	7	1.82		8.82
Tc6	6	1.82		7.82
Tc7	6	1.82		7.82
Tc8	6	1.82		7.82
Tc9	8	1.82		9.82
Tc10	6	1.82		7.82
Tc11	7	1.82		8.82
Tc12	8	1.82		9.82
Tc13	6	1.82		7.82
Tc14	8	1.82		9.82



Elemento de la operación <i>Envasado</i>	Encendido motor agitador	Envasado	Tiempo total (seg)
Tc15	6	1.82	7.82
Tc16	5	1.82	6.82
Tc17	5	1.82	6.82
Tc18	7	1.82	8.82
Tc19	7	1.82	8.82
Tc20	7	1.82	8.82
Tc21	5	1.82	6.82
Tc22	6	1.82	7.82
Tc23	7	1.82	8.82
Tc24	7	1.82	8.82
Tc25	8	1.82	9.82
Tc26	8	1.82	9.82
Tc27	6	1.82	7.82
Tc28	7	1.82	8.82
Tc29	6	1.82	7.82
Tc30	8	1.82	9.82
Promedio	6.57	1.82	8.38
Desviación Estándar	1.04	0.00	1.04

Anexo 19. Registro de tiempos para empaquetado

Elemento de la operación <i>Empaquetado</i>	Empaquetado	Tiempo total (seg)
Tc1	30.94	30.94
Tc2	32.06	32.06
Tc3	34.40	34.40
Tc4	36.80	36.80
Tc5	31.57	31.57
Tc6	31.77	31.77
Tc7	30.26	30.26
Tc8	32.60	32.60
Tc9	32.30	32.30
Tc10	33.64	33.64
Tc11	29.98	29.98
Tc12	30.99	30.99
Tc13	33.76	33.76
Tc14	31	31
Tc15	32	32
Tc16	33	33
Tc17	35	35
Tc18	36	36

Elemento de la operación Empaquetado	Empaquetado	Tiempo total (seg)
Tc19	32	32
Tc20	31	31
Tc21	31	31
Tc22	34	34
Tc23	33	33
Tc24	34	34
Tc25	32	32
Tc26	33	33
Tc27	33	33
Tc28	31	31
Tc29	36	36
Tc30	32	32
Promedio	32.67	32.67
Desviación Estándar	1.74	1.74

Anexo 20. Pliego Tarifario Referencial del servicio de agua potable y saneamiento 2024 – EPMAPS

PLIEGO TARIFARIO EPMAPS				EPMAPS Agua de Quito		
CUADRO 1						
Categoría	Cargo fijo	Rangos de consumo (m³)		Tarifa USD por m³		
		Desde	Hasta			
Consumo Residencial 	USD 2,10	0	8	\$0,31		
		9	15	\$0,43		
		más de 15 m³		\$0,72		
CUADRO 2						
Categoría	Cargo fijo	Tarifa USD por m3				
Consumo no Residencial 	USD 2,10	\$ 0,72				
CUADRO 3						
Subsidio por condición socioeconómica en función de la valoración del suelo del DMQ.						
Sector económico	Descuento					
Alto	0%					
Alto-medio	0%					
Alto-bajo	0%					
Medio-alto	0%					
Medio-bajo	0%					
Bajo-alto	5%					
Bajo-medio	10%					
Bajo	22%					