



Universidad  
Señor de Sipán

**FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y  
URBANISMO  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**TESIS**

**Programación lineal para minimizar los costos en  
una empresa molinera de arroz en Nueva Cajamarca  
– San Martín**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO(A) INDUSTRIAL**

**Autores**

Bach. Cadenillas Alejandria Karyn Jhuliana  
<https://orcid.org/0000-0002-0661-1975>

Bach. Santa Cruz Gonzales Brayan Alexander  
<https://orcid.org/0000-0001-5495-9821>

**Asesor**

**Dr. Barandiarán Gamarra José Manuel**  
<https://orcid.org/0000-0003-1127-3031>

**Línea de Investigación**

**Tecnología e innovación en el desarrollo de la construcción y la  
industria en un contexto de sostenibilidad**

**Sublínea de Investigación**

**Gestión y sostenibilidad en las dinámicas empresariales de industrias y  
organizaciones**

**Pimentel – Perú**

**2023**

**Programación Lineal Para Minimizar Los Costos En Una Empresa Molinera De  
Arroz En Nueva Cajamarca – San Martín**

**Aprobación del jurado**

**DR. VASQUEZ CORONADO MANUEL HUMBERTO**  
**Presidente del Jurado de Tesis**

**MG. ARRASCUE BECERRA MANUEL ALBERTO**  
**Secretario del Jurado de Tesis**

**MG. ENEQUE MORALES JEAN JOSE JUNIOR**  
**Vocal del Jurado de Tesis**



**DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD**

Quienes suscriben la DECLARACIÓN JURADA, somos Karyn Jhuliana Cadenillas Alejandría y Brayan Alexander Santa Cruz Gonzáles; del Programa de Estudios de **Ingeniería Industrial** de la Universidad Señor de Sipán S.A.C, declaramos bajo juramento que somos autores del trabajo titulado:

**PROGRAMACIÓN LINEAL PARA MINIMIZAR LOS COSTOS EN UNA EMPRESA  
MOLINERA DE ARROZ EN NUEVA CAJAMARCA – SAN MARTÍN**

El texto de mi trabajo de investigación responde y respeta lo indicado en el Código de Ética del Comité Institucional de Ética en Investigación de la Universidad Señor de Sipán, conforme a los principios y lineamientos detallados en dicho documento, en relación con las citas y referencias bibliográficas, respetando el derecho de propiedad intelectual, por lo cual informo que la investigación cumple con ser inédito, original y autentico.

En virtud de lo antes mencionado, firman:

Cadenillas Alejandría Karyn Jhuliana	DNI: 75425927	
Santa Cruz Gonzáles Brayan Alexander	DNI: 72625308	

Pimentel, 18 de julio de 2023.

## **PROGRAMACIÓN LINEAL PARA MINIMIZAR LOS COSTOS EN UNA EMPRESA MOLINERA DE ARROZ EN NUEVA CAJAMARCA – SAN MARTÍN**

### **Resumen**

La presente investigación tuvo como objetivo general aplicar un modelo de programación lineal a fin de minimizar los costos operativos de un molino en Nueva Cajamarca – San Martín. Así mismo, la metodología de la investigación fue de tipo aplicada y descriptiva, con enfoque cuantitativo y diseño cuasi experimental. Para la recolección de datos, se hizo uso de técnicas como la observación, análisis documental, entrevistas y encuestas a los colaboradores; estos datos permitieron conocer el contexto de la situación actual de la organización y definir y priorizar las causas a abordar. Se encontró que, las causas del aumento innecesario de los costos fueron; las horas extra, falta de planificación, insuficiencia de insumos y elevados niveles de inventarios. Ante dicha coyuntura, se planteó un modelo de programación lineal que englobe la planificación de la producción dando pautas respecto a la disponibilidad de los recursos por periodo, los niveles de inventario, decisiones de producción y previsión de la demanda. El modelo contó con 120 variables y 150 restricciones, y fue desarrollada con Open Solver en Excel. La solución óptima indicó que, se redujo los costos operativos en S/ 25,298.73. Así mismo, los costos de inversión para la aplicación del modelo fueron de S/ 17,897.00, indicado que el beneficio costo de implementar es de 1.41, por ende, la propuesta es rentable a ser aplicada. Finalmente, las horas extras no fueron abordadas debido a que es un evento de incertidumbre ligado a fallas de equipo, por ende, se recomienda un plan de mantenimiento preventivo.

**Palabras clave:** Programación lineal, costos, optimización, planeación.

## **Abstract**

The general objective of the present investigation was to apply a linear programming model in order to minimize the operating costs of a mill in Nueva Cajamarca – San Martín. In addition, the investigation methodology was applied and descriptive, with a quantitative approach and quasi-experimental design. For data collection, techniques such as observation, documentary analysis, interviews and surveys of collaborators were used; These data allowed to know the context of the current situation of the organization and define and prioritize the causes to be addressed. It was found that, the causes of the unnecessary increase in costs were; overtime, lack of planning, insufficient inputs and high inventory levels. Given this situation, a linear programming model was proposed that encompasses production planning, giving guidelines regarding the availability of resources per period, inventory levels, production decisions and demand forecasting. The model had 120 variables and 150 constraints, and was developed with Open Solver in Excel. The optimal solution indicated that operating costs were reduced by S/ 25,298.73. In addition, the investment costs for the application of the model were S/ 17,897.00, indicating that the benefit – cost of implementing is 1.41, therefore, the proposal is profitable to be applied. Finally, overtime was not addressed because it is an event of uncertainty linked to equipment failures, therefore, a preventive maintenance plan is recommended.

**Keywords:** Linear programming, costs, optimization, planning.

## Índice

Resumen	iv
Abstract	v
I. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Realidad problemática	1
1.2. Formulación del problema	5
1.3. Hipótesis	6
1.4. Objetivos	6
Objetivo General	6
Objetivos Específicos	6
1.5. Teorías Relacionadas al Tema	6
1.5.1. Costos	6
1.5.2. Modelamiento matemático	9
1.5.3. Metodología para el modelamiento de programación lineal	15
II. MATERIAL Y MÉTODO	21
2.1. Tipo y diseño de Investigación	21
2.2. Variables, Operacionalización	21
Variables	21
Operacionalización de variables	21
2.3. Población de estudio, muestra, muestreo y criterios de selección.	23
2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad	23
2.5. Procedimientos de análisis de datos	25

2.6.	Aspectos éticos	26
	Consentimiento informado	26
	Confidencialidad	26
	Manejo de riesgos	26
	Observación participante	27
	Entrevistas	27
	Videos o audios	27
2.7.	Criterios de Rigor Científico	27
	Validez interna	28
	Validez externa	28
	Confiabilidad	28
	Objetividad	28
III.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	29
3.1.	Resultados	29
3.2.	Discusión	85
IV.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	88
4.1.	Conclusiones	88
4.2.	Recomendaciones	88
V.	REFERENCIAS	90
	ANEXOS	94
A.	Instrumentos	94
B.	Consentimiento informado	96

C.	Opinión de Expertos – Entrevista	97
D.	Opinión de Expertos – Cuestionario	101



## Índice de Tablas

Tabla 1. Clasificación de los costos.	7
Tabla 2. Forma estándar de un modelo PL.	14
Tabla 3. Forma canónica de un modelo PL.	14
Tabla 4. Resumen de métodos de pronósticos relacionados con series de tiempo.	19
Tabla 5. Operacionalización de la variable independiente y dependiente.	22
Tabla 6. Alfa de Cronbach.	25
Tabla 7. Información general de la Industria Molinera Santa Isabel Rice S.A.C.	29
Tabla 8. Productos de la empresa Industria Molinera Santa Isabel Rice S.A.C.	30
Tabla 9. Subproductos de la empresa Industria Molinera Santa Isabel Rice S.A.C.	30
Tabla 10. Resumen de personal en planilla de la Industria Molinera Santa Isabel Rice S.A.C.	31
Tabla 11. Horario laboral del personal de la empresa molinera.	32
Tabla 12. Check List.	44
Tabla 13. Registro de producción enero 2022 - mayo 2023.	46
Tabla 14. Registro de demanda enero 2022 - mayo 2023.	46
Tabla 15. Registro de inventarios enero 2022 - mayo 2023.	47
Tabla 16. Costos de materia prima enero 2022 - mayo 2023.	48
Tabla 17. Productos y subproductos generados.	48
Tabla 18. Registro anual de materiales indirectos.	49
Tabla 19. Requerimientos y costos unitarios de materiales indirectos.	49
Tabla 20. Registro de costos de mano de obra directa.	50
Tabla 21. Cálculo del requerimiento unitario de mano de obra teórico.	50
Tabla 22. Registro histórico de requerimiento unitario de mano de obra.	51
Tabla 23. Costo unitario de inventarios por producto.	52
Tabla 24. Registro de unidades en inventario enero 2022 - mayo 2023.	52
Tabla 25. Registro total de horas extras enero 2022 - mayo 2023.	53
Tabla 26. Resultados del cuestionario de causas que generan costos altos.	56

Tabla 27. Acciones correctivas para cada causa identificada.	58
Tabla 28. Resumen de los costos del periodo enero 2022 - mayo 2023 por mes.	60
Tabla 29. Costo del periodo junio 2022 - noviembre 2022.	60
Tabla 30. Resumen de pronóstico de demanda - Casserita Fuccsia.	61
Tabla 31. Resumen de pronóstico de demanda - Casserita Amarilla.	62
Tabla 32. Resumen de pronóstico de demanda - Casserita Verde.	63
Tabla 33. Resumen de pronóstico de demanda - Graneco.	63
Tabla 34. Resumen de pronóstico de demanda - Porterito Azul.	64
Tabla 35. Resumen de pronóstico de demanda - Olimpo.	65
Tabla 36. Resumen de pronóstico de demanda - Campo Amor.	65
Tabla 37. Resumen de pronóstico de demanda - Santa Isabel Verde.	66
Tabla 38. Resumen de pronóstico de demanda - Santa Isabel Rojo.	67
Tabla 39. Resumen de pronóstico de demanda - Santa Isabel Naranja.	67
Tabla 40. Resumen general de pronóstico de la demanda junio 2023 - noviembre 2023.	68
Tabla 41. Resumen general de pronóstico de la demanda con supuesto.	68
Tabla 42. Índices.	69
Tabla 43. Periodos de evaluación.	69
Tabla 44. Recursos a utilizar.	69
Tabla 45. Resumen de índices, periodos y recursos.	69
Tabla 46. Cantidad de producción.	70
Tabla 47. Cantidad de inventario.	70
Tabla 48. Variable binaria - setup de producción.	70
Tabla 49. Resumen de las variables de decisión del modelo.	70
Tabla 50. Indicador costos de producción.	71
Tabla 51. Costo unitario de producción apegada a la demanda pronosticada	72
Tabla 52. Indicador de costos de inventarios.	72
Tabla 53. Indicador de costo de setup.	72
Tabla 54. Resumen de indicadores (costos) de la función objetivo.	72

Tabla 55. Parámetro de demanda pronosticada.	73
Tabla 56. Parámetro de requerimientos unitarios.	73
Tabla 57. Matriz resumen de requerimientos unitarios de recursos.	73
Tabla 58. Parámetros de disponibilidad de recursos.	73
Tabla 59. Pronóstico de disponibilidad de materia prima.	74
Tabla 60. Disponibilidad de recurso indirecto - sacos.	75
Tabla 61. Resumen de parámetros del modelo matemático.	75
Tabla 62. Resultados de la variable de cantidad de producción por periodo pronosticado.	81
Tabla 63. Resultados de inventarios generados por periodo pronosticado.	81
Tabla 64. Resultados de utilización de recursos por periodo pronosticado.	82
Tabla 65. Resultados generales de costos.	82
Tabla 66. Sensibilidad - permisible reducir de recursos por periodo.	82
Tabla 67. Cumplimiento de los supuestos de linealidad.	83
Tabla 68. Comparación de costos actuales con costos obtenidos por el modelo matemático.	84
Tabla 69. Costos estimados de inversión para la aplicación de la herramienta de programación lineal.	85
Tabla 70. Análisis beneficio - costo.	85

## Índice de Figuras

Figura 1. Conformación del costo total.	8
Figura 2. Etapas básicas de la solución de un problema de Investigación de Operaciones.	10
Figura 3. Flujograma de modelamiento matemático de programación lineal.	15
Figura 4. Flujo general de las actividades de planificación y control de la producción.	16
Figura 5. Patrones de pronóstico.	17
Figura 6. Organigrama General de la empresa molinera.	29
Figura 7. Diagrama de Operaciones del proceso de pilado de arroz.	34
Figura 8. Diagrama de Análisis de Operaciones del proceso de pilado de arroz.	35
Figura 9. Estandarización de procesos.	36
Figura 10. Capacitación de personal.	37
Figura 11. Planificación de la producción.	37
Figura 12. Planificación de abastecimiento de materia prima.	38
Figura 13. Estudio de mercado y demanda.	38
Figura 14. Satisfacción de pedidos o requerimientos del mercado.	39
Figura 15. Productos en inventarios por largos periodos.	39
Figura 16. Requerimientos unitarios por producto.	40
Figura 17. Capacidad productiva de maquinaria.	40
Figura 18. Control de inventarios de MP y PT.	41
Figura 19. Diagrama de Ishikawa.	54
Figura 20. Diagrama de Pareto.	57
Figura 21. Situación actual de los costos enero 2022 - mayo 2023.	59
Figura 22. Pronóstico de demanda - Casserita Fuccsia.	61
Figura 23. Pronóstico de demanda - Casserita Amarilla.	62
Figura 24. Pronóstico de demanda - Casserita Verde.	62
Figura 25. Pronóstico de demanda - Graneco.	63
Figura 26. Pronóstico de demanda - Porterito Azul.	64

Figura 27. Pronóstico de demanda - Olimpo.	64
Figura 28. Pronóstico de demanda - Campo Amor.	65
Figura 29. Pronóstico de demanda - Santa Isabel Verde.	66
Figura 30. Pronóstico de demanda - Santa Isabel Rojo.	66
Figura 31. Pronóstico de demanda - Santa Isabel Naranja.	67
Figura 32. Pronóstico de disponibilidad de materia prima junio 2023 - mayo 2023.	74
Figura 33. Modelo de programación lineal planteado y resuelto en Excel con Open Solver.	80

## Índice de Fórmulas

Fórmula 1. Porcentaje de mermas generadas.	49
Fórmula 2. Porcentaje de requerimiento de materia prima.	49
Fórmula 3. Costo unitario del requerimiento de pabito.	49
Fórmula 4. Definición de inventarios para el modelo.	70
Fórmula 5. Determinación del costo de producción unitario.	71
Fórmula 6. Función objetivo del modelo matemático.	75
Fórmula 7. Función objetivo factorizada.	76
Fórmula 8. Restricción 1 - Disponibilidad de recursos.	76
Fórmula 9. Restricción 2 - Definición de inventarios.	76
Fórmula 10. Restricción 3 - No negatividad de inventarios.	76
Fórmula 11. Restricción 4 - Capacidad de inventarios.	76
Fórmula 12. Restricción 4 - Intervalo de inventarios.	77
Fórmula 13. Restricción 5 - Capacidad de producción.	77
Fórmula 14. Restricción 5 - Capacidad de producción definida.	77
Fórmula 15. Restricción 6 - No negatividad de producción.	77
Fórmula 16. Restricción 7 - Definición del setup.	77
Fórmula 17. Restricción 8 - Carga fija.	78
Fórmula 18. Restricción 8 - Definición de carga fija.	78
Fórmula 19. Restricción 9 - Enteros.	78
Fórmula 20. Restricción 10 - Nula producción en setiembre.	78

## I. INTRODUCCIÓN

### I.1. Realidad problemática

Durante los últimos años el sector empresarial ha sufrido una amplia variedad de cambios que ha convertido al mercado en un campo sumamente competitivo en donde las estrategias de gestión son el punto clave para la adaptación, crecimiento y evolución de cualquier empresa. Sin embargo, actualmente son muchas organizaciones que se encuentran en una posición crítica debido a factores relacionados con la dirección tradicional para la toma de decisiones administrativas que limitan el alcance de los objetivos de sostenibilidad y desarrollo empresarial.

Mayormente, son las empresas pertenecientes a las MiPymes las más propensas a estancarse económicamente. En Ecuador, un análisis a un grupo de pequeñas y medianas empresas manifestó que los indicadores usuales que estancan el crecimiento e industrialización de ya mencionadas empresas incluyen la falta de organización y planificación estratégica, así como el mal manejo y enfoque de la gestión empresarial, gestión de los recursos y de la información del mercado. [1]

Estos indicadores no sólo representan una disminución en la productividad, eficiencia y eficacia de una empresa, sino también, implica un incremento gradual de los costos en los que se incurre para generar valor agregado en cada uno de los productos. Penosamente, este criterio no se tiene tan en cuenta, debido a que, una empresa en crecimiento suele centrarse más en el desarrollo, producción, venta y distribución de sus productos. En otras palabras, el indicador clave de desempeño suele ser el índice de ventas y los ingresos que generan, mas no, los egresos que acarrear. No obstante, una investigación en Colombia, véase [2], señala la importancia del control de los costos para el beneficio financiero de una empresa, permitiendo el incremento de utilidades y dando oportunidad a la inversión en investigación y desarrollo para el mejoramiento del tamaño de planta, brindado así, una mejor liquidez.

Es así que, se evidencia el papel que ha tomado la gestión empresarial al momento de optimizar los egresos financieros, como pueden ser los costos. Es por este motivo, que muchas empresas buscan adoptar herramientas, técnicas o metodologías que permitan el incremento de sus utilidades. A la fecha se presenta una amplia variedad de métodos basados en criterios matemáticos de gestión para el control de todo tipo de costos incurridos en las empresas. Naturalmente, existen empresas que han aceptado el desafío de la globalización y han optado por apostar por estos métodos de gestión integrada, permitiéndose un incremento en las posibilidades de superación organizacional. Como lo ejemplifica una investigación en Etiopía [3], en donde, de una población de 30 empresas industriales, gran parte indicaba que sí contaba con una herramienta o técnica de control de sus costos. Así mismo, una mayoría de empresas no sólo contaba con una herramienta, sino con varias de estas. En síntesis, se estima que menos del 5% no cuenta con al menos una herramienta de control de sus costos. Indicando así, la importancia que le han dado al estudio de sus costos para el desarrollo integral.

Por otro lado, en Perú, aún no se ha sabido aprovechar eficientemente las oportunidades de desarrollo empresarial debido a que, principalmente, sus modelos de gestión están orientados a la manufactura del sector primario de producción. Es a causa de esta poca flexibilidad y resistencia a adaptarse a los cambios que abundan las empresas con bajos niveles competitivos en el mercado y que, sus indicadores de desempeño no se comparen con los de sus pares en países más desarrollados. A nivel de mercado internacional, las empresas peruanas se ubican en el puesto 63, esto se debe además de factores externos (decisiones políticas, económicas, entre otros), y a factores internos como la orientación basada en un análisis prospectivo mal direccionado, lo que impide la generación de estrategias para el alcance de ventajas competitivas. [4]

De la misma manera, Paucar [5], menciona que las Pymes peruanas suelen estar destinadas a fracasar a causa de que sus dueños (hábalese de los emprendedores) no poseen los conocimientos necesarios y objetivos para gestionar el negocio a medida que



éste va creciendo en cuanto a tamaño se refiere, haciendo que su enfoque no sea el adecuado, pues se basan en criterios simples, y muchas veces, empíricos, para la toma de decisiones afectando los estándares de calidad, el control de sus indicadores, su planificación, gestión de recursos, análisis y mejora continua de sus resultados, entre otros aspectos. A raíz de ello, muchas empresas no superan los 4 años de actividad en el mercado. Así mismo, se adiciona a la problemática la no estandarización de los procesos, falta de organización, mermas elevadas, mal manejo de inventarios y, limitado, hasta inexistente, estudio del mercado referente a la demanda, competencia y otros factores externos.

El sector agroindustrial no está exento de padecer de problemas en sus operaciones internas a causa del incremento en la demanda por parte del mercado tanto nacional como internacional. Pues y, de acuerdo a cifras del BCRP [6], hasta enero del año 2022, este sector económico representa el 6.4% del total de aportación al PBI nacional, cifra 2% mayor que el año previo debido al aumento de la demanda de productos agropecuarios a niveles regionales como internacionales. Este dato se puede corroborar por datos de la SUNAT en donde se expone la evolución de las exportaciones agropecuarias hasta finales del 2020. [7]

Este incremento beneficia al Perú y a los pequeños y medianos empresarios que buscan el fin lucrativo a partir de sus actividades. Frente a esta coyuntura, muchas empresas del rubro se han visto en la necesidad de mejorar sus cadenas de suministros tanto para el abastecimiento como la exportación de sus productos. Sin embargo, nuevamente, una inadecuada perspectiva de la evaluación de la oportunidad perjudica a las empresas. En Tacna, un estudio a 21 empresas del sector agroindustrial expuso que, el 90% posee una gestión altamente efectiva, sin embargo, está enfocada a una producción por órdenes, haciendo que sea necesario el pedido del cliente para la adquisición del insumo. Se determinó además que, es debido a este sistema que no se cuenta con una planificación de la producción en base a los recursos que se tiene. [8] Aunque, el producir

por órdenes puede resultarles una buena forma de optimización de costos haciendo que su eficiencia sea alta, se contrarresta con el indicador de eficacia.

El departamento de San Martín ha tenido un importante crecimiento en los últimos años. Esto se debe principalmente a sus condiciones climatológicas idóneas para el cultivo y cosecha de arroz. De acuerdo con MINAGRI [9], en su cuarto boletín cuatrimestral este departamento ha sido considerado como uno de los más participativos en cuanto a la producción de arroz a nivel nacional, aunque con un crecimiento limitado. A la fecha del informe, constituye por sí sólo, una tasa del 25%. De las cuales, se aprecia un descenso en los departamentos como Lambayeque y Arequipa.

El IV de Censo de Arroz realizado a finales del año 2019 manifestó que, pese a la obvia participación del departamento de San Martín en la tasa de producción de arroz, la situación de los molinos era de incertidumbre. Al momento del censo, la información manifiesta que San Martín tiene 5 molinos en estado de inactividad de un total de 54. Es decir, aproximadamente, 9 a 10% de sus molinos al 2019 se encontraban en cese de actividades. Amazonas encabeza la lista con más de la mitad de sus molinos en inactividad. Sin embargo, reiterando, San Martín, aunque no se encuentra dentro de las 5 primeras regiones con este problema, sí representa un conflicto para la producción de arroz, teniendo en cuenta que es una de las mayores procesadoras y exportados de arroz. Estas cifras son, considerando periodos previos a la pandemia, no existe aún cifras del V Censo debido justamente a lo ocurrido en el 2020, sin embargo, se espera que la tasa de inactividad haya crecido. Una encuesta a productores de estas regiones manifestó la causa de este inconveniente de bajo rendimiento. Ellos argumentaron que los costos de producción tienden a superar muchas veces sus ingresos haciendo que tomen decisiones drásticas como el aportar capital propio o cesar actividades. Se identificó además que, usualmente producen intentando adaptarse a las variaciones de la demanda, no obstante, en muchas ocasiones tienden a quedarse con grandes volúmenes en stock por varios periodos, incurriendo en costos de inventarios. [9]

Naturalmente se espera que, a causa de la pandemia del 2020, la tasa de empresas en actividad, no sólo para la región de San Martín, haya descendido. Por ende, aunque la producción del departamento sea buena, la sostenibilidad en el tiempo es lo más importante. De acuerdo con DRASAM [10] una de las barreras que limita la sostenibilidad de las empresas agroindustriales, molineras y procesadoras de la región de San Martín es la falta de tecnología y la escasez de la aplicación de metodologías eficientes para asumir el riesgo de oportunidad y poder mejorar los indicadores. Gran parte de los empresarios de la región tienden a ser agricultores o personas no conocedoras de ese medio, lo que muchas veces lleva al estancamiento como entidad. Todo esto, a largo plazo, conlleva a un bajo rendimiento de las empresas, impidiendo su crecimiento. Puede que la ubicación geográfica contribuya positivamente con la tasa de contribución de arroz, sin embargo, las empresas pueden caer en estado de inactividad. Tal y como sucedió en Lambayeque en el año 2019, en donde se presentó una reducción del 10% en cuanto a número de molinos totales, en otras palabras, 8 molinos cesaron definitivamente.

En ya mencionada región, un molino perteneciente a las pymes se encuentra en un estancamiento de sus actividades a causa de la gestión poco ortodoxa, es decir, no cuentan con un sistema que optimice sus actividades operativas. Se detectó que la empresa no cuenta con un pronóstico de la demanda, lo que limita la planificación de su producción. La asignación de recursos representa el segundo problema de optimización en la empresa ya mencionada. En consecuencia, se generan costos innecesarios que pueden ser reducidos con una adecuada gestión y uso de la tecnología para optimizar las actividades operativas y la toma de decisiones. Es por ello que, la siguiente investigación busca el análisis, modelamiento y aplicación de un sistema de programación lineal para la planificación de la producción, asignación de los recursos y pronósticos de la demanda con el propósito de minimizar los costos en los que se incurre. En base a esta problemática, se plantea la siguiente interpelación: ¿De qué manera la implementación de la programación lineal puede minimizar los costos del molino de San Martín – Nueva Cajamarca?

## **I.2. Formulación del problema**

### **Formulación general del problema**

¿La aplicación de la programación lineal minimizará los costos totales de una empresa molinera en San Martín?

## **I.3. Hipótesis**

La programación lineal minimiza los costos de la empresa Molinera de Nueva Cajamarca – San Martín.

## **I.4. Objetivos**

### **Objetivo General**

Aplicar la programación lineal para minimizar los costos en una empresa molinera a través de la planificación de su producción y asignación de recursos.

### **Objetivos Específicos**

- Analizar la situación actual de la empresa.
- Determinar los parámetros para el modelamiento matemático.
- Elaborar un modelo matemático para la minimización de los costos.
- Programar el modelo en el software de Solver e iterarlo.
- Realizar un análisis de sensibilidad de los parámetros.
- Analizar y determinar la optimización de los resultados.
- Evaluar el beneficio – costo de la aplicación del modelo de programación lineal.

## **I.5. Teorías Relacionadas al Tema**

### **I.5.1. Costos**

Los costos son todos aquellos recursos monetarios usados en un determinado periodo temporal para la elaboración de un producto o la prestación de un servicio. Su división depende de la participación en el proceso de elaboración; directo si está totalmente involucrado en el proceso de valor agregado e indirecto si no son asignados para participación en la producción. [11]

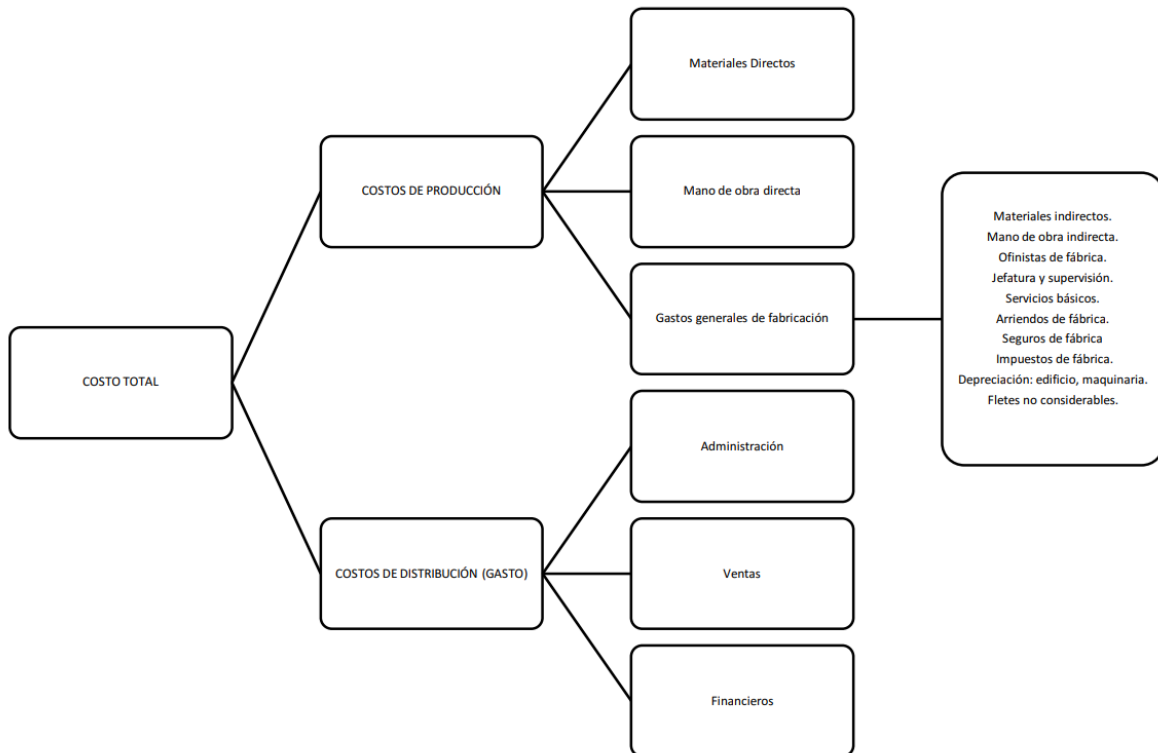
Sin embargo, de acuerdo con Vallejo y Chilinguina [12] mencionan que la clasificación de los costos depende de varios aspectos como su función, su naturaleza, su expresión temporal, su variabilidad, por su aspecto económico, por su identificación con el producto y su inclusión en cuanto al inventario.

**Tabla 1.** Clasificación de los costos.

<b>Clasificación</b>	<b>Costos</b>
<b>Por su función.</b>	De manufactura, producción o de fabricación.
	De mercadeo, distribución y ventas.
<b>Por su naturaleza.</b>	Por órdenes de producción.
	Por procesos.
<b>Expresión temporal.</b>	Históricos.
	Predeterminados.
<b>Por su variabilidad.</b>	Fijos.
	Variables.
	Mixtos.
<b>Por su aspecto económico.</b>	Futuros.
	Incurridos.
	Pertinentes.
	De oportunidad.
<b>Por su identificación con el producto.</b>	Directos.
	Indirectos.
<b>Por su inclusión en cuanto al inventario.</b>	Costeo total o de absorción.
	Costeo variable o directo.

**Fuente:** Adaptado de [12]

**Figura SEQ Figura 1\* ARABIC 1. Conformación del costo total.**



**Fuente:** [12]

### **Costos de producción**

Es un sacrificio necesario monetario que se hace con la finalidad de elaborar un producto a partir de la transformación de los insumos, convirtiendo las entradas en salidas que puedan ser vendidas al mercado. Por consiguiente, el costo de producción es la suma de la adquisición y medios necesarios para convertir una materia prima en un producto terminado. Háblese de los costos de mano de obra, directos e indirectos que, aunque no son asignados específicamente a la producción (referente al proceso de valor agregado), sí están asociados, como la depreciación, seguros, y todo lo relacionado con la capacidad instalada de producción. [13, p. 38]

#### **i. Materiales Directos**

Se involucra los costos de adquisición de materia prima directa, es decir, la que se usará como entrada o insumo para su transformación en un producto terminado. Por

ejemplo, en una textilera, la tela es su material directo ya que, a partir de ello, se elaborará prendas de vestir. [14, p. 15]

## **ii. Mano de Obra Directa**

Los costos de mano de obra directa representan el valor monetario del esfuerzo humano como recurso en la elaboración de un producto. La prestación de su fuerza de trabajo en el proceso de valor agregado se le considera como MOD (Mano de obra directa). [13, p. 39]. En este punto se habla de costos de hora-hombre ya sea en tiempo normal, como en sobretiempo de hora extra.

## **iii. Gastos indirectos de fabricación**

También conocidos con GIF o como los costos indirectos incurridos en la producción. Abarcan los costos asociados con la fabricación o elaboración de un producto; como los materiales indirectos o la mano de obra indirecta. Ambos están asociados a la producción, pero no se involucran directamente en el proceso de valor agregado. [13, p. 40]

## **Costos de inventarios**

De acuerdo con Heizer y Render [15] los costos de inventarios están asociados con el hecho de mantener, ordenar y preparar las unidades en stock ya sea de insumos (entradas) como de productos terminados (salidas). Ambos aspectos están relacionados con la incertidumbre de la demanda ya que, si una empresa no cuenta con almacenes propios, incurrirá en costos de mantener unidades en stock y, si la demanda no era la esperada, estos costos se extenderán por varios periodos.

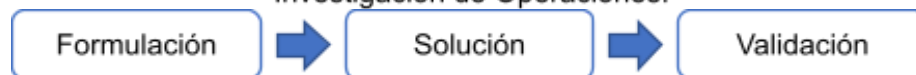
## **Costos de set-up**

Los costos de set-up representan el costo incurrido al decidir producir o no. Esto ocurre cuando la producción presenta paros entre un periodo y otro, o entre productos. En síntesis, el hecho de preparar la maquinaria para producir nuevamente, implica un costo de set-up específico y fijo para cada empresa. [16]

## **I.5.2. Modelamiento matemático**

De acuerdo con Martínez y Gastón [17], un modelo matemático cumple con el propósito de representar y describir el comportamiento del problema real a través de ecuaciones matemáticas, valores numéricos, igualdades y desigualdades. Esto representa la base de todo estudio relacionado con la Investigación de Operaciones, donde, posteriormente, se optimizará y validará el sistema para su aplicación en la realidad. Con optimizar se habla de maximizar o minimizar el resultado final el cual depende de todas las ecuaciones e inecuaciones del modelo.

**Figura SEQ Figura 1\* ARABIC 2.** Etapas básicas de la solución de un problema de Investigación de Operaciones.



**Fuente:** Adaptado de [17]

Su clasificación se basa en las probabilidades: determinísticos, estocásticos e híbridos. Los determinísticos hacen referencia a que la probabilidad de ocurrencia es certera, hablese de la programación lineal y la no lineal. Los estocásticos o probabilísticos es donde todo se basa en la cuestión del azar, los resultados no están definidos en su totalidad, un evento puede ocurrir sin haber sido previsto. Los híbridos se caracterizan por poseer ambos aspectos, tanto certeza como probabilidad. [18, p. 11]

### **Programación Lineal**

La programación lineal (PL) como metodología aplicada a la investigación de operaciones, fue implementada a finales de la II Guerra Mundial por Geoge Dantzsing para resolver problemas militares de asignación óptima de recursos. Desde que fue obvia la participación de la herramienta de PL en la resolución de problemas de optimización de resultados, muchas empresas hasta la actualidad han optado por modelar sus problemas de manera cuantitativa y, mediante metodologías relacionadas con la PL, optimizar sus sistemas; minimizando sus costos o maximizando sus utilidades. [19, p. 7]

La PL abarca gran amplitud de campos que van desde el industrial, económico, militar, financiero, mercadotecnia, e incluso a nivel político. Estos problemas implican,



mayormente, la asignación de recursos, planeación de la producción, presupuestos, rutas de transporte, localización de planta, entre otros. Otorgando así, una pauta determinista y científica para la toma de decisiones en base a los beneficios obtenidos de la solución óptima de todas las factibles calculadas. [17, p. 34]

La característica esencial de un modelo de PL radica en, justamente, la linealidad de su estructura, tanto en su función objetivo como en sus restricciones, donde el máximo grado de sus variables de decisión es 1. De la misma manera, cuenta con algunos componentes y condiciones que lo caracterizan como tal.

### **Componentes de un modelo de Programación Lineal**

#### **i. Variables de Decisión**

Según Cabrera y Ezilda [20, p. 19] las variables de decisión son las decisiones, valga la redundancia, que se van a tomar desde una perspectiva cuantitativa. Es decir, son los valores resultantes que se espera obtener para la toma de decisión; motivo de su nombre. También se les puede considerar como las incógnitas del problema, o lo que se busca hallar. En síntesis, hace referencia al indicador clave que se obtiene después de la optimización del sistema, pudiendo ser entera, real, binaria, etc.

#### **ii. Variables Auxiliares**

Para Suñé, Fonollosa y Fernández [21, p. 28] además de las variables decisión, también se tienen las auxiliares. Básicamente son las magnitudes (por ejemplo, moneda, personas, metros, etc.) de cada una de las ya mencionadas variables. Estas no son necesarias para la resolución de un problema de PL, sin embargo, pueden aportar más información para la interpretación de un resultado final. Esencial para modelos complejos.

#### **iii. Función Objetivo**

Es la expresión lineal matemática que relaciona las variables de decisión con sus respectivos coeficientes de proporción. Estos coeficientes representan el grado de contribución de cada variable para el resultado final. La función objetivo, denotada

usualmente como F.O, es el resultado general que se desea optimizar; maximizar o minimizar. [21, p. 28]

Al maximizar las utilidades, por ejemplo, cada coeficiente de la F.O equivale al ingreso que cada uno de los productos puede generar si se vende. Modelándose de la siguiente manera;  $\text{Max F.O.} = C_1x_1 + C_2x_2 + C_3x_3 + \dots + C_nx_n$ . Otras fuentes la consideran como la función “z”.

#### **iv. Restricciones**

Las restricciones representan las limitaciones o las condiciones que el modelo debe cumplir para asimilarse al problema real. Usualmente son restricciones físicas relacionadas con la cantidad de recursos las cuales son modeladas en ecuaciones e inecuaciones. También son conocidas como restricciones funcionales y es gracias a estas que un modelado matemático consigue acerca a la realidad, pues, mientras más restricciones sean adaptadas del problema real, más imitará el proceso en cuestión. [19, p. 15]

Al igual que en la F.O, cada restricción está ligada a una ecuación en donde intervienen las variables de decisión y sus respectivos coeficientes, en este caso, representados como “a” y “b”, siendo el limitante;  $a_{i1}x_1 + a_{i2}x_2 + \dots + a_{in}x_n \leq b_i$ .

#### **v. Restricciones explícitas (no negatividad)**

Estas restricciones siguen el supuesto de no negatividad de un modelo de programación lineal. Se le llama explícitas debido a que son condiciones ocultas pero que limitan los resultados de las variables a mayores o iguales a cero para impedir resultados irracionales. [18, p. 15]

#### **vi. Parámetros**

De acuerdo con Cabrera [20, p. 20], son el conjunto de datos empleados tanto para la construcción de las restricciones como de la función objetivo. Estos son los que van al lado derecho de una restricción y los coeficientes tanto de estas como de la F.O. En este

caso, hállese de los coeficientes “a”, “b” y “C” mencionados con anterioridad, los cuales son, en toda regla, valores numéricos.

### **Supuestos y condiciones de un modelo de PL**

#### **i. Proporcionalidad**

La proporcionalidad implica que, que la contribución de cada variable de decisión, tanto en las restricciones como en la función objetivo, es proporcional a cada coeficiente “a” y “C”. En otras palabras, en un ejemplo de minimización, por cada “ $C_i$ ” debe haber un “ $x_i$ ”, resultando en “ $C_i x_i$ ”. Por otro lado, si por cada “ $C_i$ ” hay dos “ $x_i$ ”, entonces “ $C_i x_i^2$ ”, lo que resultaría en una programación no lineal. De igual manera en las restricciones. Por ende, lo que este supuesto impide es la no linealidad, limitando el grado relativo de las variables a 1 como máximo. [22]

#### **ii. Aditividad**

Aunque no se admite un grado superior a 1 para cada variable, sí se permite la suma de estas entre sí. Tanto en la función objetivo, como en las restricciones, se pueden sumar las contribuciones de cada variable entre sí para dar un resultado final. En el caso de minimización, se puede sumar de manera algebraica desde un “ $C_1 x_1$ ” hasta un “ $C_n x_n$ ” para dar como resultado la función z u objetivo. [20, p. 20]

#### **iii. Determinismo**

Según Hieller y Lierbeman [22] este supuesto indica que el valor de todos los parámetros es conocido y constante. De la misma manera, Suñé, Fonollosa y Fernández [21, p. 27] señalan que no se pueden usar valores que sigan una distribución aleatoria ya que eso sería un modelo estocástico. Este supuesto asegura que el modelo de PL es meramente determinista al no haber incertidumbre respecto a sus valores.

#### **iv. Divisibilidad**

Los valores que pueden tomar las variables de decisión no necesariamente tienen que ser números enteros, pueden pertenecer a los números reales positivos, siempre y cuando satisfagan las condiciones del modelo. [20, p. 21]

## Formas de un modelo de PL

### i. Estándar

Un modelo es de forma estándar cuando todas sus variables satisfacen la no negatividad y todas sus restricciones expresan una igualdad ya sea un caso de maximización o minimización. Este modelo es con el que se parte en modelamientos con el método Simplex. [21, p. 34]

**Tabla 2.** Forma estándar de un modelo PL.

$$\begin{aligned}
 (OPT)z &= \sum_{j=1}^n C_j x_j \\
 \text{Sujeto a: } &\sum_{j=1}^n a_{ij} x_j = b_i \\
 &i = 1, \dots, n \\
 &j = 1, \dots, m
 \end{aligned}$$

Fuente: [21]

### ii. Canónica

A diferencia de la anterior, en la canónica todas sus restricciones están representadas como desigualdades; inecuaciones, y dependen mucho si se habla de maximizar o minimizar una función z.

**Tabla 3.** Forma canónica de un modelo PL.

Minimización	Maximización
$  \begin{aligned}  (Min)z &= \sum_{j=1}^n C_j x_j \\  \text{Sujeto a: } &\sum_{j=1}^n a_{ij} x_j \geq b_i \\  &i = 1, \dots, n \\  &j = 1, \dots, m  \end{aligned}  $	$  \begin{aligned}  (Max)z &= \sum_{j=1}^n C_j x_j \\  \text{Sujeto a: } &\sum_{j=1}^n a_{ij} x_j \leq b_i \\  &i = 1, \dots, n \\  &j = 1, \dots, m  \end{aligned}  $

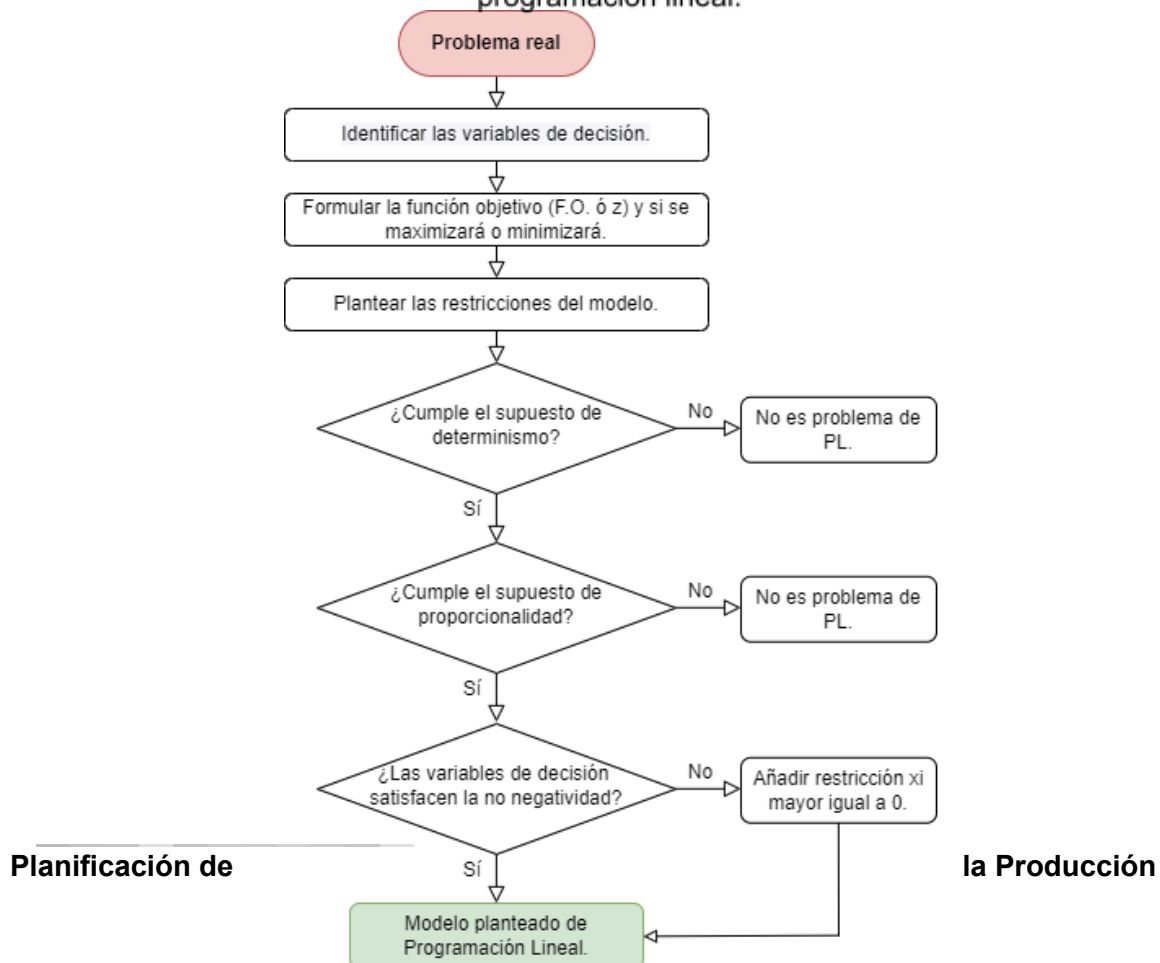
Fuente: [21]

En la aplicación a problemas reales, el método más usado directamente es el canónico con algunas variaciones en sus restricciones. Por ejemplo, al minimizar costos de producción se presenta la asignación de recursos como restricción, haciendo que la inecuación este dada por " $\leq$ " y no por " $\geq$ " como lo define la tabla 5. Razón por la cual se recalca la importancia del análisis de los parámetros previo al modelamiento.

### I.5.3. Metodología para el modelamiento de programación lineal

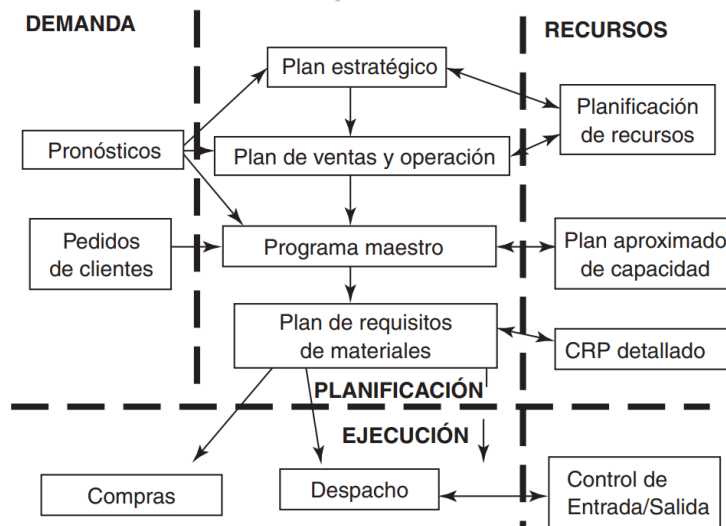
Alzate [18] indica que el éxito de un modelo de programación lineal recae en dos aspectos fundamentales; (1) el modelo por sí mismo y (2) las técnicas usadas para llegar a la solución óptima. El planteamiento del problema es la base esencial que determina el éxito de todo el sistema. Considerando todos los aspectos mencionados con anterioridad, el flujograma del planteamiento del problema para un problema de PL es el que muestra la ilustración 3.

**Figura SEQ Figura \\* ARABIC 3.** Flujograma de modelamiento matemático de programación lineal.



Según Chapman [23], el planificar el volumen de la producción representa uno de los pasos más importantes en cuanto a los recursos que la empresa va a requerir para poder llevar a cabo la mencionada planeación. Desde una vista amplia de la cadena de suministro, la demanda es la que define la planificación de las operaciones internas, ya sea por los pedidos de los clientes o por un pronóstico previo de lo que se puede llegar a demandar. Lo primero puede implicar conflictos a causa del corto lead time que puede esperar el cliente. Lo segundo implica un manejo previo que permite la adecuación de los procesos y la flexibilidad ante una demanda imprevista, siendo la mejor opción para planificar con un poco más de margen de tiempo.

**Figura SEQ Figura \\* ARABIC 4.** Flujo general de las actividades de planificación y control de la producción.



**Fuente:** CITATION Cha06 \1 10250 [23]

### Pronósticos de la demanda

Un pronóstico es una “técnica para utilizar experiencias pasadas con la finalidad de predecir expectativas del futuro.” [23, p. 17] Sin embargo, tienen su margen de error, no siempre son exactas e incluso puede que ocurra de una manera completamente diferente a lo esperado.

Hillier y Hillier [22] mencionan que la aplicación de los pronósticos va desde el nivel económico (el mercado de valores) hasta el nivel industrial y comercial (demanda proyectada). En este aspecto se recalca que una buena data histórica de la demanda puede

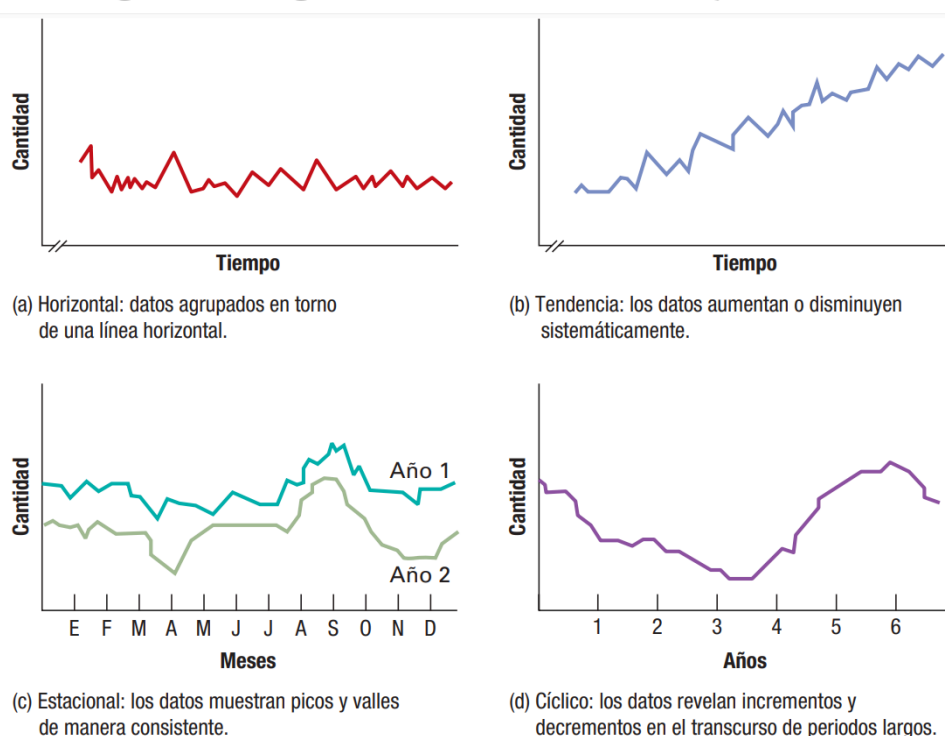
definir cómo se podría comportar el mercado en periodos posteriores y en base a ello se tome las decisiones de planificación interna.

### Patrones de la demanda

Estudiar la demanda por periodos unitarios no es eficiente. No obstante, visto a mayor escala, existen comportamientos o patrones que tienden a seguir en una serie de tiempo. Se presentan 5 patrones básicos con los que la demanda se puede comportar. [24, p. 524]

1. **Horizontal:** Los datos rondan una media constante.
2. **Tendencia:** La medida incrementa o decrementa a lo largo del tiempo.
3. **Estacional:** Repetible cada determinado periodo de tiempo.
4. **Cíclico:** Incrementos y decrementos continuos y graduales.
5. **Aleatorio:** No se puede predecir.

**Figura SEQ Figura \\* ARABIC 5. Patrones de pronóstico.**



Fuente: CITATION Kra \ 10250 [24]

### Métodos de Pronósticos

#### i. Cualitativo

Se generan en base a información analítica del mercado objetivo. Resulta ser usada cuando no se tiene acceso a tanta información histórica o cuando se introduce un nuevo producto al mercado y carece de data. Depende, además, del criterio subjetivo. [23, p. 18]

- **Opinión Ejecutiva**

La opinión de uno o más gerentes en base a su experiencia en el rubro es resumida y se concluye en un valor para un solo pronóstico. Es totalmente subjetivo, no se apoya en ningún criterio científico, son meras suposiciones de acuerdo con las perspectivas de los ejecutivos peritos en el campo que se analiza. [24]

- **Método Delphi**

Consiste en encuestas dadas a expertos en estadística para que estimen, en base a cálculos, el impacto del producto en el mercado, y también en base a puntos de vista cualitativos. Estos expertos no se conocen los unos a los otros. Posteriormente, los resultados son evaluados por los directivos para encontrar deficiencias y soluciones. [25]

- **Encuestas de mercado**

Cuestionarios enviados a clientes potenciales de un mercado objetivo en donde se solicita su opinión de los productos o servicios que la empresa proporciona con la finalidad de conocer si habrá una demanda que satisfacer o no. [23, p. 19]

- **Consenso de panel**

Similar al método Delphi con la diferencia de que los expertos se conocen y discuten sus resultados entre sí para llegar a un “consenso” de los valores futuros de lo que se pretende pronosticar. La ventaja de esto es que se presenta un debate en donde se puede analizar diversos puntos de vista. [26]

## ii. **Cuantitativo**

Cuando se tiene una data histórica consistente, los modelos cuantitativos son más fiables en cuando a pronósticos se refiere. Estos se caracterizan por el uso de ecuaciones, estadística y modelos matemáticos para pronosticar unos valores en base a su comportamiento previo. [25]



- **Regresión Lineal**

Sigue la ecuación lineal en donde se tiene la relación de una o más variables independientes con sus respectivos coeficientes para dar origen a una dependiente la cual representa el valor pronosticado. Se caracteriza por un incremento o descenso en forma lineal. [24, p. 528]

- **Series de Tiempo**

Se asume que al menos se usa un patrón definido con anterioridad y, en base a ese comportamiento, se analiza y determina los valores futuros. Cuenta con varios métodos en donde influye las series de tiempo. La tabla 6 resume este aspecto.

**Tabla 4.** Resumen de métodos de pronósticos relacionados con series de tiempo.

<b>Métodos</b>	<b>Descripción</b>	<b>Representación</b>
<b>Pronóstico empírico</b>	La demanda del periodo $D_t$ es igual a la del periodo $D_{t-1}$ .	$D_t = D_{t-1}$
<b>Promedio móvil simple</b>	Promedio la demanda de $n$ periodos más recientes.	$F_{t+1} = \frac{D_t + D_{t-1} + \dots + D_{t-n+1}}{n}$ Error: $E_t = D_t - F_t$
<b>Promedio móvil ponderado</b>	Cada demanda de $n$ periodos tiene un peso asignado o ponderación.	$F_{t+1} = aD_t + bD_{t-1} + cD_{t-2}$ Donde: $a + b + c = 1$
<b>Suavización exponencial</b>	Cada demanda de $n$ periodos tiene un peso asignado o ponderación. Mientras más reciente sea, más peso tiene.	$F_{t+1} = \alpha D_t + (1 - \alpha)F_t$
<b>Estacional multiplicativo</b>	Los factores estacionales son multiplicados por una estimación de la demanda promedio.	(Software Crystal Ball)
<b>Estacional aditivo</b>	Se obtienen a partir de la adición de una constante con la estimación de la demanda promedio por estación.	
<b>Aditivo Holt-Winter's</b>	Produce valores suavizados exponenciales, su tendencia y ajuste para la previsión.	

<b>Multiplicativo Holt-Winter's</b>	Similar al aditivo, pero también se multiplica la previsión con tendencia por la estacionalidad.	
---	--	--

**Fuente:** Adaptado de [24]

## **II. MATERIAL Y MÉTODO**

### **II.1. Tipo y diseño de Investigación**

El tipo de investigación es aplicada debido a que, frente a una problemática, se proponen e implementan soluciones a fin de resolver dicho problema o, por otro lado, ser fundamento para la toma de decisiones. De la misma manera, es descriptiva, pues se detalla la estructuración organizacional, así como la información recopilada y relacionada con los procesos, costos e indicadores clave. [29]

El enfoque es cuantitativo pues, a partir de criterios de medición, cuantificación estadística y modelamiento matemático, se puede llegar a la comprobación de la hipótesis planteada con anterioridad. [30]

El diseño es cuasi experimental debido a que se compara un antes y un después de la variable dependiente respecto a la aplicación de la variable independiente. De este modo se busca analizar la diferencia que hubo entre dos periodos distintos de análisis. [30, p. 65]

### **II.2. Variables, Operacionalización**

#### **Variables**

##### **Independiente:**

Programación lineal.

##### **Dependiente:**

Minimización de los costos.

#### **Operacionalización de variables**

**Tabla 5.** Operacionalización de la variable independiente y dependiente.

Variable de estudio	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Instrumento	Valores finales	Tipo de variable	Escala de medición
Variable independiente: Programación Lineal	Es un enfoque matemático para la optimización y asignación de recursos, en situaciones donde existen limitaciones (restricciones) a fin de minimizar los costos.	Se medirá como la aplicación del modelo de optimización lineal, teniendo en cuenta su función objetivo, parámetros, restricciones y variables de decisión.	Pronósticos	Producción/mes	Análisis documentario	Unidades	Cuantitativa	Razón
			Requerimientos unitarios	Cantidad de insumo/productos		Unidades	Cuantitativa	Razón
			Inventarios	Cantidad de productos/mes		Unidades	Cuantitativa	Razón
			Disponibilidad de recursos	Cantidad de recurso/mes	Entrevista y Encuesta	Unidades	Cuantitativa	Razón
			Capacidad de maquinaria	Capacidad instalada		Unidades	Cuantitativa	Razón
Variable dependiente: Minimización de los costos	Desembolsos o egresos financieros asociados a la producción de un bien o servicio, a fin de generar un	Se abarcará los costos de producción y asociados a la misma como la MOD, inventarios y setup.	Mano de Obra Directa	Costo hora-hombre	Análisis documentario	UM	Cuantitativa	Razón
			Inventarios	Costos de mantenimiento de inventarios		UM	Cuantitativa	Razón
			Set-up	Costo fijo de empezar a producir		UM	Cuantitativa	Razón
						UM	Cuantitativa	Razón

	valor agregado.		Insumos	Costos de producción		UM	Cuantitativa	Razón
--	-----------------	--	---------	----------------------	--	----	--------------	-------

**Fuente:** Elaboración propia.

### **II.3. Población de estudio, muestra, muestreo y criterios de selección.**

La población según Arispe, Yangali y Guerrero [30, pp. 73-74] “es el grupo total de sucesos que contiene descripciones en común y también el lugar determinado es el mismo para los sucesos en común”, por ende, la investigación se realizó en una empresa Molinera en el departamento de San Martín, donde la población es conformada por la organización en su totalidad, es decir por los 27 colaboradores.

La muestra es el subgrupo de sucesos que está dentro de la población y es donde se reúnen los datos. En la presente investigación la muestra la conformó el área de producción, logística y administrativa de la empresa. La muestra fue igual a la población, donde se incluyó a los jefes de área, los cuales brindaron su tiempo para responder un cuestionario y preguntas clave, además de brindar datos adecuados para el desarrollo de los objetivos propuestos en la investigación.

El muestreo es no probabilístico, del tipo intencional pues es basado bajo el criterio de que la población es pequeña y, por consiguiente, la muestra es semejante a dicha población. De la misma manera, no hubo un criterio de selección en concreto para la investigación. [30, p. 77]

### **II.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad**

#### **Técnicas e instrumentos de recolección de datos.**

##### **Encuesta**

En esta técnica se formula un conjunto de preguntas de carácter escrito, siendo su principal función la recopilación y obtención de información ayudando a la verificación de la hipótesis formulada. En esta investigación se utilizó como instrumento al cuestionario que contiene preguntas que abordan el área de producción y administración.

##### **Entrevista**

Es una plática formal que se da entre el investigador y el indagado, en donde, se obtiene información a través de preguntas realizadas de manera verbal. El propósito

principal es obtener respuestas fundamentas a preguntadas precisas que serán esenciales para la confirmación de la hipótesis del estudio. [31]

Para la investigación se dio una plática formal con el gerente y con el jefe de producción, dicha platica se dio con el fin de conocer la situación actual de la empresa molinera además de su contexto, y se utilizó como instrumento la guía de la entrevista que es una hoja impresa o escrita a mano que contiene las preguntas a formular al indagado.

### **Análisis documentario**

Esta técnica se basa en la obtención de documentos u operaciones que se realizó por otras personas, para que, posteriormente, puedan ser analizadas y el investigador interprete los datos que sirva como apoyo al desarrollo de la investigación. Para este trabajo se usó como instrumento la guía de análisis de documentos, para obtener la información más importante para el estudio de la investigación.

### **Observación**

La observación es el desarrollo del entendimiento de la realidad, el cual se da mediante el contacto directo del sujeto cognoscente y el elemento por identificar, esto se da a través de los sentidos que, generalmente, son los ojos, el oído, el tacto y el olfato. [31]

A través de esta técnica se pueden obtener datos actualizados de la empresa mediante el empirismo del investigador. En esta investigación se requirió del instrumento que es la guía de observación, para tomar nota de toda la información que es más relevante y llevar un control en la verificación de actividades, competencia, etc.

## **Validez y confiabilidad de los instrumentos**

### **Validez de los instrumentos**

Se verificaron a través de la técnica de Juicio de expertos, la cual se basa en que, ingenieros industriales titulados validan ya mencionados instrumentos bajo sus criterios profesionales.

### **Confiabilidad de los instrumentos**

Este instrumento de medición hace mención al grado con que se realizan los resultados siendo consistentes a través de los instrumentos que se utilizan, en otras palabras, se puede aplicar varias veces el instrumento a un mismo objeto en estudio, aunque se aplique en diferentes ocasiones siempre se obtendrá resultados similares o iguales. Para la investigación se realizó la técnica de Alfa de Cronbach.

**Tabla 6.** Alfa de Cronbach.

<b>Determinación del Alfa de Cronbach para la validación</b>	
<b>Número de ítems</b>	<b>Alfa de Cronbach</b>
k = 10	0.851

**Fuente:** Elaboración propia.

## **II.5. Procedimientos de análisis de datos**

El estudio se comenzó determinando la situación actual de la empresa, la cual está enfocada en el área de producción, logística y administrativa, se logró haciendo uso de las herramientas técnicas de investigación (observación, encuesta, entrevista y análisis documental), con sus respectivos instrumentos, para posteriormente analizar e interpretar, luego se utilizó el diagrama de Ishikawa para plasmar y tener en claro cuál es la deficiencia de la empresa.

Después se empezó a idear una propuesta para dar solución a los problemas que afecta a la empresa, la cual consistió en la minimización de los costos totales a través de la programación lineal para mejorar las utilidades.

Con el fin de lograr lo mencionado anteriormente se utilizó el software Excel, con el complemento de Open Solver, en dicho software se agregó la información recopilada sobre las cantidades de recursos que se necesita para cada producto, las horas máquinas, horas hombres, capacidad productiva, disponibilidad de recursos que posee la empresa por periodo, costos de set-up y demás costos que implican en la producción, con los datos obtenidos se estableció los parámetros, restricciones, la función objetivo y las variables de decisión que son necesarios para el problema de programación lineal, posterior a esto,



conocer la cantidad que se debe producir, que cantidad se tiene en inventario, que costo se incurre por el stock y de tal manera lograr minimizar costos totales.

Una vez que se obtuvo los resultados de la propuesta que se realizó la cual está basada en la programación lineal, se pasó a analizar si los costos totales de la molinera se minimizaron, para esto se compara los costos de la propuesta con los costos de los años previos.

Finalmente, se aplicó un análisis de beneficio/costo a los resultados que se obtuvo después de la aplicación de la programación lineal para minimizar los costos totales de la Molinera.

## **II.6. Aspectos éticos**

De acuerdo con Noreña, Alcaraz, Rojas y Rebolledo [32] los principales criterios éticos de una investigación son, esencialmente seis, todos necesarios tanto para estudios cuantitativos como cualitativos.

### **Consentimiento informado**

Los sujetos que actuarán como participantes del estudio deberán de estar informados de sus derechos y responsabilidades, así como del objetivo de la investigación y su contribución a esta. En adición, no se forzará a una participación no deseada, sólo se realizará bajo el consentimiento del sujeto en cuestión.

### **Confidencialidad**

Se resalta y asegura la no difusión de la información brindada por los sujetos de estudio de tal manera que se garantice la seguridad y protección de los participantes como de la entidad que proporciona los datos necesarios.

### **Manejo de riesgos**

Relacionado con el principio de no maleficencia ni perjuicio para con los informantes o participantes del estudio. Se debe informar y garantizar que, los resultados de la investigación no perjudicarán de ninguna manera al sujeto participante. Por consiguiente,

los resultados no serán usados con fines diferentes a los planteados e informados con anterioridad.

### **Observación participante**

El o los investigadores deberán actuar con responsabilidad y ética durante el transcurso del estudio y las visitas a campo.

### **Entrevistas**

Durante la interacción social con los participantes para entrevistas, el investigador no deberá influenciar ni provocar actitudes que acondicionen los resultados brindados por dicho colaborador. La conversación tiene que ser cómoda de tal manera que el entrevistado aporte ideas con total libertad.

### **Videos o audios**

Muy relacionado con la confiabilidad de la información brindada asegurando al colaborador o informante de que la evidencia proporcionada será confidencial y, se deberá ser cauteloso y discreto con ello.

De acuerdo con los aspectos éticos como la declaración del Helsinki, se asegura una confiabilidad de los datos brindados evitando perjudicar a la empresa con su difusión, además garantizar la veracidad en el análisis y resultados obtenidos. Los datos recopilados fueron y serán usados única y responsablemente con fines investigativos, y se recalca la no divulgación de los mismos. Se garantiza la no intermediación ni influencia en la información obtenida a partir de los instrumentos como las entrevista y encuestas. [33]

En cuanto a la estructura del estudio, se desarrolló de manera secuencial y transparente, citando como indica la normativa IEEE evitando así el plagio y buscando el menor índice de similitud posible con otras investigaciones que hayan desarrollado un tema semejante al del presente proyecto de investigación.

## **II.7. Criterios de Rigor Científico**

De acuerdo con Arias y Giraldo [34] para una investigación cuantitativa, los criterios de rigor tienden a ser racionalistas en donde se consideran la validez interna y externa, la confiabilidad y la objetividad del estudio.

### **Validez interna**

Hace referencia a la comprobación y aseguramiento de que el fenómeno o realidad que se analiza se ven reflejados adecuadamente en los datos obtenidos sin importar el instrumento o el individuo que evalúa la información. En otras palabras, se garantiza que los datos medidos no fueron alterados ni manipulados. [35, p. 66]

### **Validez externa**

Según Rojas y Osorio [35] este criterio señala la relevancia que tienen los resultados del estudio para ser aplicados en situaciones externas. La validez externa asegura que el estudio aporta soluciones para una problemática similar o que se puede generar aportes a partir de los resultados obtenidos de dicha investigación.

### **Confiabilidad**

La confiabilidad “garantiza la estabilidad de los hallazgos independientemente del investigador y del momento” [35]. Los resultados serán los mismos sin importar quién o cuántas veces se repita el mismo experimento. Este criterio resalta la veracidad de los resultados obtenidos.

### **Objetividad**

Los resultados serán objetivos y no basados en la subjetividad del investigador. Es decir, se muestran los datos obtenidos tal y como se presentan y fueron percibidos, mas no, influenciará los valores e intereses del investigador. [35, p. 66]

### III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### III.1. Resultados

##### Información general

La empresa en donde se realizó la presente investigación se encuentra ubicada en la región de San Martín y pertenece al sector molinero, cuya denominación o razón social es INDUSTRIA MOLINERA SANTA ISABEL RICE S.A.C., la cual se dedica al servicio de pilado, procesamiento y comercialización de productos de molinería, entre ellas, el arroz.

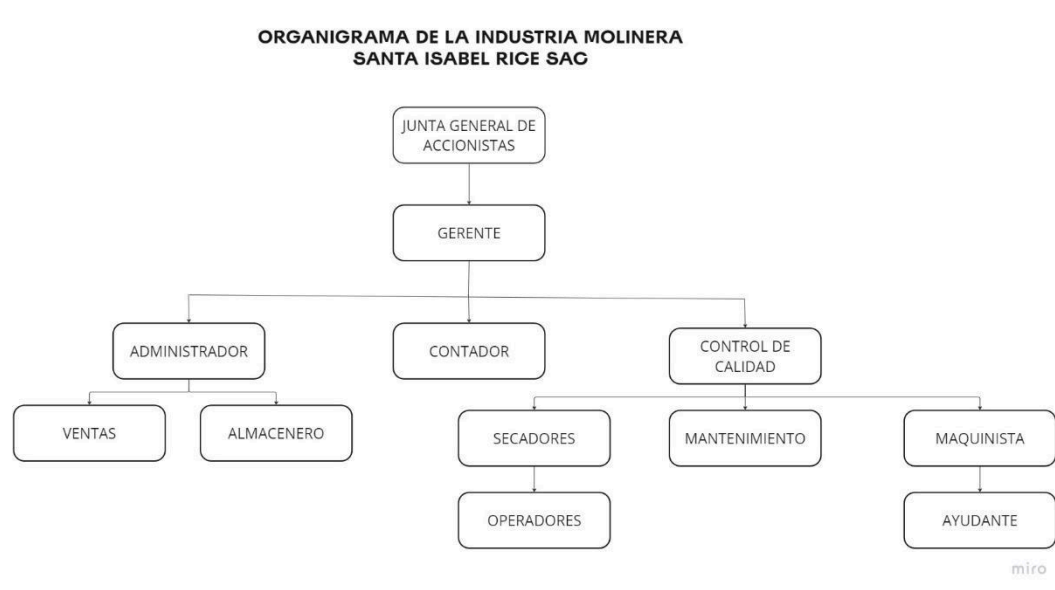
**Tabla 7.** Información general de la Industria Molinera Santa Isabel Rice S.A.C.

Información general de la empresa	
<b>Razón social</b>	Industria Molinera Santa Isabel Rice S.A.C.
<b>Tipo</b>	Sociedad Anónima Cerrada.
<b>RUC</b>	20606121670
<b>Estado</b>	Activo.
<b>Localización</b>	Car. Fernando Belaunde Terry Km. 455.
<b>Actividad económica</b>	Elaboración de productos de molinería.

**Fuente:** Elaboración propia.

##### Organigrama

**Figura SEQ Figura \\* ARABIC 6.** Organigrama General de la empresa molinera.



**Productos:**

El molino cuenta con 10 de productos principales que comercializa y los cuales se resumen a continuación:

**Tabla 8.** Productos de la empresa Industria Molinera Santa Isabel Rice S.A.C.

<b>Producto</b>	<b>Variedad</b>	<b>Peso</b>
1	Casserita Fucsia	49 kg
2	Casserita Amarilla	49 kg
3	Casserita Verde	49 kg
4	Graneco	49 kg
5	Porterito azul	49 kg
6	Olimpo	49 kg
7	Campo amor	49 kg
8	Santa Isabel Verde	49 kg
9	Santa Isabel Rojo	49 kg
10	Santa Isabel Naranja	49 kg

**Fuente:** Empresa molinera

**Subproductos:**

De la misma manera, se presentan subproductos residuales del proceso de pilado del arroz. Estos también se comercializan y se resumen en la tabla 9.

**Tabla 9.** Subproductos de la empresa Industria Molinera Santa Isabel Rice S.A.C.

<b>Subproducto</b>	<b>Variedad</b>	<b>Peso</b>
1	Arrocillo limpio media	50 kg
2	Descarte/Rechazo	50 kg
3	Polvillo	30 kg
4	Pajilla	Por kg

**Fuente:** Empresa molinera

**Mano de Obra Directa:**

El molino tiene una totalidad de 27 trabajadores, los cuales están distribuidos desde el área administrativo hasta las diversas subáreas de producción. De acuerdo con la información brindada, 3 trabajadores forman parte del sector administrativo (además

del vigilante), 2 de mantenimiento, 1 de almacén y 12 se distribuyen en: 2 en el proceso de secado, 2 en la pre limpia, 2 en el control de calidad y 6 en el pilado. Así mismo, huelga decir que, la empresa cuenta con personal que no se encuentra en su planilla, estos son los colaboradores que forman parte de la cuadrilla dedicada a la carga, transporte y descarga de los sacos de productos y subproductos.

**Tabla 10.** Resumen de personal en planilla de la Industria Molinera Santa Isabel Rice S.A.C.

<b>Personal N°</b>	<b>Área</b>	<b>Cargo</b>
1	<b>Administrativo</b>	Cajero
2		Contador
3		Asistente Contable
4		Vigilante
5	<b>Secado</b>	Secador
6		Secador
7	<b>Prelimpia</b>	Prelimpiero
8		Prelimpiero
9	<b>Control de calidad</b>	Control de calidad
10		Ayudante de control de calidad
11	<b>Pilado</b>	Maquinista
12		Arrumador
13		Arrumador
14		Arrumador
15		Arrumador
16		Polvillero
17	<b>Mantenimiento</b>	Mantenimiento
18		Mantenimiento
19	<b>Almacén</b>	Almacenero

**Fuente:** Adaptado de Industria Molinera Santa Isabel Rice S.A.C.

### **Horario laboral**

La empresa cuenta con 1 turno de 8 horas, operando de lunes a viernes, y 7 horas los sábados.

**Tabla 11.** Horario laboral del personal de la empresa molinera.

Días laborales	Horario		Horas/día
	Inicio	Fin	
Lunes - viernes	8:00 a.m.	5:00 p.m.	8
Sábado	6:00 a.m.	1:00 p.m.	7

**Fuente:** Empresa molinera

### **Descripción del proceso productivo**

**Recepción de la materia prima:** El arroz proviene de las zonas de campos de cultivo de los proveedores (agricultores). Esta es traída en camiones y llevadas al área interior de la planta.

**Pre limpieza:** Antes del secado mecanizado, los granos pasan por una máquina de pre limpieza, la cual consiste en una tolva con una zaranda de mallas metálicas las cuales, por acción vibratoria, separan las impurezas del arroz con cáscara (paddy).

**Secado:** Mediante el uso de elevadores de cangilones, el arroz paddy es transportado hacia el secador de arroz. En esta etapa se reduce la humedad del arroz hasta, como máximo, 12%.

**Enfriamiento:** A partir de otros equipos de cangilones, el arroz es llevado a silos de almacenamiento en donde estarán en reposo por 12 horas hasta su enfriamiento.

**Descascarado y separación:** Se introducen los granos en una máquina descascaradora la cual tiene 2 rodillos en su interior que giran en direcciones opuestas aplicando la suficiente presión para separar el arroz de su cáscara.

**Blanqueamiento del grano:** Usualmente son 2 etapas de blanqueado. La primera consiste en la limpieza del polvillo negro característico del arroz. En la segunda se retira el polvillo limpio. Todo esto se lleva a cabo dentro de polichadoras, las cuales, por fricción y además del uso de agua, pulen los granos de arroz.

**Clasificación y selección:** Esta etapa consiste en la separación del arroz ya sea por su completitud (quebrado o entero) y por su color, especialmente aquellos que tienen manchas lechosas.

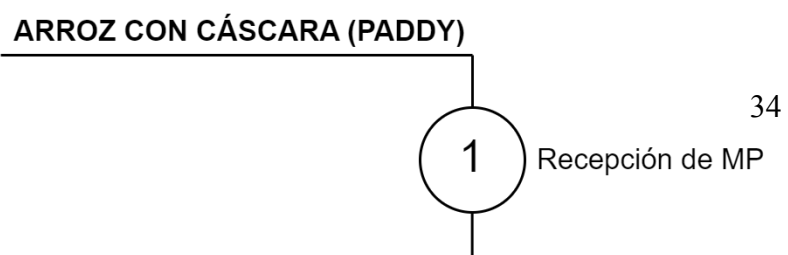
**Empaquetado:** Finalmente, y luego de que el arroz haya sido transportado por elevadores de cangilones hacia los silos de almacenamiento, los operarios arrumadores se encargan de llenar los sacos teniendo en consideración el peso por presentación mediante las balanzas.

**Costura:** Con las máquinas de coser, se sellan los sacos de arroz.

**Almacenamiento:** Los sacos, en sus diferentes presentaciones, se almacenan dentro de las instalaciones en donde esperan la llegada del camión que los conducirá hacia los distribuidores o clientes minoristas.

### Diagrama de Operaciones (DOP) y de Análisis de Operaciones (DAP)

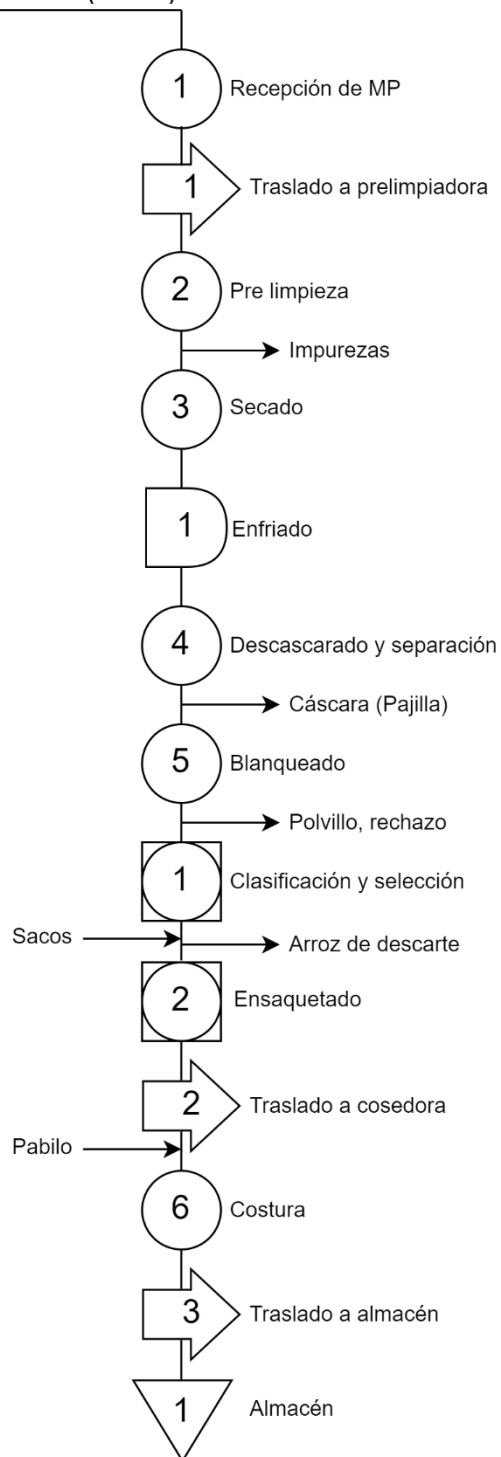
**Figura SEQ Figura \\* ARABIC 7.** Diagrama de Operaciones del proceso de pilado de arroz.





Fuente: Elaboración propia.

**Figura SEQ Figura \\* ARABIC 8.** Diagrama de Análisis de Operaciones del proceso de pilado de arroz.  
ARROZ CON CÁSCARA (PADDY)



Actividad	Símbolo	Cantidad
Operación	○	6
Inspección	□	0
Combinada	◻	2
Transporte	➡	3
Demora	D	1
Almacenamiento	▽	1
<b>Total</b>		<b>13</b>

## Análisis de la problemática

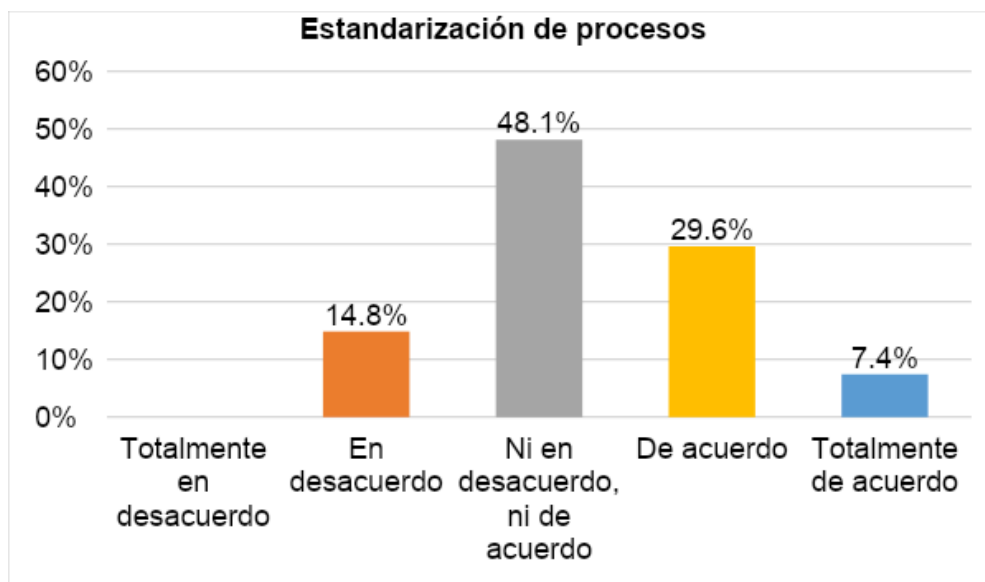
### Resultados de la aplicación de los instrumentos

#### ENCUESTA

Se presentó un cuestionario con 10 preguntas relacionadas a la situación actual de la empresa Industria Molinera Santa Isabel Rice S.A.C., a los 27 colaboradores de la industria, entre administrativo y operarios, a fin de conocer la coyuntura de dicha organización. La sucesión de medición siguió una escala de Likert.

#### 1. Estandarización

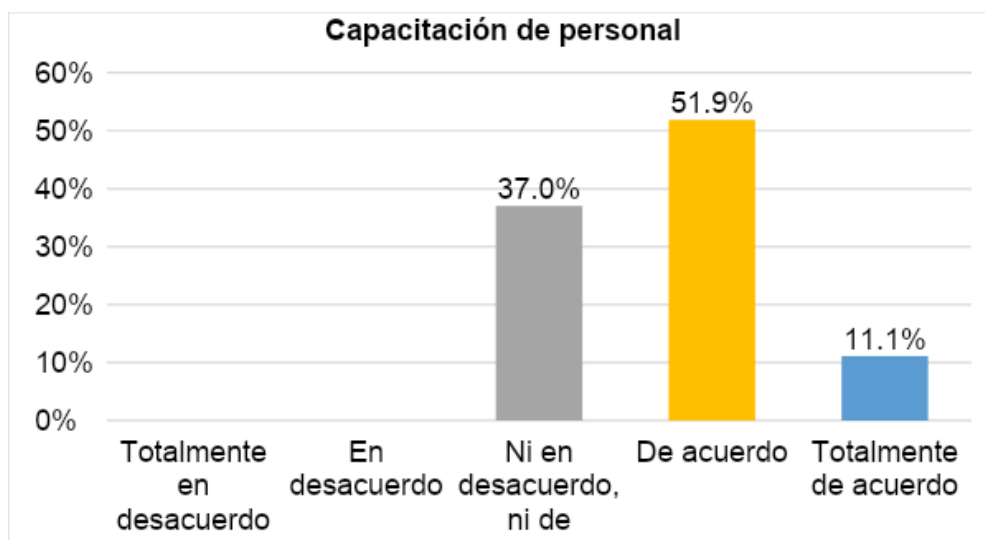
**Figura SEQ Figura \\* ARABIC 9. Estandarización de procesos.**



**Interpretación 01:** Más del 60% demostraron estar en desacuerdo o indiferente ante la interrogante. Sólo un 37% indica estar totalmente de acuerdo o de acuerdo, por lo que, se infiere que el proceso está parcialmente estandarizado.

#### 2. Capacitación

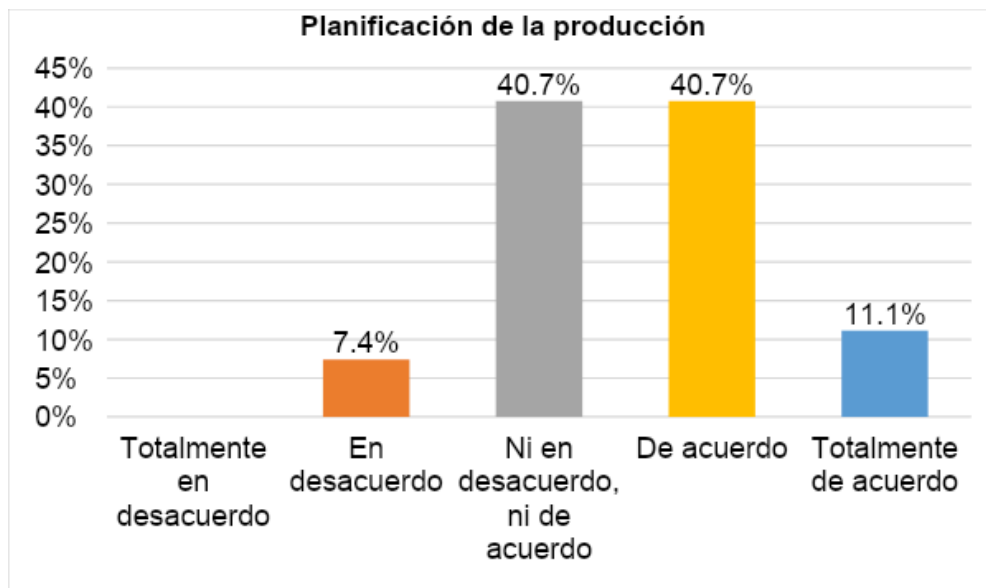
**Figura SEQ Figura \\* ARABIC 10. Capacitación de personal.**



**Interpretación 02:** Más del 60% indica estar totalmente de acuerdo o de acuerdo en recibir capacitaciones, por lo cual, significa que la empresa lleva capacitaciones periódicas a sus colaboradores.

### 3. Planificación de producción

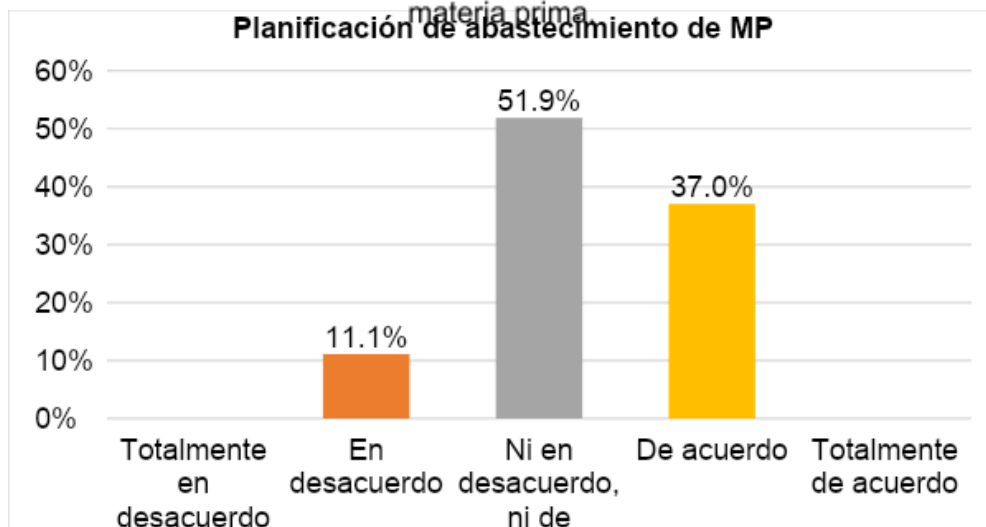
**Figura SEQ Figura \\* ARABIC 11.** Planificación de la producción.



**Interpretación 03:** En su mayoría, se indica que la planificación de la producción es la indicada. Sólo 40.7% asegura estar ni en desacuerdo, ni de acuerdo, y 7.4% en desacuerdo con la planificación actual. Lo que se concluye en la aceptación por mayoría de la planificación de producción actual.

### 4. Planificación de abastecimiento

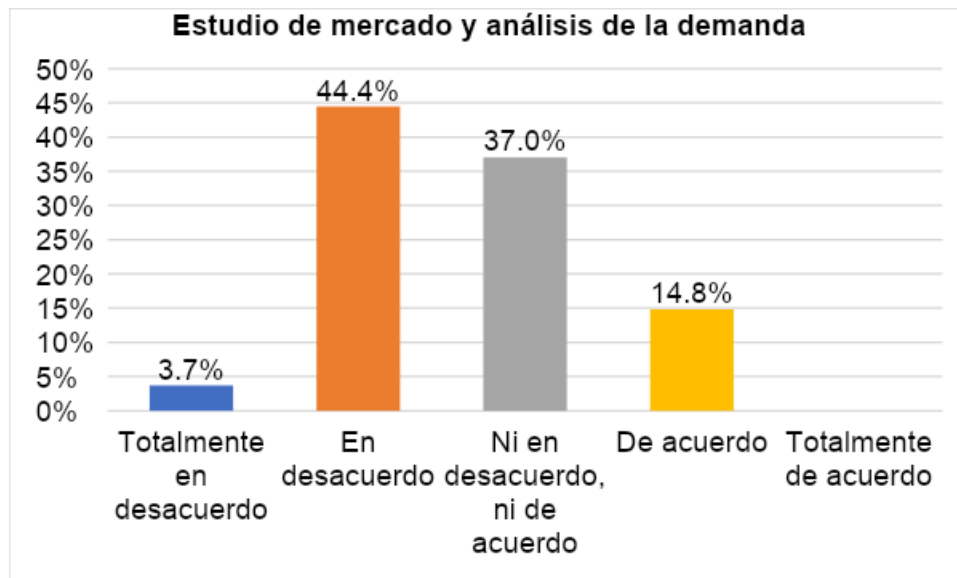
**Figura SEQ Figura \\* ARABIC 12.** Planificación de abastecimiento de materia prima



**Interpretación 04:** Más del 60% está en desacuerdo, desconoce o no opina. Por otro lado, un 37% se encuentra de acuerdo en que se hace una planificación. En síntesis, esto significa que no se planifica adecuadamente o no se conoce la planificación para el abastecimiento de materia prima.

**5. Estudio de mercado**

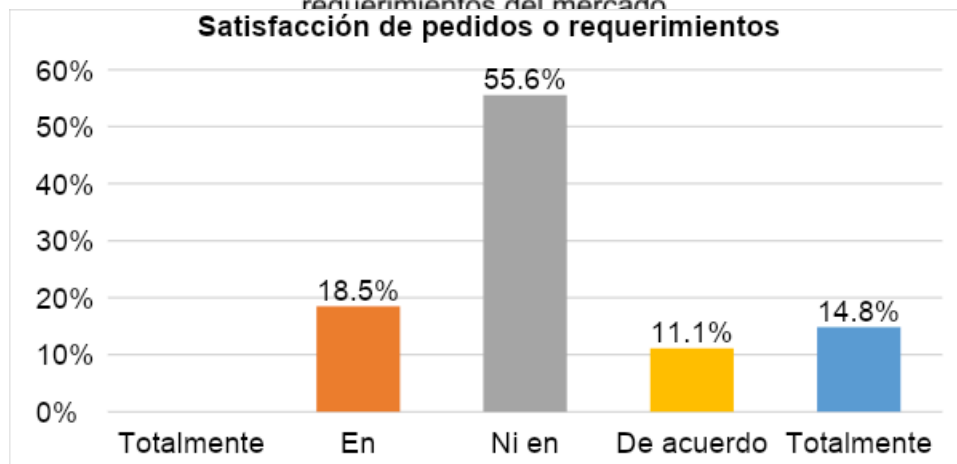
**Figura SEQ Figura \\* ARABIC 13.** Estudio de mercado y demanda.



**Interpretación 05:** Casi el 50% se encuentra en total desacuerdo o en desacuerdo respecto al análisis que se le brinda a la demanda externa. Sólo un 14.8% se encuentra de acuerdo. Lo que se concluye en que no se realiza un análisis de la demanda más allá del empírico.

**6. Satisfacción de pedidos**

**Figura SEQ Figura \\* ARABIC 14.** Satisfacción de pedidos o requerimientos del mercado.



**Interpretación 06:** Más de la mitad es indiferente al respecto. Un 18.5% indica que no se satisface los pedidos o requerimiento del mercado, mientras que, por otro lado, casi un 25% indica que sí se cumple.

### 7. Inventarios

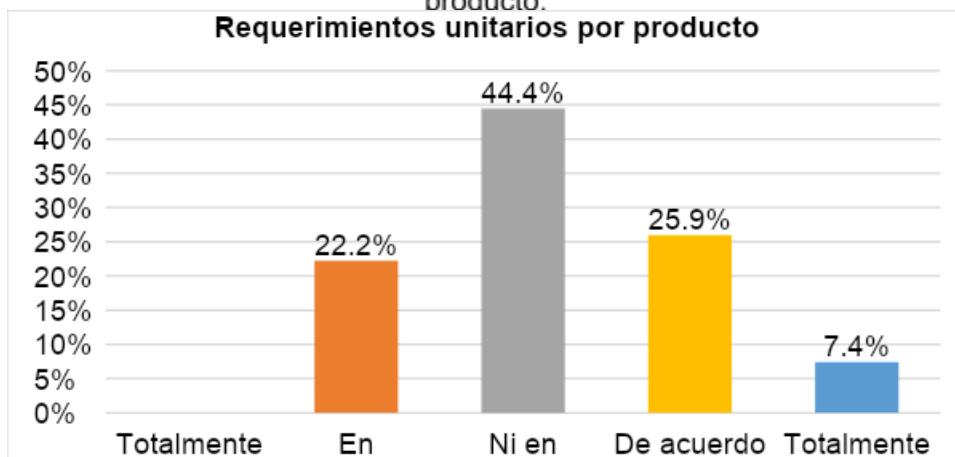
**Figura SEQ Figura \\* ARABIC 15.** Productos en inventarios por largos



**Interpretación 07:** Más del 40% aseguran que no se tienden inventarios demasiado elevados. Por el contrario, sólo un 14.8%, indica que en ocasiones se presentan inventarios por largos periodos. Esto concluye, por mayoría que, en ocasiones, hay demasiado inventario.

### 8. Requerimientos unitarios

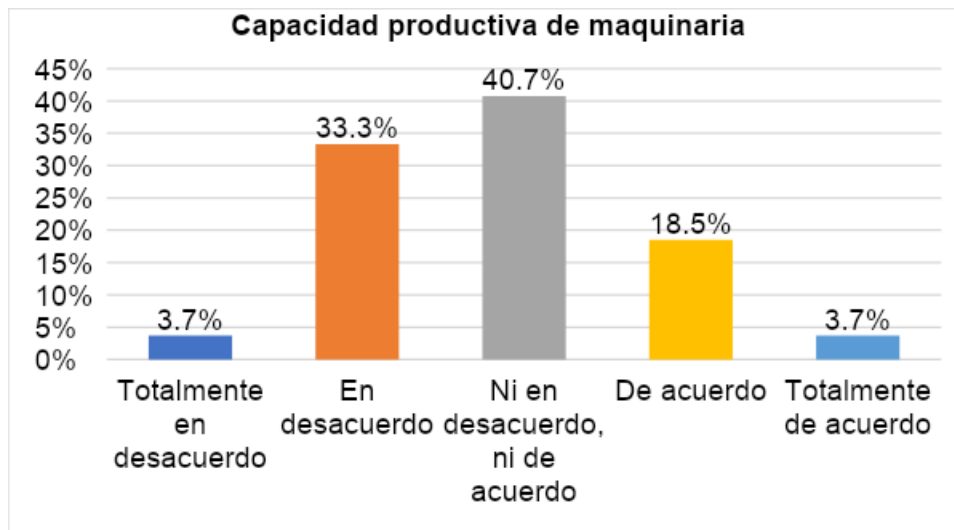
**Figura SEQ Figura \\* ARABIC 16.** Requerimientos unitarios por producto.



**Interpretación 08:** Más del 30% asegura que sí se mantienen los requerimientos unitarios para cada producto en cuanto a proporción se refiere. Sólo un 22.2% asegura que hay variaciones y no se cumple siempre.

### 9. Capacidad productiva

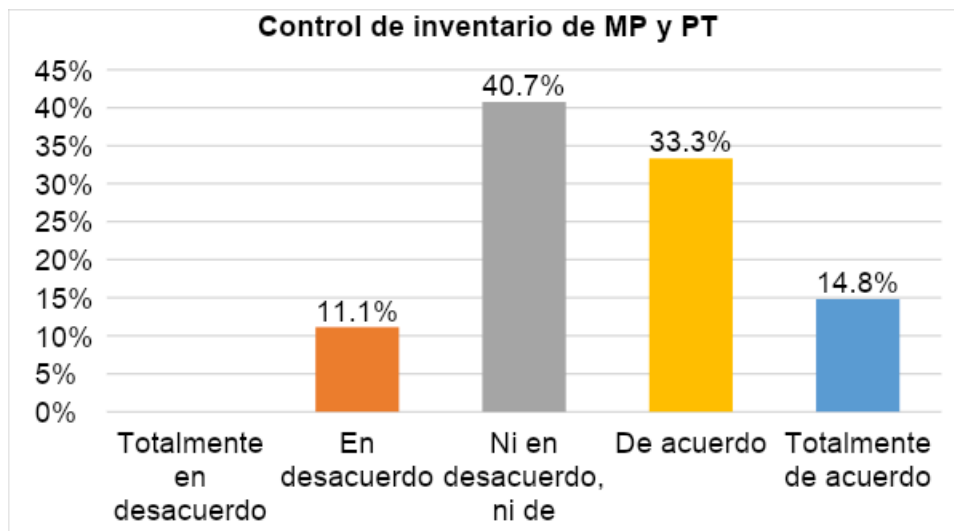
**Figura SEQ Figura \\* ARABIC 17.** Capacidad productiva de maquinaria.



**Interpretación 09:** Más del 35% indica que no se usa la maquinaria a su máxima capacidad durante el proceso productivo. Sólo poco más del 20% indican lo contrario. Un 40% no opina al respecto. Por lo que, por mayoría, se infiere que la maquinaria no es totalmente aprovechada a su máxima capacidad.

### 10. Control de inventarios

**Figura SEQ Figura \\* ARABIC 18.** Control de inventarios de MP y PT.



**Interpretación 10:** Casi el 50% indica que sí lleva un control de inventarios de materias primas y productos terminados. Sólo un 11% manifiesta que no se realiza control. Por mayoría, se concluye en que, se lleva un control de inventarios de MP y PT.

### **Interpretación General**

A partir de la encuesta se puede rescatar algunos aspectos esenciales. En principio, la muestra de estudio para el presente instrumento tiende a preferir no opinar al respecto en la mayoría de interrogantes. Por otro lado, en cuanto a resultados, se puede intuir que el proceso se encuentra parcialmente estandarizado, hay aceptación de la planificación actual de la producción y abastecimiento y rechazo por una pequeña cantidad de la población, se comprobó que no se lleva un estudio de mercado más allá del empírico y basado en la experiencia, se asegura que, en ocasiones no se satisface los pedidos de los clientes, se detectó que se presentan inventarios en ciertos periodos aunque no tan elevados, no siempre se cumple con los requerimientos unitarios del producto, la maquinaria no es aprovechada a su total capacidad y finalmente, se comprobó que casi siempre se lleva un registro y control de inventarios de entradas y salidas.

### **Entrevista**

Se presentó una guía de entrevista con 12 preguntas para conocer detalles del proceso de una especialista en el control de calidad. Este instrumento fue dirigido a la jefa de producción, la cual proporcionó información relevante.

#### **1. ¿Qué problemas son más frecuente en el área de producción?**

Tenemos constantes problemas con la calidad del producto, a veces llegan quebrados o muy húmedos. Hay cortes de electricidad constante por esta zona, y otras veces tenemos que parar la producción para dar mantenimiento correctivo por problemas

que ocurren, lo que nos retrasa mucho. Hay ocasiones en las que no podemos satisfacer un pedido o la meta de producción diaria lo que hace que se nos acumule el trabajo y hagamos horas extra.

**2. ¿Ha ocurrido casos en los que se produce en exceso o, por el contrario, se produce muy poco y no se ha podido satisfacer un pedido?**

Sí, claro, como te digo, a veces ocurre, pero esto depende más de cómo llegue el arroz o la cantidad de impurezas que tienen.

**3. ¿Se realiza un estudio de mercado para conocer las fluctuaciones de la demanda y así planificar sus volúmenes de producción óptimos?**

No, trabajamos con ventas directas y planificamos cuánto producir a partir de los periodos de cosecha y de acuerdo a cómo nos fue el año pasado. Tenemos una idea de cuáles son los meses en los que se demanda más el arroz. Pero sí le damos importancia a poder mejorar para satisfacer la demanda, por ejemplo, antes nuestra máquina era de 25 sacos por hora y ahora tenemos una de 110 sacos por hora, aunque llegamos a producir más o menos 100 sacos la hora.

**4. ¿Cuenta con información histórica referente a la demanda de periodos previos de cada producto?**

Sí, contamos con un sistema donde registramos la producción por zona y por producto y subproducto.

**5. ¿De qué forma o qué herramientas usa para planificar el volumen de producción por periodo?**

Se utiliza el sistema administrativo y se ve de acuerdo a lo que tenemos y al mes en el que nos encontremos. Como te dije, sabemos más o menos los meses en los que se demanda más arroz, por ejemplo, desde noviembre hasta febrero es cuando se cosecha más y todo esto se llena de sacos.

**6. ¿Cuál es la disponibilidad de recursos que tiene por periodo?**



Eso depende del agricultor que nos proporciona el arroz de la chacra, puede variar ya que hay periodos donde son pocos los que nos traen arroz. Más o menos contamos con 200 mil sacos por año, no todos los meses es igual.

**7. ¿Cuál es la capacidad máxima de producción de su maquinaria?**

Actualmente es de 110 sacos/h.

**8. ¿Poseen un control de inventarios para los insumos y productos finales?**

Sí, se tiene todo inventariado, desde las entradas y salidas, es necesario para el pago a los operarios y asegurarnos de cumplir con los pedidos.

**9. ¿Qué factores considera para calcular su costo de producción?**

Lo manejamos en el sistema administrativo. Se consideran costos fijos y variables como la materia prima, mano de obra, materiales que se usan como el pabito, sacos, etc.

**10. ¿Considera los costos de set-up?**

Sí, los consideramos, además de horas extra.

**11. ¿Cómo lleva el control de todos estos costos?**

Sólo los registramos en el sistema.

**12. ¿Ha tomado alguna medida para minimizar los costos incurridos?**

No llevamos un control adecuado así que no, no nos hemos centrado en ellos todavía.

**Interpretación General**

La entrevista brindó una perspectiva más profunda de la situación actual de la empresa desde la visión de una especialista. Lo resaltante yace en los problemas de producción; ocurren problemas externos, así como otros relacionados con errores de manipulación de maquinaria, retrasos, falta de cumplimiento de pedido o meta diaria de producción. No realizan estudio de mercado cuantitativo, más se basan en su experiencia. Registran todo en un sistema administrativo, pero no se lleva control de esto para una mejora continua. La disponibilidad de recursos de insumos es de 200 mil sacos por año aproximadamente. La capacidad máxima de producción actual es de 110

sacos/h, mientras que su producción es de 100 sacos/h. Controlan los inventarios tanto para entradas como salidas. Consideran los costos de setup, y los componentes de sus costos son los fijos y variables. Finalmente, los costos se registran mas no se ha tomado alguna medida para minimizarlos.

### Check list – observación

A partir de la observación de los investigadores y del consenso de ambos, se llegó a la siguiente conclusión.

**Tabla 12.** Check List.

<b>Item</b>	<b>Característica a evaluar</b>	<b>Criterio de evaluación</b>	<b>Observaciones</b>
1	¿El personal es insuficiente?	<input checked="" type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> A veces	Sólo se cuenta con un maquinista.
2	¿Se usan horas extra?	<input checked="" type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> A veces	Sin embargo, está regido por eventos de incertidumbre.
3	¿Se realiza los procesos adecuadamente?	<input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No <input checked="" type="checkbox"/> A veces	Operarios se aseguran de realizar sus actividades correctamente.
4	¿Se tienen operaciones estandarizadas?	<input checked="" type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> A veces	Operarios procuran mantenerse en sus estaciones y seguir sus procedimientos.
5	¿Los equipos son usados correctamente?	<input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No <input checked="" type="checkbox"/> A veces	Hay malas maniobras que generan paros de producción y se necesita mantenimiento.
6	¿Hay disponibilidad de materiales e insumos cuando se les requiere?	<input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No <input checked="" type="checkbox"/> A veces	Generalmente hay insuficiencia de materiales indirectos (sacos, pabito).
7	¿Se realiza pronósticos de producción y requerimientos de insumos?	<input type="checkbox"/> Sí <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> A veces	Basado en criterios subjetivos y por la experiencia de los administrativos.
8	¿Se satisfacción la meta de producción diaria?	<input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No <input checked="" type="checkbox"/> A veces	De no ser posible, se hace uso de horas extras.
9	¿Se lleva un control de insumos y	<input type="checkbox"/> Sí <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> A veces	Sólo se registra en el sistema administrativo.

	productos finales en los inventarios?		
<b>10</b>	¿Se presenta elevados niveles de inventario?	<input checked="" type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> A veces	Aunque no es tan elevado a comparación de agosto.

**Fuente:** Elaboración propia.

### **Interpretación General**

La observación corroboró los resultados de los instrumentos anteriores. Se identificó una carencia de personal especialmente en el maquinado. Se detectó el uso de horas extra, así como también, que hay una estandarización parcial de las actividades. Los equipos no siempre son usados correctamente lo que implica errores y paros que culminan en la necesidad de mantenimiento. Hay ocasiones en las que se presenta insuficiencia de materiales tanto directos como indirectos. No se realiza pronóstico cuantitativo de la demanda para la producción. Se satisface la meta diaria de producción con horas extra de ser necesario. Sí se lleva registro de las entradas y salidas. Y, finalmente, hay periodos con altos niveles de inventarios.

### **Análisis documentario**

#### **Registro de producción, demanda e inventarios enero 2022 – mayo 2023**

Se resume la producción, la demanda satisfecha y los inventarios para cada producto. Huelga decir que, cada producto está enumerado de acuerdo a su ítem definido en la tabla 8. Además, la demanda satisfecha hace referencia a las ventas por producto y periodo.

**Tabla 13.** Registro de producción enero 2022 - mayo 2023.

		Producción										Total
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
<b>2022</b>	<b>Ene</b>	5413	2099	821	126	120	36	25	5035	1054	1506	<b>16235</b>
	<b>Feb</b>	5680	2440	694	455	210	79	50	2158	991	1369	<b>14126</b>
	<b>Mar</b>	4865	1132	553	295	285	65	49	5495	1076	2872	<b>16687</b>
	<b>Abr</b>	4262	980	417	214	222	38	54	4060	762	3186	<b>14195</b>
	<b>May</b>	2032	760	450	182	218	70	63	7185	544	3610	<b>15114</b>

	<b>Jun</b>	1854	1299	394	450	302	71	39	5006	383	964	<b>10762</b>
	<b>Jul</b>	1150	932	343	490	158	45	70	2920	347	312	<b>6767</b>
	<b>Ago</b>	1509	647	338	354	375	64	69	1582	488	564	<b>5990</b>
	<b>Set</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	<b>0</b>
	<b>Oct</b>	3018	1302	471	213	350	68	75	4055	389	1677	<b>11618</b>
	<b>Nov</b>	5015	1877	854	153	325	84	62	6028	312	2763	<b>17473</b>
	<b>Dic</b>	6278	1430	857	640	350	59	50	3200	494	3061	<b>16419</b>
<b>2023</b>	<b>Ene</b>	6124	1832	1018	510	120	74	65	4972	439	2561	<b>17715</b>
	<b>Feb</b>	6264	1806	622	285	285	60	72	2490	498	1937	<b>14319</b>
	<b>Mar</b>	5942	1413	687	204	287	82	65	1480	724	2153	<b>13037</b>
	<b>Abr</b>	5415	1241	556	255	237	40	72	3629	836	1944	<b>14225</b>
	<b>May</b>	2488	1150	450	204	230	75	53	4268	463	1302	<b>10683</b>
	<b>Total</b>	<b>67309</b>	<b>22340</b>	<b>9525</b>	<b>5030</b>	<b>4074</b>	<b>1010</b>	<b>933</b>	<b>63563</b>	<b>9800</b>	<b>31781</b>	<b>215365</b>

Fuente: La empresa.

**Tabla 14.** Registro de demanda enero 2022 - mayo 2023.

		Demanda satisfecha										Total
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
<b>2022</b>	<b>Ene</b>	5400	2097	821	121	107	34	9	5029	1054	1493	<b>16165</b>
	<b>Feb</b>	5693	2438	694	458	222	79	65	2158	985	1372	<b>14164</b>
	<b>Mar</b>	4848	1136	542	293	286	60	48	5501	1082	2879	<b>16675</b>
	<b>Abr</b>	4262	979	428	206	220	45	54	4060	762	3172	<b>14188</b>
	<b>May</b>	2046	753	450	194	208	70	61	7183	544	3627	<b>15136</b>
	<b>Jun</b>	1842	1304	380	445	300	66	30	5005	382	960	<b>10714</b>
	<b>Jul</b>	1163	935	352	493	170	46	80	2914	347	309	<b>6809</b>
	<b>Ago</b>	1132	292	254	325	260	52	64	1050	354	332	<b>4115</b>
	<b>Set</b>	338	342	82	24	110	15	7	510	125	228	<b>1781</b>
	<b>Oct</b>	3030	1297	467	205	346	67	71	4055	387	1660	<b>11585</b>
	<b>Nov</b>	5011	1864	852	158	329	77	64	6018	310	2780	<b>17463</b>
	<b>Dic</b>	6268	1430	863	643	350	62	51	3201	490	3056	<b>16414</b>
<b>2023</b>	<b>Ene</b>	6128	1850	1013	497	120	78	66	4980	439	2560	<b>17731</b>
	<b>Feb</b>	6273	1796	624	291	282	59	72	2490	502	1942	<b>14331</b>
	<b>Mar</b>	5940	1420	680	203	290	79	64	1481	728	2153	<b>13038</b>
	<b>Abr</b>	5418	1238	566	263	236	43	71	3628	830	1932	<b>14225</b>

	<b>May</b>	2478	1156	450	195	218	77	52	4260	465	1314	<b>10665</b>
	<b>Tota l</b>	<b>6727 0</b>	<b>2232 7</b>	<b>9518</b>	<b>5014</b>	<b>405 4</b>	<b>1009</b>	<b>929</b>	<b>6352 3</b>	<b>9786</b>	<b>3176 9</b>	<b>21519 9</b>

Fuente: La empresa.

**Tabla 15.** Registro de inventarios enero 2022 - mayo 2023.

		Inventarios finales										Total
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
202 2	<b>Ene</b>	8	13	0	0	0	5	0	6	3	0	<b>35</b>
	<b>Feb</b>	21	15	0	5	13	7	16	12	3	13	<b>105</b>
	<b>Mar</b>	8	17	0	2	1	7	1	12	9	10	<b>67</b>
	<b>Abr</b>	25	13	11	4	0	12	2	6	3	3	<b>79</b>
	<b>May</b>	25	14	0	12	2	5	2	6	3	17	<b>86</b>
	<b>Jun</b>	11	21	0	0	12	5	4	8	3	0	<b>64</b>
	<b>Jul</b>	23	16	14	5	14	10	13	9	4	4	<b>112</b>
	<b>Ago</b>	10	13	5	2	2	9	3	15	4	7	<b>70</b>
	<b>Set</b>	387	368	89	31	117	21	8	547	138	239	<b>1945</b>
	<b>Oct</b>	49	26	7	7	7	6	1	37	13	11	<b>164</b>
	<b>Nov</b>	37	31	11	15	11	7	5	37	15	28	<b>197</b>
<b>Dic</b>	41	44	13	10	7	14	3	47	17	11	<b>207</b>	
202 3	<b>Ene</b>	51	44	7	7	7	11	2	46	21	16	<b>212</b>
	<b>Feb</b>	47	26	12	20	7	7	1	38	21	17	<b>196</b>
	<b>Mar</b>	38	36	10	14	10	8	1	38	17	12	<b>184</b>
	<b>Abr</b>	40	29	17	15	7	11	2	37	13	12	<b>183</b>
	<b>May</b>	37	32	7	7	8	8	3	38	19	24	<b>183</b>
	<b>Tota l</b>	<b>47</b>	<b>26</b>	<b>7</b>	<b>16</b>	<b>20</b>	<b>6</b>	<b>4</b>	<b>46</b>	<b>17</b>	<b>12</b>	<b>201</b>

Fuente: La empresa.

### Registro de costo de materia prima

De acuerdo con el análisis documental y los registros de producción de productos y subproductos de la empresa, la materia prima (arroz paddy) llega en sacos de aproximadamente 80 kg en peso. Los costos de adquisición para elaborar un saco de producto terminado se resumen en la tabla 16.

**Tabla 16.** Costos de materia prima enero 2022 - mayo 2023.

Producto	Producido	Costo total
Casserita Fucsia	67309	S/ 5,214,528.10
Casserita Amarilla	22340	S/ 1,237,887.40
Casserita Verde	9525	S/ 815,142.40
Graneco	5030	S/ 298,201.00
Porterito azul	4074	S/ 226,335.80
Olimpo	1010	S/ 65,434.30
Campo amor	933	S/ 67,007.30
Santa Isabel Verde	6363	S/ 5,562,232.20
Santa Isabel Rojo	9800	S/ 927,073.10
Santa Isabel Naranja	31781	S/ 2,828,430.00
	<b>Total</b>	<b>S/ 17,242,271.60</b>

Fuente: La empresa

#### Requerimiento unitario de materia prima

Para determinar el requerimiento unitario de materia prima, se debe considerar el peso de MP que es de 80 kg. De esta manera, tomando de referencia la producción del mes de julio del 2022, se tiene:

**Tabla 17.** Productos y subproductos generados.

Unidades	Paddy (80 kg)	Producción (49kg)	Arrocillo	Polvillo	Rechazo	Pajilla
Sacos	6767	6767	455	1474	386	2470
Kg	541,360	331,583	22750	44220	19300	12350

Fuente: La empresa.

#### Fórmula 1. Porcentaje de mermas generadas.

$$\% \text{ Mermas o subproductos} = \frac{\text{Arrocillo} + \text{Polvillo} + \text{Rechazo} + \text{Pajilla}}{\text{Paddy}}$$

$$\% \text{ Mermas o subproductos} = \frac{209,770 \text{ kg}}{541,360 \text{ kg}} = 0.3875 = 38.75\%$$

Por complemento, para elaborar una unidad de producto se necesita:

#### Fórmula 2. Porcentaje de requerimiento de materia prima.

$$\text{Neto para producto} = \text{Total} - \% \text{ mermas} = 1 - 0.3875 = 0.6125$$

$$\Rightarrow 0.6 \text{ saco de paddy} = 1 \text{ saco de PT}$$

Por lógica, se necesita 49 kg de paddy para elaborar 49 kg de PT, lo que en “sacos” represente el 61.25% del total de la materia prima.

### Registro de costo de materiales indirectos

**Tabla 18.** Registro anual de materiales indirectos.

Material	Unidades	C/U	Registro anual	Costo mes	Costo anual
Pabulo	Rollo	S/ 14.00	1200	S/ 1,400.00	S/ 16,800.00
Sacos	Unidades	S/ 0.50	200000	S/ 8,333.33	S/ 100,000.00
	<b>Total</b>	<b>S/ 16.50</b>	<b>---</b>	<b>S/ 11,813.33</b>	<b>S/ 135,600.00</b>

**Fuente:** La empresa.

Sin embargo, por cada saco de arroz no se usa un rollo completo de pabulo. Cada rollo de hilo pabulo tiene una longitud de 400 metros y un espesor de 10/4, además, se necesita aproximadamente 2 metros para coser el saco por completo, lo que hace que:

**Fórmula 3.** Costo unitario del requerimiento de pabulo.

$$\text{Costo unitario para 2 m de pabulo} = \frac{S/14 * 2 \text{ m}}{400 \text{ m}} \cong S/ 0.1$$

**Tabla 19.** Requerimientos y costos unitarios de materiales indirectos.

	Material	Unidades	Req unitario.	C/U
<b>Fuente:</b>	Pabulo	Metros	2	S/ 0.10
	Sacos	Unidad	1	S/ 0.50
	<b>Total</b>			<b>S/ 0.60</b>

Elaboración propia.

### Registro de costo de mano de obra directa

**Tabla 20.** Registro de costos de mano de obra directa.

Área	Cargo	Cantidad	Costo/h	Horas/mes	Sueldo/mes	Sueldo/año
Secado	Secador 1	1	S/ 9.38	192	S/ 1,800.00	S/ 21,600.00
	Secador 2	1	S/ 10.42	192	S/ 2,000.00	S/ 24,000.00
Prelimpia	Prelimpiador 1	1	S/ 7.81	192	S/ 1,500.00	S/ 18,000.00
	Prelimpiador 2	1	S/ 6.77	192	S/ 1,300.00	S/ 15,600.00

	Maquinista	1	S/	15.63	192	S/	3,000.00	S/	36,000.00
Pilado	Arrumador	4	S/	8.85	768	S/	6,800.00	S/	81,600.00
	Polvirello	1	S/	8.33	192	S/	1,600.00	S/	19,200.00
Almacén	Almacenero	1	S/	6.25	192	S/	1,200.00	S/	14,400.00
<b>Total</b>			<b>S/</b>	<b>73.44</b>	<b>2112</b>	<b>S/</b>	<b>19,200.00</b>	<b>S/</b>	<b>230,400.00</b>

**Fuente:** Adaptado de la empresa.

### Requerimientos unitarios de mano de obra

Para el cálculo del requerimiento unitario de mano de obra por unidad producida, se tomará en cuenta la suma total de horas mensuales de MOD, y la cantidad teórica de sacos a producir por h.

**Tabla 21.** Cálculo del requerimiento unitario de mano de obra teórico.

Definición	Unidades	Observaciones
<b>Capacidad de producción teórica</b>	100 sacos/h	Definida por la maquinaria
<b>Producción teórica mensual</b>	19200 sacos/mes	$100 \frac{\text{sacos}}{\text{h}} * 8 \frac{\text{h}}{\text{día}} * 24 \frac{\text{días}}{\text{mes}}$
<b>Totalidad de horas normales por mes</b>	2112 h/mes	El acumulado total de horas por los 11 operarios involucrados directamente en el proceso productivo.
<b>Sacos por hora teóricos</b>	0.11 h/saco 6.6 min/saco	$\frac{2112 \frac{\text{h}}{\text{mes}}}{19200 \frac{\text{sacos}}{\text{mes}}}$

**Fuente:** Elaboración propia.

El tiempo teórico es de 0.11 h/saco, sin embargo, en la realidad, el tiempo de H-H requerido para elaborar un saco depende de factores como; la etapa de arranque, actividades en paralelo, cantidad de operarios en actividad y el flujo de trabajo, pudiendo ser incluso diferente al valor teórico hallado.

Históricamente, para la producción de enero del 2022 a mayo del 2023 se tiene los requerimientos unitarios, bajo el concepto de 2112 horas mensuales de trabajo.

**Tabla 22.** Registro histórico de requerimiento unitario de mano de obra.



Periodo	Producción (sacos/mes)	Requerimiento (H-H/saco)	Requerimiento (min-H/saco)
Ene-22	16235	0.1301	7.81
Feb-22	14126	0.1495	8.97
Mar-22	16687	0.1266	7.59
Abr-22	14195	0.1488	8.93
May-22	15114	0.1397	8.38
Jun-22	10762	0.1962	11.77
Jul-22	6767	0.3121	18.73
Ago-22	5873	0.3596	21.58
Set-22	0	0	0
Oct-22	11618	0.1818	10.91
Nov-22	17473	0.1209	7.25
Dic-22	16419	0.1286	7.72
Ene-23	17715	0.1192	7.15
Feb-23	14319	0.1475	8.85
Mar-23	13037	0.1620	9.72
Abr-23	14225	0.1485	8.91
May-23	10683	0.1977	11.86
<b>Promedio</b>		<b>0.1629</b>	<b>9.77</b>
<b>Desv. Estándar</b>		<b>0.0786</b>	<b>4.71</b>
<b>Intervalo superior</b>		<b>0.2083</b>	<b>12.50</b>
<b>Intervalo inferior</b>		<b>0.1175</b>	<b>7.05</b>

**Fuente:** Elaboración propia.

Con un nivel de confianza del 97% y un alfa de 0.03, se tiene que, aproximadamente es de 0.16 H-H/saco. Los valores oscilan entre 0.11 y 0.21 H-H/saco. Por ende, el requerimiento unitario de H-H por saco de arroz, es aproximadamente el teórico y mínimo de 0.11.

### **Registro de costo por mantener inventarios**

Se presenta una tabla resumen de los costos de inventarios por producto y periodo. El costo de mantener inventario por producto está dado por:

**Tabla 23.** Costo unitario de inventarios por producto.

Costos de inventarios (soles/saco)									
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2	1.5	1.5	1	1.5	1	1.5	2	1.5	1.5

**Fuente:** La empresa.

**Tabla 24.** Registro de unidades en inventario enero 2022 - mayo 2023.

Mes	Total inventario	Costo
Ene-22	105	S/ 168.00
Feb-22	67	S/ 106.00
Mar-22	79	S/ 126.00
Abr-22	86	S/ 136.00
May-22	64	S/ 103.00
Jun-22	112	S/ 176.50
Jul-22	70	S/ 112.00
Ago-22	1945	S/ 3,358.50
Set-22	164	S/ 282.50
Oct-22	197	S/ 321.50
Nov-22	207	S/ 342.50
Dic-22	212	S/ 357.50
Ene-23	196	S/ 323.00
Feb-23	184	S/ 303.00
Mar-23	183	S/ 300.00
Abr-23	183	S/ 304.50
May-23	201	S/ 337.00
<b>Total</b>	<b>4255</b>	<b>S/ 7,157.50</b>

**Fuente:** Adaptado de la empresa.

Como se evidenció en la tabla 24 los costos más elevados en cuanto a inventarios se refieren, se presentan en el mes de agosto, esto se debe a que, durante setiembre no hay producción, por consiguiente, no hay costos relacionados con la producción, sin embargo, hay costos fijos por satisfacer. Esta es la manera en la que se genera ingresos para el mes de setiembre.

### Registro de horas extra

El registro abarca de enero del 2022 a mayo del 2023, sin embargo, sólo se presentan los meses en los que se registró horas extra. La hora extra equivale al 25% siempre y cuando sean 2 horas o menos.

**Tabla 25.** Registro total de horas extras enero 2022 - mayo 2023.

Perido	Total	Horas extras por 2 h en soles
Ene-2022		
May-2023	89	S/ 8,875.00
3		

**Fuente:** Adaptado de la empresa.

En este punto es necesario mencionar un detalle. Se incurre en costos de hora extra si ocurre un evento como el paro de maquinaria a causa de malas maniobras o corte de flujo eléctrico. Dichos eventos son de incertidumbre, por lo cual no tiene correlación con el determinismo característico de la programación lineal. Lidiando con estas problemáticas, las horas normales son las suficientes para cubrir la sumatoria de la demanda por periodo. Por lo cual, las horas extra y su respectivo costo, no se les abordará en el modelo de PL.

Figura SEQ Figura \\* ARABIC 19. Diagrama de Ishikawa.



Fuente: Elaboración propia

Herramientas de diagnóstico

## **Análisis del Diagrama de Ishikawa**

Tal y como se pudo ver en la figura 19, el diagrama de Ishikawa resumió las posibles causas que generan costos elevados e innecesarios. De la misma manera, huelga decir que se obvió medición y medio ambiente de las 6M ya que no corresponde al análisis de los factores que se pueden solucionar con la variable independiente.

### **Mano de obra**

Referente a la mano de obra, se encontraron algunas deficiencias que pueden ser mejoradas y que pueden llegar a contribuir consecuentemente en el incremento de los costos. Se identificó un insuficiente número de trabajadores, especialmente en el pilado. De la misma manera, la falta de capacitación e inducciones a colaboradores nuevos genera retrasos del cumplimiento de la meta de producción diaria, haciendo que sean necesarias horas extras.

### **Máquina**

La identificación a partir de la observación manifestó que se usa inadecuadamente algunos equipos, especialmente la secadora y pre limpiadora, esto se corrobora con la encuesta en donde se argumenta que no se usa a su máxima capacidad y la entrevista con la jefa de producción quien argumenta que suelen tener problemas por errores de la maquinaria. De la misma manera, la cosedora representa un costo de uso de hilo pabilo al coser mal o de la forma incorrecta. La tecnología es un poco anticuada y obsoleta. Finalmente, no existe plan de mantenimiento preventivo, es únicamente correctivo.

### **Materiales**

En ocasiones no se cuenta con los insumos, hállese de materia prima o materiales indirectos, en el momento en el que se le requiere, reduciendo indicadores KPI diarios. De la mano con la falta de planificación, hace que no se cumpla con los requerimientos o pedidos. Al final, sólo se opera con el material que se encuentra disponible en el momento. La calidad es otro factor debido a las mermas que reducen el producto que netamente es comercializado.

## Método

En relación al método, se identificó una planificación empírica basada en la experiencia. Se indicó que se produce y se planifica de acuerdo a lo que se produjo en periodos anteriores y anuales. Se conoce la estacionalidad, pero, hay periodos en los que se generan inventarios, parcialmente elevados, que contribuye con un costo por mantenerlos. Al mismo tiempo, se tiene procesos ineficientes y en parte estandarizados, especialmente por el personal nuevo al no recibir inducciones.

## Análisis del Diagrama de Pareto

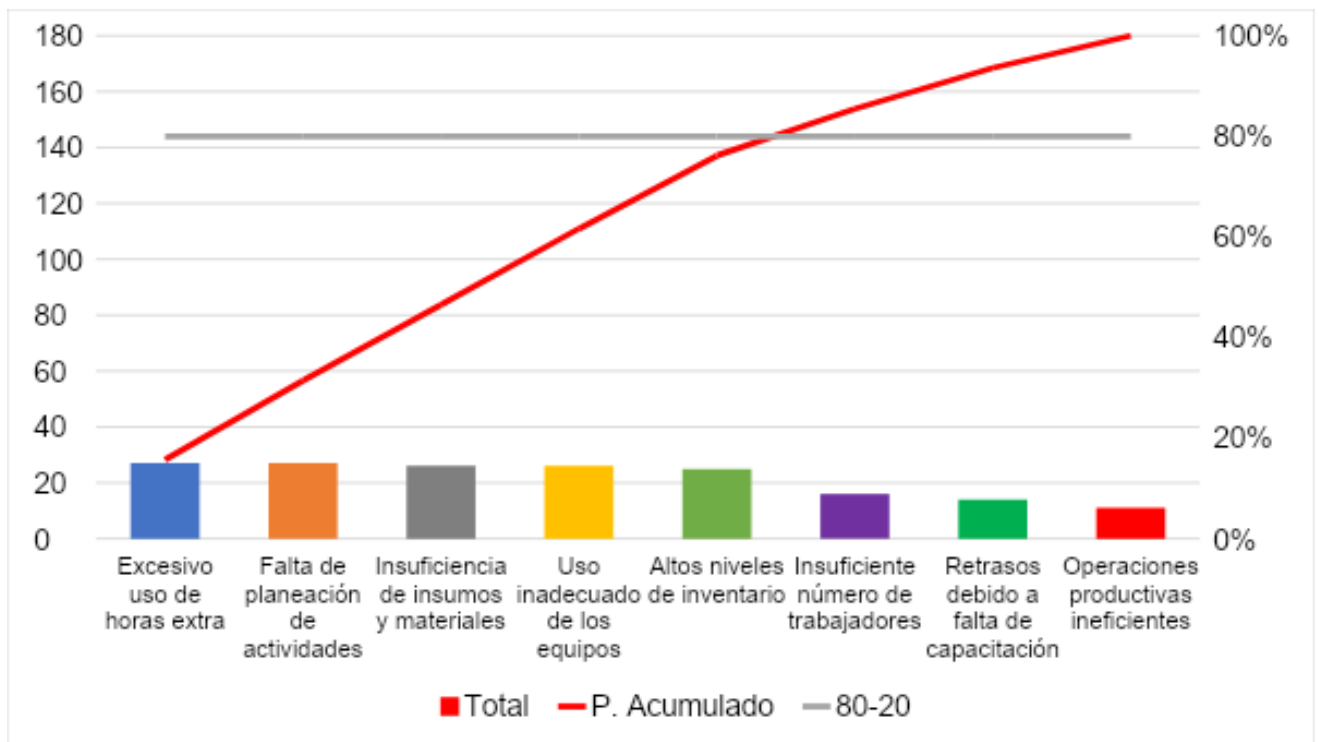
Para la elaboración del diagrama de Pareto, se consideró las posibles causas del diagrama de Ishikawa para priorizarlas y considerarlas dentro del modelo matemático de programación lineal. Se elaboró otra encuesta sin escala de Likert, meramente negación y afirmación ante las posibles causas.

**Tabla 26.** Resultados del cuestionario de causas que generan costos altos.

Pregunta	Total	P. Acumulado
Uso de horas extra	27	16%
Falta de planeación de actividades	27	31%
Insuficiencia de insumos y materiales	26	47%
Uso inadecuado de los equipos	26	62%
Altos niveles de inventario	25	76%
Insuficiente número de trabajadores	16	85%
Retrasos debido a falta de capacitación	14	94%
Operaciones productivas ineficientes	11	100%

**Fuente:** Elaboración propia.

**Figura SEQ Figura \\* ARABIC 20. Diagrama de Pareto.**



**Fuente:** Elaboración propia.

Gráficamente, se tiene la figura 20 en donde se identifica que, siguiendo el criterio 80 – 20, los factores o causas a considerar para minimizar los costos son las horas extra, planeación de producción y actividades, asignación de recursos y materiales, uso de los equipos, e inventarios.

**Tabla 27.** Acciones correctivas para cada causa identificada.

Item	Causa priorizada	Acumulado	Prioridad	Acción correctiva propuesta
1	Uso de horas extra	16%	SI	Debido a ir en contra del determinismo de la programación lineal, se propone contar con un plan de mantenimiento y acciones preventivas a fin de mantener la eficiencia entre las horas útiles y las totales.
2	Falta de planeación de actividades	31%	SI	Analizar y pronosticar el comportamiento del mercado a fin de planificar idóneamente el abastecimiento de MP y MI y la producción por periodo mediante la predicción de la demanda futura en Crystal Ball y la programación lineal.
3	Insuficiencia de insumos y materiales	47%	SI	
4	Uso inadecuado de los equipos	62%	SI	Programa de mantenimiento preventivo y capacitaciones.
5	Altos niveles de inventario	76%	SI	Gestionar los niveles de inventarios mediante la optimización de la producción generada por la programación lineal.
6	Insuficiente número de trabajadores	85%	NO	Analizar la factibilidad de asignar nuevos operarios a cada estación de trabajo a fin de que la producción no se detenga por la falta de disponibilidad del maquinista.
7	Retrasos debido a falta de capacitación	94%	NO	Realizar capacitaciones de manera más frecuente y brindar la inducción adecuada a los nuevos operarios, especialmente si estos tienen que manipular alguna maquinaria.
8	Operaciones productivas ineficientes	100%	NO	Mantener una estandarización de cada actividad del proceso mediante un manual de funciones y procedimientos impartido a cada colaborador.

**Fuente:** Elaboración propia.



Dentro del contexto de las causas encontradas y priorizadas por el diagrama de Pareto, los factores a considerar para encontrar una solución óptima mediante el uso de la herramienta de la programación lineal son los ítems 2, 3 y 5. De esta manera se procede a definir los parámetros en la sección 3.3.

### Situación actual de la variable dependiente

#### Costo de totales de producción

*Figura SEQ Figura \\* ARABIC 21.* Situación actual de los costos enero 2022 - mayo 2023.



La definición de los costos totales estará dada por la suma de los costos de producción (adquisición de materia prima, mano de obra directa, materiales indirectos), costos de setup y costos de inventarios.

$$CTP_t = CP_t + CINV_t + CSET_t$$

**Tabla 28.** Resumen de los costos del periodo enero 2022 - mayo 2023 por mes.

	<b>CTP</b>	
<b>Ene-22</b>	S/	1,410,296.10
<b>Feb-22</b>	S/	1,231,199.00
<b>Mar-22</b>	S/	1,407,889.40
<b>Abr-22</b>	S/	1,251,369.00
<b>May-22</b>	S/	1,307,105.10
<b>Jun-22</b>	S/	916,241.80
<b>Jul-22</b>	S/	604,048.30
<b>Ago-22</b>	S/	566,398.50
<b>Set-22</b>	S/	282.50
<b>Oct-22</b>	S/	952,729.70
<b>Nov-22</b>	S/	1,383,820.10
<b>Dic-22</b>	S/	1,219,616.00
<b>Ene-23</b>	S/	1,250,014.00
<b>Feb-23</b>	S/	1,141,383.60
<b>Mar-23</b>	S/	1,072,342.70
<b>Abr-23</b>	S/	1,139,250.80
<b>May-23</b>	S/	889,461.50
<b>Total</b>	<b>S/</b>	<b>17,743,448.10</b>

**Fuente:** Elaboración propia.

**Tabla 29.** Costo del periodo junio 2022 - noviembre 2022.

<b>CTP Jun 22 - Nov 22</b>	<b>S/</b>	<b>4,423,520.90</b>
----------------------------	-----------	---------------------

**Fuente:** Elaboración propia.

El objetivo es minimizar los costos incurridos en 6 periodos. Para cumplir dicho objetivo, se tomará en cuenta los mismos meses del año previo debido a la

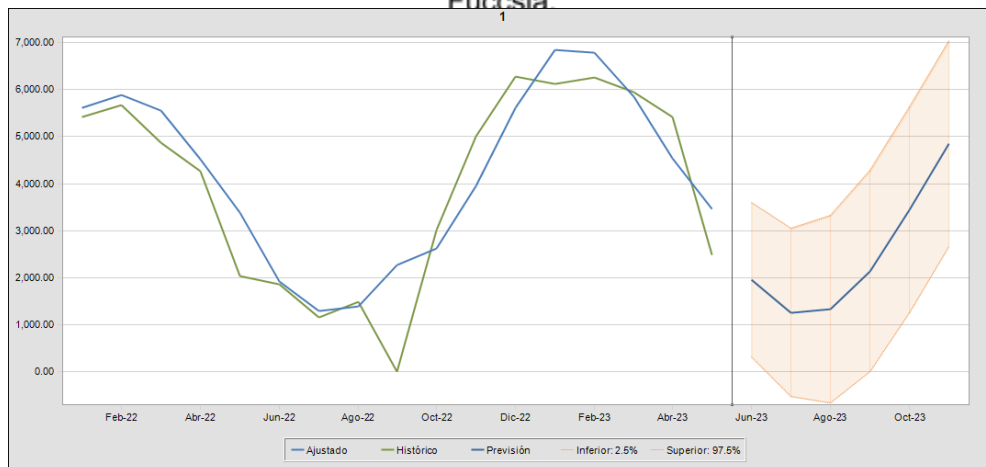
estacionalidad de la producción y de la demanda, tal como se ilustró en la tabla 29, de tal manera que la comparación esté dada bajo un mismo contexto.

### Pronósticos de la demanda

A partir del registro de producción y del programa Crystal Ball, se tienen las siguientes previsiones de la demanda para los próximos 6 periodos o meses. Cabe recalcar que, el programa detecta automáticamente el mejor método de previsión de acuerdo al MAD, que representa la desviación media absoluta entre los datos. Así mismo, el software pronostica con valores continuos, por lo cual se necesita la intervención del usuario para redondear el valor a uno entero.

#### 1. Casserita Fucsia

**Figura SEQ Figura \\* ARABIC 22. Pronóstico de demanda - Casserita Fuccsia**



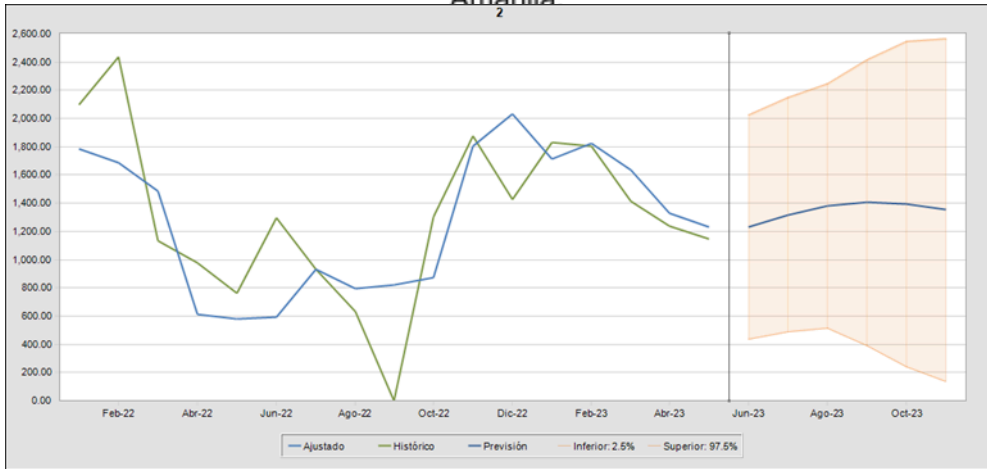
**Tabla 30. Resumen de pronóstico de demanda - Casserita Fuccsia.**

Mejor método		ARIMA (2,0,2)
Medida de error (MAD)		624.98
Fecha	Previsión	Valor entero
<b>Jun-23</b>	1,964.71	1,965.00
<b>Jul-23</b>	1,257.98	1,258.00
<b>Ago-23</b>	1,331.38	1,332.00
<b>Set-23</b>	2,142.57	2,143.00
<b>Oct-23</b>	3,442.54	3,443.00
<b>Nov-23</b>	4,851.51	4,852.00

Fuente: Crystal Ball

## 2. Casserita Amarilla

**Figura SEQ Figura \\* ARABIC 23. Pronóstico de demanda - Casserita Amarilla**



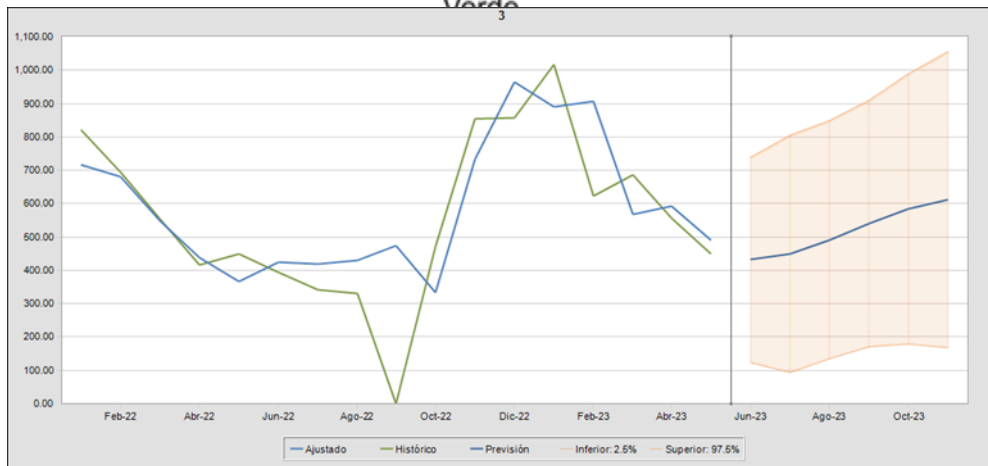
**Tabla 31. Resumen de pronóstico de demanda - Casserita Amarilla.**

Mejor método		ARIMA (2,0,1)
Medida de error (MAD)		311.29
Fecha	Previsión	Valor entero
Jun-23	1,230.37	1,231.00
Jul-23	1,318.54	1,319.00
Ago-23	1,382.19	1,383.00
Set-23	1,405.79	1,406.00
Oct-23	1,391.54	1,392.00
Nov-23	1,354.09	1,355.00

Fuente: Crystal Ball

## 3. Casserita Verde

**Figura SEQ Figura \\* ARABIC 24. Pronóstico de demanda - Casserita Verde**



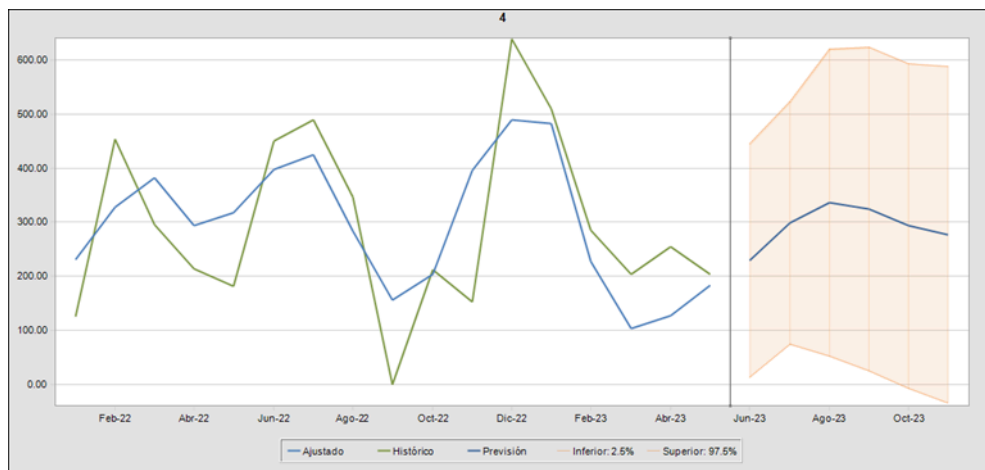
**Tabla 32.** Resumen de pronóstico de demanda - Casserita Verde.

<b>Mejor método</b>		ARIMA (2,0,1)
<b>Medida de error (MAD)</b>		110.71
<b>Fecha</b>	<b>Previsión</b>	<b>Valor entero</b>
<b>Jun-23</b>	432.12	433.00
<b>Jul-23</b>	449.83	450.00
<b>Ago-23</b>	491.10	492.00
<b>Set-23</b>	540.65	541.00
<b>Oct-23</b>	584.37	585.00
<b>Nov-23</b>	612.66	613.00

Fuente: Crystal Ball

#### 4. Graneco

**Figura SEQ Figura \\* ARABIC 25.** Pronóstico de demanda - Graneco.



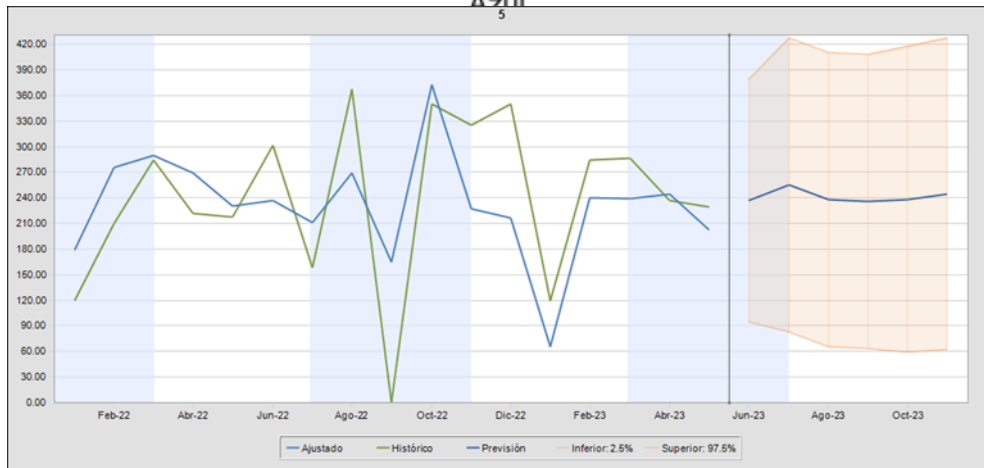
**Tabla 33.** Resumen de pronóstico de demanda - Graneco.

<b>Mejor método</b>		ARIMA (2,0,1)
<b>Medida de error (MAD)</b>		94.34
<b>Fecha</b>	<b>Previsión</b>	<b>Valor entero</b>
<b>Jun-23</b>	229.18	230.00
<b>Jul-23</b>	298.81	299.00
<b>Ago-23</b>	336.71	337.00
<b>Set-23</b>	324.68	325.00
<b>Oct-23</b>	293.46	294.00
<b>Nov-23</b>	276.89	277.00

Fuente: Crystal Ball

## 5. Porterito Azul

**Figura SEQ Figura \\* ARABIC 26.** Pronóstico de demanda - Porterito Azul



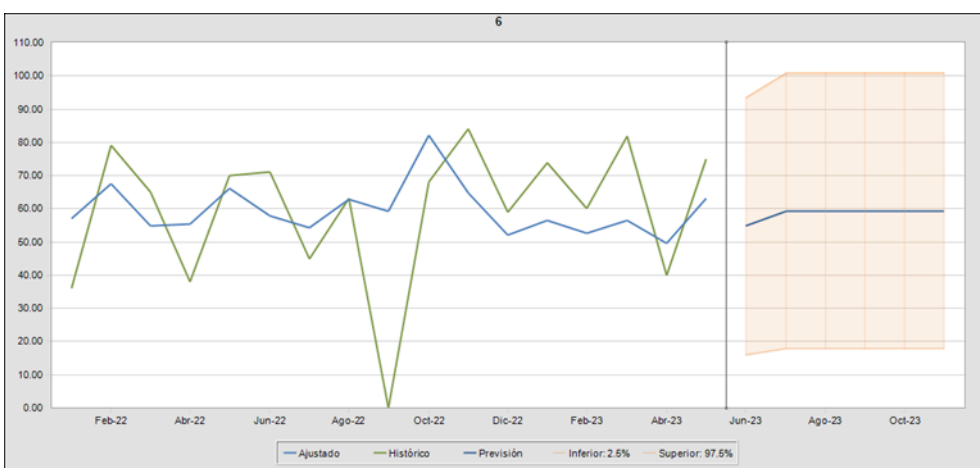
**Tabla 34.** Resumen de pronóstico de demanda - Porterito Azul.

Mejor método		SARIMA(0,0,1)(1,0,0)
Medida de error (MAD)		59.17
Fecha	Previsión	Valor entero
<b>Jun-23</b>	236.82	237.00
<b>Jul-23</b>	255.86	256.00
<b>Ago-23</b>	238.46	239.00
<b>Set-23</b>	236.02	237.00
<b>Oct-23</b>	238.39	239.00
<b>Nov-23</b>	245.02	246.00

Fuente: Crystal Ball

## 6. Olimpo

**Figura SEQ Figura \\* ARABIC 27.** Pronóstico de demanda - Olimpo.



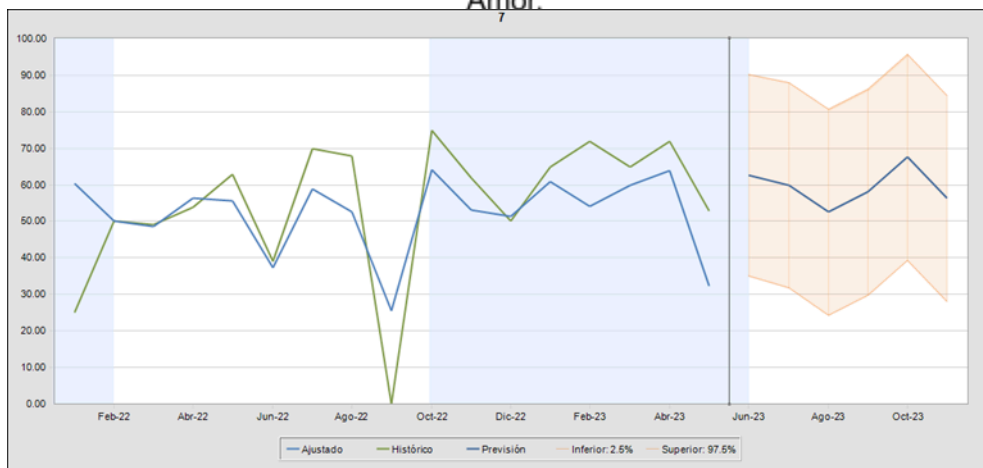
**Tabla 35.** Resumen de pronóstico de demanda - Olimpo.

<b>Mejor método</b>		ARIMA(0,0,1)
<b>Medida de error (MAD)</b>		15.18
<b>Fecha</b>	<b>Previsión</b>	<b>Valor entero</b>
<b>Jun-23</b>	54.75	55.00
<b>Jul-23</b>	59.35	60.00
<b>Ago-23</b>	59.35	60.00
<b>Set-23</b>	59.35	60.00
<b>Oct-23</b>	59.35	60.00
<b>Nov-23</b>	59.35	60.00

Fuente: Crystal Ball

## 7. Campo Amor

**Figura SEQ Figura \\* ARABIC 28.** Pronóstico de demanda - Campo Amor.



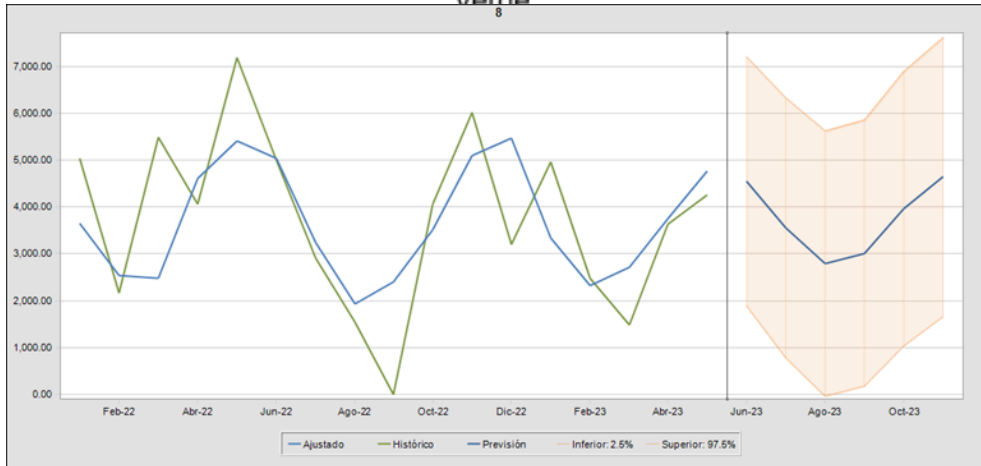
**Tabla 36.** Resumen de pronóstico de demanda - Campo Amor.

<b>Mejor método</b>		SARIMA(0,0,1)(0,0,1)
<b>Medida de error (MAD)</b>		10.38
<b>Fecha</b>	<b>Previsión</b>	<b>Valor entero</b>
<b>Jun-23</b>	62.66	63.00
<b>Jul-23</b>	59.95	60.00
<b>Ago-23</b>	52.55	53.00
<b>Set-23</b>	58.04	59.00
<b>Oct-23</b>	67.55	68.00
<b>Nov-23</b>	56.31	57.00

Fuente: Crystal Ball

## 8. Santa Isabel Verde

**Figura SEQ Figura 1\* ARABIC 29.** Pronóstico de demanda - Santa Isabel Verde



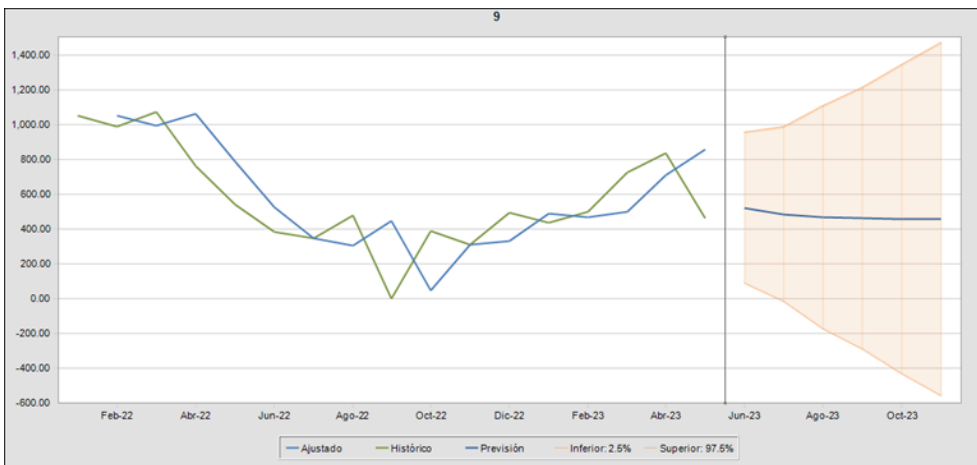
**Tabla 37.** Resumen de pronóstico de demanda - Santa Isabel Verde.

Mejor método		SARIMA(0,0,1)(0,0,1)
Medida de error (MAD)		10.38
Fecha	Previsión	Valor entero
Jun-23	4,551.26	4,552.00
Jul-23	3,555.02	3,556.00
Ago-23	2,786.35	2,787.00
Set-23	3,012.38	3,013.00
Oct-23	3,961.26	3,962.00
Nov-23	4,642.26	4,643.00

Fuente: Crystal Ball

## 9. Santa Isabel Rojo

**Figura SEQ Figura 1\* ARABIC 30.** Pronóstico de demanda - Santa Isabel Rojo.





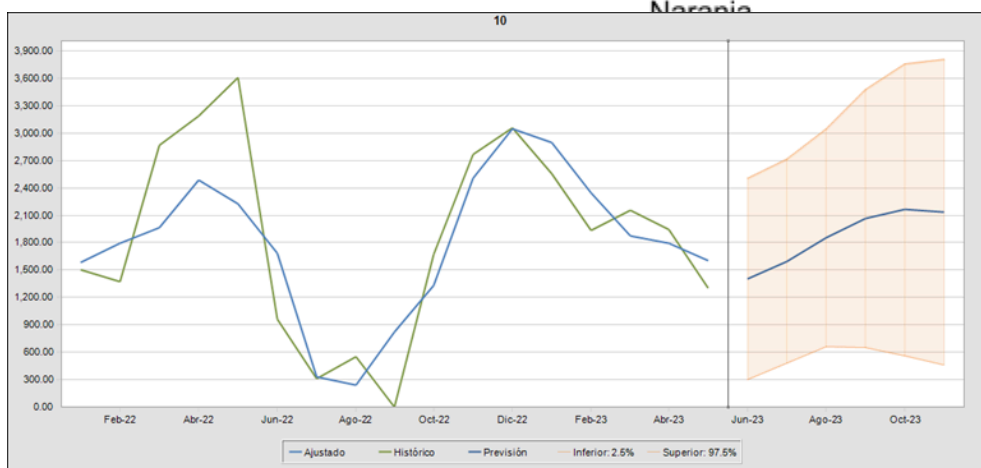
**Tabla 38.** Resumen de pronóstico de demanda - Santa Isabel Rojo.

<b>Mejor método</b>		Tendencia desechada no estacional
<b>Medida de error (MAD)</b>		173.71
<b>Fecha</b>	<b>Previsión</b>	<b>Valor entero</b>
<b>Jun-23</b>	523.07	524.00
<b>Jul-23</b>	486.14	487.00
<b>Ago-23</b>	469.64	470.00
<b>Set-23</b>	462.26	463.00
<b>Oct-23</b>	458.96	459.00
<b>Nov-23</b>	457.49	458.00

Fuente: Crystal Ball

### 10. Santa Isabel Naranja

**Figura SEQ Figura \\* ARABIC 31.** Pronóstico de demanda - Santa Isabel Naranja



**Tabla 39.** Resumen de pronóstico de demanda - Santa Isabel Naranja.

<b>Mejor método</b>		ARIMA(2,0,2)
<b>Medida de error (MAD)</b>		438.76
<b>Fecha</b>	<b>Previsión</b>	<b>Valor entero</b>
<b>Jun-23</b>	1,404.08	1,405.00
<b>Jul-23</b>	1,598.19	1,599.00
<b>Ago-23</b>	1,851.37	1,852.00
<b>Set-23</b>	2,061.12	2,062.00
<b>Oct-23</b>	2,160.64	2,161.00
<b>Nov-23</b>	2,135.85	2,136.00

Fuente: Crystal Ball

Los resultados generales del pronóstico son:

**Tabla 40.** Resumen general de pronóstico de la demanda junio 2023 - noviembre 2023.

	Demanda pronosticada (sacos)										Total
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
<b>Jun-23</b>	196 5	123 1	43 3	23 0	23 7	5 5	6 3	455 2	52 4	140 5	<b>1069</b> <b>5</b>
<b>Jul-23</b>	125 8	131 9	45 0	29 9	25 6	6 0	6 0	355 6	48 7	159 9	<b>9344</b>
<b>Ago-23</b>	133 2	138 3	49 2	33 7	23 9	6 0	5 3	278 7	47 0	185 2	<b>9005</b>
<b>Set-23</b>	214 3	140 6	54 1	32 5	23 7	6 0	5 9	301 3	46 3	206 2	<b>1030</b> <b>9</b>
<b>Oct-23</b>	344 3	139 2	58 5	29 4	23 9	6 0	6 8	396 2	45 9	216 1	<b>1266</b> <b>3</b>
<b>Nov-23</b>	485 2	135 5	61 3	27 7	24 6	6 0	5 7	464 3	45 8	213 6	<b>1469</b> <b>7</b>

Fuente: Elaboración propia.

Huelga mencionar que, debido al límite de capacidad de inventario, se ha tomado el supuesto de que, la consideración de unidades en stock de agosto será dada por las unidades no vendidas del periodo más las unidades en reserva para el periodo de setiembre. Esto último representa un estimado de un 10% de la demanda pronosticada de setiembre. Por lo cual, en agosto se debe producir la demanda estimada de ese periodo más el 10% de la demanda del periodo de setiembre. En el modelo se considerará una opción modificable para que la empresa pueda definir un % de inventario de reserva de acuerdo a su consideración.

**Tabla 41.** Resumen general de pronóstico de la demanda con supuesto.

	Demanda pronosticada (sacos) con supuesto										Total
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
<b>Jun-23</b>	196 5	123 1	43 3	23 0	23 7	5 5	6 3	455 2	52 4	140 5	<b>1069</b> <b>5</b>
<b>Jul-23</b>	125 8	131 9	45 0	29 9	25 6	6 0	6 0	355 6	48 7	159 9	<b>9344</b>
<b>Ago-23</b>	133 2	138 3	49 2	33 7	23 9	6 0	5 3	278 7	47 0	185 2	<b>9005</b>
<b>Set-23</b>	215	141	55	33	24	6	6	302	47	207	<b>1036</b>
<b>Oct-23</b>	344 3	139 2	58 5	29 4	23 9	6 0	6 8	396 2	45 9	216 1	<b>1266</b> <b>3</b>

<b>Nov-2</b>	485	135	61	27	24	6	5	464	45	213	<b>1469</b>
<b>3</b>	2	5	3	7	6	0	7	3	8	6	<b>7</b>

Fuente: Elaboración propia.

## Modelamiento matemático – programación lineal

### Determinación de índices

#### Productos

Se toma en consideración los 10 productos. Respecto a los subproductos, ya que son provenientes de los productos, no se les considera dentro de los mismos. Por consiguiente, para el modelamiento se le brinda un atributo o índice.

**Tabla 42.** Índices.

Índice	Valores	Representación
P	P = 1, 2, ..., 10	Presentaciones

#### Periodos

Se planificará la producción en un lapso de 6 meses a futuro, sin considerar el presente mes de junio del 2023, se procede desde julio, por ende.

**Tabla 43.** Periodos de evaluación.

Índice	Valores	Representación
T	T = 1, 2, ..., 6	Periodos

#### Recursos

Cada producto necesita de materiales indirectos como el pabilo y los sacos además claro de los requerimientos unitarios como las H-M y la MP, por consiguiente, se considera dentro del modelo para la planificación de dichos insumos.

**Tabla 44.** Recursos a utilizar.

Índice	Valores	Representación
I	I = 1, 2, 3 y 4	Recursos directos e indirectos

En síntesis, la definición de los índices estaría dado por:

**Tabla 45.** Resumen de índices, periodos y recursos.

Índice	Valores	Descripción
P	p = 1, 2, 3, ..., 10	Número de productos

T	t = 1, 2, ..., 6	Periodos a planificar
I	i = 1, 2, 3 y 4	Requerimientos unitarios

### Determinación de variables de decisión

#### Cantidad a producir

Adoptará el valor de “x” con un respectivo subíndice. Se tiene en consideración el número de productos, las modalidades de producción y el número de turnos para cada x.

**Tabla 46.** Cantidad de producción.

Variable	Descripción
$x_{pt}$	X cantidad a producir de producto “p” durante el periodo “t”

#### Cantidad de inventario

Adoptará el valor de “Inv” con un respectivo subíndice. Se tiene en consideración el número de productos en inventario durante los diversos periodos.

**Tabla 47.** Cantidad de inventario.

Variable	Descripción
$Inv_{pt}$	I cantidad de producto “p” en inventario durante el periodo “t”.

De la misma manera, para el modelamiento se seguirá:

$$Inv_{pt} = x_{pt} - d_{pt} + Inv_{pt-1}$$

**Fórmula 4.** Definición de inventarios para el modelo.

Por definición, el inventario del producto “p” durante el periodo “t” equivale al total producido “x” del producto “p” en el periodo “t” menos lo demandado “d” del producto “p” en el periodo “t” más el inventario del producto “p” en el periodo anterior al actual “t-1”.

#### Set – up de producción

Adoptará el valor de “δ” con un respectivo subíndice. Define los periodos en los que se reanuda la producción. Es una variable binaria, es decir, tomará los valores de 0 o 1, haciendo que, cuando sea 0 no se produzca y cuando adopte el valor de 1 sí. Esta variable afecta a todo producto “p” en cualquier periodo “t”.

**Tabla 48.** Variable binaria - setup de producción.

Variable	Descripción
----------	-------------

$\delta_{pt}$	Decisión S de producir el producto “p” en el periodo “t”
---------------	--

En síntesis, la definición de las variables estaría dado por:

**Tabla 49.** Resumen de las variables de decisión del modelo.

Variable	Descripción
$x_{pt}$	X cantidad a producir de producto “p” durante el periodo “t”
$Inv_{pt}$	Inv cantidad de producto “p” en inventario durante el periodo “t”.
$S_{pt}$	Decisión S de producir el producto “p” en el periodo “t”

### Determinación de componentes de la función objetivo

#### Costos de producción

El costo de producción tomará el valor de “C” con subíndice “p” y “t”. Definiendo el costo de producir una unidad de “p” en el periodo “t”.

**Tabla 50.** Indicador costos de producción.

Indicador	Descripción
$C_{pt}$	C costo de producir el producto “p” durante el periodo “t”.

Para la matriz de costos se toma en cuenta algunos aspectos tales como, los costos de materia prima, costos de mano de obra y de materiales indirectos. La manera para determinar el costo de producción viene a ser dada por la suma de estos tres costos sobre la producción. De esta manera, para calcular el costo, se considerará que la producción se apega totalmente a la demanda, con la variación de que agosto es su demanda más la demanda del periodo posterior, es decir, agosto equivale ahora a “agosto + setiembre”, cumpliendo así con el supuesto de no producción en setiembre.

Por consiguiente, la matriz estará dada por:

**Fórmula 5.** Determinación del costo de producción unitario.

$$\text{Costo de producción unitario} = \frac{\text{Materia prima} + \text{Mano de obra} + \text{MI}}{\text{Producción apegada a la demanda}}$$

Para el costo de materia prima se pronosticó mediante la función lineal de Excel, pudiendo generar una matriz por periodo (junio – noviembre del 2023) y por producto (1

al 10). Para el costo de mano de obra, se considera por periodo y producto S/ 1,920. Para materiales indirectos equivale a la producción apegada por S/ 0.6.

Así se tiene la matriz:

**Tabla 51.** Costo unitario de producción apegada a la demanda pronosticada

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<b>Jun-23</b>	S/ 75.0	S/ 54.2	S/ 86.1	S/ 64.6	S/ 60.5	S/ 96.2	S/ 98.3	S/ 83.6	S/ 92.0	S/ 86.7
<b>Jul-23</b>	S/ 75.0	S/ 53.6	S/ 85.3	S/ 62.2	S/ 59.5	S/ 92.8	S/ 99.3	S/ 83.1	S/ 91.6	S/ 85.9
<b>Ago-23</b>	S/ 74.1	S/ 53.0	S/ 83.9	S/ 60.6	S/ 58.9	S/ 89.4	S/ 99.3	S/ 82.5	S/ 90.6	S/ 85.0
<b>Set-23</b>	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -
<b>Oct-23</b>	S/ 72.3	S/ 52.3	S/ 82.4	S/ 61.0	S/ 58.8	S/ 91.4	S/ 93.9	S/ 81.1	S/ 89.7	S/ 83.6
<b>Nov-23</b>	S/ 71.6	S/ 52.0	S/ 81.7	S/ 61.0	S/ 58.2	S/ 90.9	S/ 98.9	S/ 80.4	S/ 89.0	S/ 82.9

### Costos de inventarios

El costo de mantener inventarios tomará el valor de “h” con subíndice. Este estará dado por la tabla 52. El resumen de costos se presenta en la tabla 28.

**Tabla 52.** Indicador de costos de inventarios.

Indicador	Descripción
$h_{pt}$	h costo de mantener en inventario el producto “p” durante el periodo “t”.

### Costos de set-up

El costo de decidir producir tomará el valor de “s” con subíndice. El costo de setup es un valor fijo, el cual equivale a 360 soles para todo “p” en cualquier “t”.

**Tabla 53.** Indicador de costo de setup.

Indicador	Descripción
$s_{pt}$	s costo de decidir producir el producto “p” durante el periodo “t”.

En síntesis, la definición de las partes de la función objetivo estaría dado por:

**Tabla 54.** Resumen de indicadores (costos) de la función objetivo.

Variable	Descripción
----------	-------------

$C_{pt}$	C costo de producir el producto "p" durante el periodo "t".
$h_{pt}$	h costo de mantener en inventario el producto "p" durante el periodo "t".
$s_{pt}$	s costo de empezar a producir el producto "p" durante el periodo "t".

### Determinación de parámetros del modelo

#### Demanda pronosticada

Adoptará el valor de "d" con un respectivo subíndice. Se tiene en consideración el número de productos y los periodos.

**Tabla 55.** Parámetro de demanda pronosticada.

Parámetro	Descripción
$d_{pt}$	d cantidad de demanda de producto "p" pronosticado para el periodo "t".

#### Requerimientos unitarios

Adoptará el valor de "a" con un respectivo subíndice. Se tiene en consideración el número de productos y el insumo usado.

**Tabla 56.** Parámetro de requerimientos unitarios.

Parámetro	Descripción
$a_{ip}$	a cantidad de recurso "i" para la producción del producto "p".

Este parámetro está dado por:

**Tabla 57.** Matriz resumen de requerimientos unitarios de recursos.

	$\forall pt$	Unidades
H-H	0.11	Horas-Hombre
MP	0.6	Sacos de MP
Sacos	1	Sacos de MI
Pabulo	2	Metros de MI

#### Disponibilidad de recursos

Adoptará el valor de "b" con un respectivo subíndice. Se tiene en consideración la cantidad de recurso durante respectivos periodos.

**Tabla 58.** Parámetros de disponibilidad de recursos.

Parámetro	Descripción
$b_{it}$	b disponibilidad de recurso "i" durante el periodo "t".

Este parámetro está dado por:

- **Horas Hombre:** La disponibilidad mensual de la mano de obra directa, expresada en horas – hombre, es de 2112, a excepción de setiembre donde es 0 debido a la no producción.

$$D.H - H = 8 \frac{h}{\text{día}} * 6 \frac{\text{días}}{\text{semana}} * 4 \frac{\text{semanas}}{\text{mes}} * 11 \text{ operarios} = 2112 \frac{h\text{-operarios}}{\text{mes}}$$

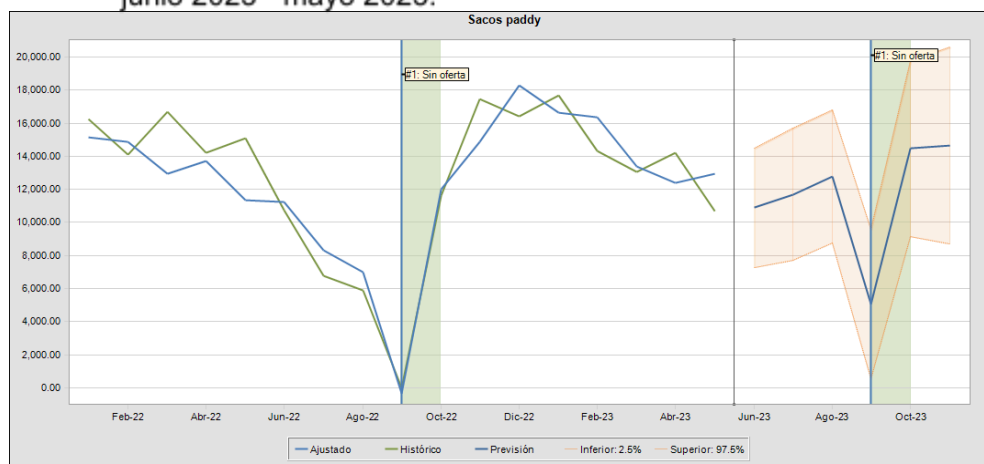
- **Arroz Paddy:** El requerimiento unitario es de 0.6 sacos aproximadamente para elaborar una unidad de producto. Por consiguiente, y debido a la estacionalidad de la producción (factor relacionado con la cantidad de insumos en determinados periodos) se resumen en que, cada mes la disponibilidad difiere. Mediante la estacionalidad de crystal ball y la generación del evento para la producción 0 en setiembre. Se tiene:

**Tabla 59.** Pronóstico de disponibilidad de materia prima.

Periodos	Pronóstico estacional (bit)
<b>Jun-23</b>	10,886
<b>Jul-23</b>	11,703
<b>Ago-23</b>	12,799
<b>Set-23</b>	5,070 (0)
<b>Oct-23</b>	14,480
<b>Nov-23</b>	14,663

Fuente: Crystal Ball.

**Figura SEQ Figura 1\* ARABIC 32.** Pronóstico de disponibilidad de materia prima junio 2023 - mayo 2023.





Pese a que Crystal Ball generó un dato de 5070 durante el mes de setiembre, por especificación de la organización, durante ese mes no hay disponibilidad de materia prima, por ende, el valor a considerar es de 0.

- **Sacos:** De acuerdo con la entrevista, se compra de manera anual 200 mil sacos, lo que implica que, mensualmente, se tiene una disponibilidad aproximada de 18000 sacos en todos los periodos menos en setiembre debido a la no producción.

**Tabla 60.** Disponibilidad de recurso indirecto - sacos.

Periodos	Sacos
Jun-23	18,000
Jul-23	18,000
Ago-23	18,000
Set-23	0
Oct-23	18,000
Nov-23	18,000

- **Pabilo:** Se hace uso de 2 metros para coser una unidad de producto. Anualmente se adquiere alrededor de 1200 rollos de pabilo, cada una con 400 m de longitud. Por lo cual, la disponibilidad expresada en metros es:

$$\text{Disponibilidad pabilo} = \frac{1200 \frac{\text{rollos}}{\text{año}}}{11 \frac{\text{meses}}{\text{año}}} * 400 \frac{\text{metros}}{\text{rollo}} = 43637 \frac{\text{metros}}{\text{mes}}$$

En síntesis, la definición de parámetros estaría dado por:

**Tabla 61.** Resumen de parámetros del modelo matemático.

Variable	Descripción
$d_{pt}$	d cantidad de demanda de producto "p" pronosticado para el periodo "t".
$a_{ip}$	a cantidad de recurso "i" para la producción del producto "p".
$b_{it}$	b disponibilidad de recurso "i" durante el periodo "t".

### Función objetivo

Matemáticamente, la función objetivo estará dada de la siguiente manera:

**Fórmula 6.** Función objetivo del modelo matemático.

$$\sum_{p=1}^P \sum_{t=1}^T X_{pt} * C_{pt} + \sum_{p=1}^P \sum_{t=1}^T Inv_{pt} * H_{pt} + \sum_{p=1}^P \sum_{t=1}^T S_{pt} * \delta_{pt}$$

Factorizándolo quedaría:

**Fórmula 7.** Función objetivo factorizada.

$$Min(z) = \sum_{p=1}^P \sum_{t=1}^T \{ (X_{pt} * C_{pt}) + (Inv_{pt} * H_{pt}) + (S_{pt} * \delta_{pt}) \}$$

Cuyas restricciones se define:

**R1: Disponibilidad de Recursos**

**Fórmula 8.** Restricción 1 - Disponibilidad de recursos.

$$\sum_{p=1}^P a_{ip} * x_{pt} \leq b_{it}$$

Apoyándose en la tabla de requerimientos unitarios, se tiene la restricción de disponibilidad de los recursos, la cual define que, para el periodo “t”, existe un límite “b” del insumo total “i” para la suma de todos los productos “p”.

**R2: Definición de Inventarios**

**Fórmula SEQ Fórmula 1\* ARABIC 9.** Restricción 2 - Definición de inventarios.

Como se indicó en la sección de definición de parámetros, la definición de la ecuación de inventarios radica en; el inventario actual equivale al inventario del periodo anterior más lo producido en el periodo actual “x” menos la demanda pronostica “d” del producto “p” en el periodo “t”.

**R3: No negatividad de inventarios**

**Fórmula 10.** Restricción 3 - No negatividad de inventarios.

$$Inv_{pt} \geq 0$$

Dentro del modelamiento, es factible que no se presenten inventarios del producto “p” durante el periodo “t”, sin embargo, no es lógico que se presenten unidades negativas en stock, por lo cual esta restricción limita esa incoherencia.

**R4: Capacidad de inventarios**

**Fórmula 11.** Restricción 4 - Capacidad de inventarios.

$$\sum_{t=1}^T \sum_{p=1}^P Inv_{pt} \leq CI_{pt} \Rightarrow 0 \leq Inv_{pt} \leq CI_{pt}$$

Los inventarios tienen un límite de capacidad. Esto limita la cantidad de unidades que pueden permanecer juntas dentro del espacio físico. De acuerdo con la información estimada de la empresa, máximamente pueden permanecer 4000 unidades. Por lo cual:

**Fórmula 12.** Restricción 4 - Intervalo de inventarios.

$$\sum_{t=1}^T \sum_{p=1}^P Inv_{pt} \leq 4000 \Rightarrow 0 \leq Inv_{pt} \leq 4000$$

**R5: Capacidad de Producción**

**Fórmula 13.** Restricción 5 - Capacidad de producción.

$$\sum_{t=1}^T \sum_{p=1}^P x_{pt} \leq CP_t$$

De la misma manera, existe un límite en lo que se puede producir de todos los productos “p” en el periodo “t”. Este limitante lo brinda la CP<sub>t</sub> la cual indica un máximo de unidades a producir por periodo. Este es de 19200 unidades en el periodo t.

**Fórmula 14.** Restricción 5 - Capacidad de producción definida.

$$\sum_{t=1}^T \sum_{p=1}^P x_{pt} \leq 19200$$

**R6: No negatividad de Producción**

**Fórmula 15.** Restricción 6 - No negatividad de producción.

$$X_{pt} \geq 0, \forall pt$$

Siguiendo el mismo concepto de la no negatividad de inventarios, no se pueden producir unidades negativas sin importar el producto o periodo.

**R7: Setup**

**Fórmula 16.** Restricción 7 - Definición del setup.

$$\delta_{pt} \in \{0, 1\} \forall pt$$

Representa una variable binaria; sólo cuando adopte el valor de 1 se multiplicará con el costo de setup y aportará un valor en el costo total o función objetivo.

**R8: Carga Fija**

**Fórmula 17.** Restricción 8 - Carga fija.

$$X_{pt} \leq M_{pt}$$

En el contexto para considerar el setup, “M” representa un valor que supera la capacidad de producción, es un valor grande. De esta manera, puede tomar el valor de 20000, y, al multiplicarse con la decisión de producción, restringe, limita y optimiza el “x<sub>pt</sub>” de acuerdo a la factibilidad de producción de producto “p” en el periodo “t”.

**Fórmula 18.** Restricción 8 - Definición de carga fija.

$$X_{pt} \leq 20000$$

**R9: Enteros**

**Fórmula 19.** Restricción 9 - Enteros.

$$X_{pt} \wedge Inv_{pt} = integer$$

Debido a que se habla de una programación lineal entera, y que, bajo conceptos prácticos, se debe producir en expresiones discretas y no continuas, la restricción presente define que, tanto la producción como los inventarios sean valores enteros para todo “p” y “t”.

**R10: Nula producción en setiembre**

**Fórmula 20.** Restricción 10 - Nula producción en setiembre.

$$X_{pt} = 0 \Leftrightarrow t = 4; \forall p$$

Como se pudo observar en las tablas del diagnóstico de la empresa, durante el periodo de setiembre no se produce absolutamente nada, por lo cual, se define esta restricción para evitar incoherencias en el modelo y que este refleje la realidad lo mejor posible.

### **Modelo en Excel y solución**

Dentro del software Excel, se modeló el planteamiento de la solución a la problemática teniendo en cuenta la función objetivos, los parámetros y demás indicadores. Para un mejor entendimiento, se dividió en 5 secciones.

#### **1. Variables de Decisión:**

Correspondiente a la matriz de cantidad a producir “x<sub>pt</sub>” y la decisión de producción para el indicador de setup “δ<sub>pt</sub>”. La primera es entera y la segunda corresponde a una variable binaria.

## **2. Costos unitarios:**

Se consideran los costos de producción "Cpt, costos de inventarios "hpt" y setup "spt".

## **3. Disponibilidad y requerimientos unitarios:**

Abarca el requerimiento unitario por producto "aip", y la disponibilidad periódica "bit" del recurso "i" durante el periodo "t".

## **4. Demanda pronosticada e inventarios:**

Involucra la matriz de la demanda pronosticada "dpt" para los periodos de junio a noviembre del 2023 y los inventarios generados "Invpt" durante ese intervalo. Además, se hace énfasis en restricciones como la capacidad de producción, inventarios y no negatividad.

## **5. Resultados:**

Indica el resultado del modelo seccionándolo en los respectivos costos de la función objetivo, además, del beneficio (ahorro) entre el periodo del 2022 y el 2023.

Figura SEQ Figura 1\* ARABIC 33. Modelo de programación lineal planteado y resuelto en Excel con Open Solver.

SECCIÓN 1 VARIABLES DE DECISIÓN

T/P	CANTIDAD DE PRODUCCIÓN Xpt										Total
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Jun-23	1918	1205	426	214	217	49	178	4506	507	1393	10613
Jul-23	1258	1319	450	299	256	60	0	3556	487	1599	9284
Ago-23	1547	1524	547	370	263	186	0	3089	517	2059	10102
Set-23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Oct-23	3443	1392	585	571	239	0	125	3962	459	2161	12937
Nov-23	4852	1355	613	0	246	0	0	4643	458	2136	14303

SECCIÓN 2 COSTOS UNITARIOS

T/P	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Jun-23	S/ 75.0	S/ 54.2	S/ 86.1	S/ 64.6	S/ 60.5	S/ 96.2	S/ 98.3	S/ 83.6	S/ 92.0	S/ 86.7
Jul-23	S/ 75.0	S/ 53.6	S/ 85.3	S/ 62.2	S/ 59.5	S/ 92.8	S/ 99.3	S/ 83.1	S/ 91.6	S/ 85.9
Ago-23	S/ 74.1	S/ 53.0	S/ 83.9	S/ 60.6	S/ 58.9	S/ 89.4	S/ 99.3	S/ 82.5	S/ 90.6	S/ 85.0
Set-23	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -
Oct-23	S/ 72.3	S/ 52.3	S/ 82.4	S/ 61.0	S/ 58.8	S/ 91.4	S/ 93.9	S/ 81.1	S/ 89.7	S/ 83.6
Nov-23	S/ 71.6	S/ 52.0	S/ 81.7	S/ 61.0	S/ 58.2	S/ 90.9	S/ 98.9	S/ 80.4	S/ 89.0	S/ 82.9

T/P	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Mayo	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Jun-23	S/ 2.0	S/ 1.5	S/ 1.5	S/ 1.0	S/ 1.5	S/ 1.0	S/ 1.5	S/ 2.0	S/ 1.5	S/ 1.5
Jul-23	S/ 2.0	S/ 1.5	S/ 1.5	S/ 1.0	S/ 1.5	S/ 1.0	S/ 1.5	S/ 2.0	S/ 1.5	S/ 1.5
Ago-23	S/ 2.0	S/ 1.5	S/ 1.5	S/ 1.0	S/ 1.5	S/ 1.0	S/ 1.5	S/ 2.0	S/ 1.5	S/ 1.5
Set-23	S/ 2.0	S/ 1.5	S/ 1.5	S/ 1.0	S/ 1.5	S/ 1.0	S/ 1.5	S/ 2.0	S/ 1.5	S/ 1.5
Oct-23	S/ 2.0	S/ 1.5	S/ 1.5	S/ 1.0	S/ 1.5	S/ 1.0	S/ 1.5	S/ 2.0	S/ 1.5	S/ 1.5
Nov-23	S/ 2.0	S/ 1.5	S/ 1.5	S/ 1.0	S/ 1.5	S/ 1.0	S/ 1.5	S/ 2.0	S/ 1.5	S/ 1.5

T/P	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Jun-23	S/ 360.0	S/ 360.0	S/ 360.0	S/ 360.0	S/ 360.0	S/ 360.0	S/ 360.0	S/ 360.0	S/ 360.0	S/ 360.0
Jul-23	S/ 360.0	S/ 360.0	S/ 360.0	S/ 360.0	S/ 360.0	S/ 360.0	S/ 360.0	S/ 360.0	S/ 360.0	S/ 360.0
Ago-23	S/ 360.0	S/ 360.0	S/ 360.0	S/ 360.0	S/ 360.0	S/ 360.0	S/ 360.0	S/ 360.0	S/ 360.0	S/ 360.0
Set-23	S/ 360.0	S/ 360.0	S/ 360.0	S/ 360.0	S/ 360.0	S/ 360.0	S/ 360.0	S/ 360.0	S/ 360.0	S/ 360.0
Oct-23	S/ 360.0	S/ 360.0	S/ 360.0	S/ 360.0	S/ 360.0	S/ 360.0	S/ 360.0	S/ 360.0	S/ 360.0	S/ 360.0
Nov-23	S/ 360.0	S/ 360.0	S/ 360.0	S/ 360.0	S/ 360.0	S/ 360.0	S/ 360.0	S/ 360.0	S/ 360.0	S/ 360.0

M	20000
---	-------

T/P	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Jun-23	1 <sup>b</sup>	1 <sup>b</sup>	1 <sup>b</sup>	1 <sup>b</sup>	1 <sup>b</sup>	1 <sup>b</sup>	1 <sup>b</sup>	1 <sup>b</sup>	1 <sup>b</sup>	1
Jul-23	1 <sup>b</sup>	1 <sup>b</sup>	1 <sup>b</sup>	1 <sup>b</sup>	1 <sup>b</sup>	1 <sup>b</sup>	0 <sup>b</sup>	1 <sup>b</sup>	1 <sup>b</sup>	1
Ago-23	1 <sup>b</sup>	1 <sup>b</sup>	1 <sup>b</sup>	1 <sup>b</sup>	1 <sup>b</sup>	1 <sup>b</sup>	0 <sup>b</sup>	1 <sup>b</sup>	1 <sup>b</sup>	1
Set-23	0 <sup>b</sup>	0 <sup>b</sup>	0 <sup>b</sup>	0 <sup>b</sup>	0 <sup>b</sup>	0 <sup>b</sup>	0 <sup>b</sup>	0 <sup>b</sup>	0 <sup>b</sup>	0
Oct-23	1 <sup>b</sup>	1 <sup>b</sup>	1 <sup>b</sup>	1 <sup>b</sup>	1 <sup>b</sup>	1 <sup>b</sup>	1 <sup>b</sup>	1 <sup>b</sup>	1 <sup>b</sup>	1
Nov-23	1 <sup>b</sup>	1 <sup>b</sup>	1 <sup>b</sup>	0 <sup>b</sup>	1 <sup>b</sup>	0 <sup>b</sup>	0 <sup>b</sup>	1 <sup>b</sup>	1 <sup>b</sup>	1

T/P	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Jun-23	20000	20000	20000	20000	20000	20000	20000	20000	20000	20000
Jul-23	20000	20000	20000	20000	20000	20000	0	20000	20000	20000
Ago-23	20000	20000	20000	20000	20000	20000	0	20000	20000	20000
Set-23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Oct-23	20000	20000	20000	20000	20000	0	20000	20000	20000	20000
Nov-23	20000	20000	20000	0	20000	0	0	20000	20000	20000

SECCIÓN 3 DISPONIBILIDAD DE RECURSOS Y REQUERIMIENTOS UNITARIOS

	REQUERIMIENTOS		DISPONIBILIDAD PERIÓDICA				
	Ypt	Unidades	bit	HH	MP	Sacos	Pabilo
H-H	0.11	HH	Jun-22	2112	10886	18000	43637
Paddy	0.6	Sacos	Jul-22	2112	11703	18000	43637
Sacos	1	Sacos	Ago-22	2112	12799	18000	43637
Pabilo	2	Metros	Set-22	0	0	0	0
			Oct-22	2112	14480	18000	43637
			Nov-22	2112	14663	18000	43637

SECCIÓN 4 DEMANDA PRONOSTICADA E INVENTARIOS

T/P	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Jun-23	1965	1231	433	230	237	55	63	4552	524	1405
Jul-23	1258	1319	450	299	256	60	60	3556	487	1599
Ago-23	1332	1383	492	337	239	60	53	2787	470	1852
Set-23	215	141	55	33	24	6	6	302	47	207
Oct-23	3443	1392	585	294	239	60	68	3962	459	2161
Nov-23	4852	1355	613	277	246	60	57	4643	458	2136

T/P	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
May-23	47	26	7	16	20	6	4	46	17	12
Jun-23	0	0	0	0	0	0	119	0	0	0
Jul-23	0	0	0	0	0	0	59	0	0	0
Ago-23	215	141	55	33	24	126	6	302	47	207
Set-23	0	0	0	0	0	120	0	0	0	0
Oct-23	0	0	0	277	0	60	57	0	0	0
Nov-23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Cap prod pt	19200
Jun-23	10613
Jul-23	9284
Ago-23	10102
Set-23	0
Oct-23	12937
Nov-23	14303

Restricciones generales

Prod	Inv	Integer
Prod	Inv	>=0

Cap Inv pt	4000
Jun-23	119
Jul-23	59
Ago-23	1,156
Set-23	120
Oct-23	394
Nov-23	0

SECCIÓN 5 UTILIZACIÓN DE RECURSOS Y DEMANDA PRONOSTICADA

T/P	HH	PADDY	SACOS	PAIBLO
Jun-23	1167.43	6367.8	10613	21226
Jul-23	1021.24	5570.4	9284	18568
Ago-23	1111.22	6061.2	10102	20204
Set-23	0	0	0	0
Oct-23	1423.07	7762.2	12937	25874
Nov-23	1573.33	8581.8	14303	28606

SECCIÓN 6 RESULTADOS

Costos de producción	S/	4,379,659.67
Costos de inventarios	S/	2,722.50
Costo de setup	S/	15,840.00
<b>COSTO PERIODO JUN - NOV 2023</b>	S/	<b>4,398,222.17</b>

Función Objetivo Costo total S/ 4,398,222.17 min

% inventario de reserva para set 10%

## Resultados del modelo

### 1. Cantidad de Producción:

El indicador de “xpt” manifiesta lo óptimo a producir para los periodos de junio a noviembre del año 2023, a fin de minimizar los costos. Cumpliendo la restricción de no producción en setiembre, se tiene el resultado de la tabla 62.

**Tabla 62.** Resultados de la variable de cantidad de producción por periodo pronosticado.

	xpt										Total
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
<b>Jun-23</b>	1918	120 5	42 6	21 4	21 7	49	17 8	450 6	50 7	139 3	<b>1061</b> <b>3</b>
<b>Jul-23</b>	1258	131 9	45 0	29 9	25 6	60	0	355 6	48 7	159 9	<b>9284</b>
<b>Ago-23</b>	1547	152 4	54 7	37 0	26 3	18 6	0	308 9	51 7	205 9	<b>1010</b> <b>2</b>
<b>Set-23</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	<b>0</b>
<b>Oct-23</b>	3443	139 2	58 5	57 1	23 9	0	12 5	396 2	45 9	216 1	<b>1293</b> <b>7</b>
<b>Nov-23</b>	4852	135 5	61 3	0	24 6	0	0	464 3	45 8	213 6	<b>1430</b> <b>3</b>

### 2. Inventarios generados:

Siguiendo la definición del inventario (R2), se tiene los siguientes inventarios para los periodos en cuestión. Se evidencia un alto nivel de inventarios en agosto y esto satisface el requerimiento de mayor producción y unidades de reserva en dicho periodo para el mes de setiembre.

**Tabla 63.** Resultados de inventarios generados por periodo pronosticado.

	Invpt									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<b>Jun-23</b>	0	0	0	0	0	0	11 9	0	0	0
<b>Jul-23</b>	0	0	0	0	0	0	59	0	0	0
<b>Ago-23</b>	21 5	14 1	5 5	33	2 4	12 6	6	30 2	4 7	20 7
<b>Set-23</b>	0	0	0	0	0	12 0	0	0	0	0
<b>Oct-23</b>	0	0	0	27 7	0	60	57	0	0	0
<b>Nov-23</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

### 3. Utilización de recursos:

La utilización fue definida a partir del requerimiento unitario, la producción y la disponibilidad. Se tiene los siguientes resultados donde, es factible visualizar que no existe consumo de recursos en setiembre, justamente por la no producción de ese periodo.

**Tabla 64.** Resultados de utilización de recursos por periodo pronosticado.

T/P	Utilización periódica			
	HH	PADDY	SACOS	PABILO
<b>Jun-23</b>	1167.43	6367.8	10613	21226
<b>Jul-23</b>	1021.24	5570.4	9284	18568
<b>Ago-23</b>	1111.22	6061.2	10102	20204
<b>Set-23</b>	0	0	0	0
<b>Oct-23</b>	1423.07	7762.2	12937	25874
<b>Nov-23</b>	1573.33	8581.8	14303	28606

#### 4. Resultados generales

Se define el costo de producción, inventarios y de setup obtenidos, los cuales conforman el costo total o la función objetivo a minimizar.

**Tabla 65.** Resultados generales de costos.

Definición	Costo total
<b>Costo de Producción</b>	S/ 4,379,659.67
<b>Costo de Inventarios</b>	S/ 2,722.50
<b>Costo de Setup</b>	S/ 15,840.00
<b>Total (FO)</b>	<b>S/ 4,398,222.17</b>

#### Análisis de sensibilidad

Debido a que, el complemento Solver incorporado en Excel tiene una limitación de 200 variables y 100 restricciones, y el presente modelo superó dichos límites, se optó por potenciar el complemento mediante Open Solver, el cual mejora y amplía la capacidad del análisis matemático e iteraciones disponibles. Sin embargo, el análisis de sensibilidad característico del Solver no se ve contemplado de manera automática para el Open Solver con su modelo de COIN-OR CBC (Linear Solver), por lo cual, el análisis se considerará respecto a la utilización y disponibilidad de los recursos a fin de recomendar la reducción o minimización de los recursos “bi” para los periodos “t”.



**Tabla 66.** Sensibilidad - permisible reducir de recursos por periodo.

T/P	Permisible reducir			
	HH	PADDY	SACOS	PABILO
Jun-23	944.57	4518.2	7387	22411
Jul-23	1090.76	6132.6	8716	25069
Ago-23	1000.78	6737.8	7898	23433
Set-23	0	0	0	0
Oct-23	688.93	6717.8	5063	17763
Nov-23	538.67	6081.2	3697	15031

Estos resultados indican en cuánto se puede reducir el recurso de acuerdo a la utilización por periodo. Como es evidente, por ejemplo, se puede reducir 944 h, 4518 sacos de MP, 7387 sacos, 22411 metros de pabilo, para la disponibilidad de cada “i” en “t”. A largo plazo, sirve como un indicador para no disponer de los recursos más allá de los necesarios.

#### **Cumplimiento de los supuestos de programación lineal**

Para comprobar que realmente se representó un modelo de programación lineal, se tiene una evaluación de los supuestos característicos de la linealidad definidos en la figura 3; flujograma de modelamiento matemático de programación lineal.

**Tabla 67.** Cumplimiento de los supuestos de linealidad.

Ítem de evaluación	Cumplimiento	Explicación
<b>Identificación de las variables de decisión</b>	<input checked="" type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No	Se definió las variables de decisión en donde lo relevante fue la cantidad de sacos a producir de cada producto “p” en el periodo “t”, así como variables relacionadas con la decisión de producción.
<b>Definición de la función objetivo y optimización</b>	<input checked="" type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No	Se definió la función objetivo la cual abarca los costos de producción, inventarios y decisión de producción para cada producto en cada periodo. Todo esto estuvo ligado a la minimización como objetivo.
<b>Restricciones del modelo</b>	<input checked="" type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No	Se generaron 10 restricciones entre las cuales se consideran aquellas definidas para la no negatividad.

<b>Supuesto de determinismo</b>	<input checked="" type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No	Se conocen todos los parámetros del modelo, ya que fueron definidos con anterioridad, por cual cumple con el supuesto.
<b>Supuesto de proporcionalidad</b>	<input checked="" type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No	La contribución de cada variable es proporcional a su coeficiente. Así misma el grado relativo no supera la unidad (1). Esto es aplicado tanto en la función objetivo como en las restricciones.
<b>Cumplimiento de no negatividad</b>	<input checked="" type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No	Los resultados obtenidos demuestran un cumplimiento de la no negatividad tanto en la producción como en los inventarios generados.
<b>Supuesto de Aditividad</b>	<input checked="" type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No	Se suman las contribuciones tanto en la función objetivo como en las restricciones.
<b>Supuesto de Divisibilidad</b>	<input checked="" type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No	Los resultados son enteros, y una variable resultó binaria.

De esta manera, se comprueba el cumplimiento de los supuestos característicos de un modelo de programación lineal en el modelamiento del presente informe de investigación. Por consiguiente, el modelo sí representa y satisface la linealidad.

### Comparación de resultados

**Tabla 68.** Comparación de costos actuales con costos obtenidos por el modelo matemático.

Modelo	Periodo de eval.	Costo total
Previo (Original)	Jun – Nov 2022	S/ 4,423,520.90
Programación Lineal	Jun – Nov 2023	S/ 4,398,222.17
	<b>Reducción</b>	<b>S/ 25,298.73</b>

Tal y como se evidencia en la tabla 68 se presentó una reducción de S/ 25,298.73 en comparación con el modelo empírico para el mismo intervalo de periodos del año 2022. Por lo cual, se representa un ahorro y beneficio para la empresa.

### Beneficio costo

La implementación de la propuesta conlleva la inversión de ciertos materiales, capacitaciones, implementos y otros recursos necesarios para ser aplicado con éxito, estos se detallan en la tabla 69. La tabla en cuestión considera los recursos necesarios para llevar a cabo la implementación del modelo en la optimización de los costos de la empresa. En principio, aborda licencias originales, de tal manera que no se tenga inconvenientes con la seguridad de los datos, así como que no se presenten errores imprevistos. La computadora deberá ser una capaz de realizar miles de iteraciones en el menor tiempo posible, así, no se saturará con la cantidad de datos a trabajar. De la misma forma, se requiere asesoría más profunda con especialistas, reuniones, debates y consensos para definir políticas o restricciones adicionales a considerar. Por último, el programa de pronósticos también es un detalle muy importante a tener en cuenta, pues sin un buen manejo de, tanto los datos como su debida interpretación, no se podrá gestionar ni modelar adecuadamente la data necesaria para la optimización ni para la planeación de la producción.

**Tabla 69.** Costos estimados de inversión para la aplicación de la herramienta de programación lineal.

Recurso	Costo unitario	Cantidad	Costo total
Licencia de Office 2021	S/ 930.00	1	S/ 930.00
Computadora Ram 12 gb	S/ 4,300.00	1	S/ 4,300.00
Asesoría con especialista	S/ 1,500.00	2	S/ 3,000.00
Capacitación de Open Solver	S/ 500.00	1	S/ 500.00
Capacitación a personal	S/ 2,100.00	3	S/ 6,300.00
Licencia de Oracle Crystal Ball Decision Optimizer (On-Premises)	S/ 2,017.00	1	S/ 2,017.00
Capacitación pronósticos Crystal Ball	S/ 850.00	1	S/ 850.00
<b>TOTAL</b>			<b>S/ 17,897.00</b>

**Tabla 70.** Análisis beneficio - costo.

<b>Beneficio (ahorro)</b>	<b>S/ 25,298.73</b>
<b>Costo de inversión</b>	S/ 17,897.00
<b>Beneficio/costo</b>	<b>1.41</b>

Aplicando la herramienta de programación lineal en la planificación de las actividades productivas de la empresa molinera, y considerando el costo de inversión necesario para su aplicación, por cada S/ 1 invertido, se ganaría S/ 0.41. Por lo cual, es factible la implementación.

### **III.2. Discusión**

La presente investigación recopila datos del periodo de enero de 2022 a mayo de 2023 con el fin de obtener información fiable sobre la producción del Molino de San Martín. Se observa que esta ha presentado costos elevados en los últimos periodos. La deficiente planificación en la producción está ocasionando perjuicio económico a la empresa. Por lo tanto, se resolvió implementar un modelo de programación lineal que arrojó resultados positivos para la empresa.

Los resultados de la programación lineal guardan relación con lo realizado por Aradiel et al. [36] en su artículo titulado "Mejora en el aprovechamiento del espacio cúbico de contenedores de exportación de mangueras en una empresa agroindustrial en el Perú". En dicho artículo, se redujeron los principales costos logísticos mediante la aplicación de un modelo de programación lineal utilizando el programa Excel y su complemento Solver. Para los autores, la programación lineal es una herramienta que ayuda a las empresas en la toma de decisiones y a identificar las mejores opciones para las entregas de exportaciones a diferentes países.

Para determinar las variables de la programación lineal con el objetivo de minimizar los costos en una empresa molinera de arroz en Nueva Cajamarca, se llevó a cabo un análisis documental que incluía los productos (variables) que influyen en el proceso de producción de arroz. Estas variables se definen según la cantidad de sacos a producir para cada marca de arroz que posee la empresa. El proceso de determinación de variables es crucial para iniciar el diseño de un modelo de programación lineal, ya que, si las variables no están definidas por los investigadores, será imposible alcanzar la minimización de los costos.

Así mismo, dentro de todo modelo de programación lineal es necesario definir los índices, parámetros, restricciones y la función objetivo. Especialmente, cuando se habla de una planificación de la producción mediante dicha herramienta, es necesario incluir la restricción de no negatividad y que sean enteras. Por lo cual, el presente informe comparte similitud con [37] en donde se define la notación del modelo, los índices, las restricciones y la definición de las variables, de la misma manera, coincide en la implementación de una variable binaria que indique la decisión de producción siendo para [37] "Wjk" y para la presente investigación " $\delta_{pt}$ ". Otra similitud recae en la demanda pronosticada, restricciones de capacidad de producción e inventarios. Por consiguiente, se resalta la importancia del análisis de las fluctuaciones de la demanda mediante pronósticos para la adecuada programación de la planificación de producción, aspectos que se cumplieron en ambas investigaciones.

En el artículo [38], titulado "Mejoramiento del gel de surimi de anchoveta (*Engraulis ringens*) mediante adición de surimi de brazo de calamar gigante (*Dosidicus gigas*)", se definieron adecuadamente las variables para obtener una composición óptima del producto mediante la aplicación de programación lineal. Se demostró que se logró alcanzar el objetivo establecido. En el desarrollo de la investigación, también se definieron adecuadamente las variables y se logró cumplir el objetivo de minimizar los costos de una molinera en Nueva Cajamarca, utilizando datos de producción desde enero de 2022 hasta mayo de 2023.

## **IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **IV.1. Conclusiones**

Se diagnosticó la situación actual de la empresa molinera respecto a sus costos operativos, en donde se identificaron la falta de planificación de sus actividades debido a que no consideran las fluctuaciones cuantitativas de la demanda.

Se determinó los parámetros para el modelo matemático en el cual se consideró pronósticos de la demanda, capacidad productiva y de inventarios, así como la disponibilidad de recursos por periodo.

Se elaboró y diseñó un modelo matemático siguiendo los criterios y supuesto de la programación lineal, así mismo, cuenta con las características básicas del mismo; función objetivo, restricciones, parámetros e índices.

Se programó y planteó el modelo matemático de programación lineal en el software de Excel, el cual contó de 5 secciones organizadas de manera visual e interactiva; variables de decisión, costos unitarios, disponibilidad y requerimientos unitarios de recursos, pronóstico de la demanda y resultados. A continuación, se iteró con el complemento Open Solver. Así mismo, el modelo cuenta con una opción editable para que la empresa configure el % de inventario de reserva acorde a la demanda de setiembre.

Se realizó un análisis de sensibilidad del modelo en donde se resaltó la posibilidad de reducción de la disponibilidad de algunos recursos para determinados periodos.

Se analizó y encontró una mejora y optimización de los resultados en relación con el periodo previo de producción.

Se evaluó el beneficio – costo de la implementación de la programación lineal en donde se obtuvo un valor de 1.41, es decir, por cada sol invertido se obtiene 0.41 de ganancia. Así mismo, por ser un valor mayor a 1, se entiende que es factible y viable.

Finalmente, se concluye que, la aplicación de la programación lineal en los procesos productivos y en la planificación de la producción de la empresa molinera, logró minimizar los costos totales en S/ 25,298.73. Por lo cual, se acepta la hipótesis de la investigación.

### **IV.2. Recomendaciones**

Es recomendable que la empresa adquiera la versión actualizada del programa Crystal Ball para el pronóstico de la producción de arroz. Esta herramienta proporciona pronósticos precisos y confiables, permitiendo obtener datos para meses futuros y almacenarlos para su revisión posterior.

La empresa tiene que realizar la actualización de los datos, de acuerdo con la disponibilidad del material, la demanda (pronosticada) y los costos unitarios. El mantener los datos actualizados es crucial para garantizar la precisión y eficacia del modelo.

Además, también se recomienda a la empresa que capacite a sus empleados en el uso de los programas mencionados anteriormente. Brindar capacitación adecuada en el manejo de estas herramientas permitirá maximizar su efectividad y obtener los mejores resultados en términos de producción y reducción de costos a largo plazo.

Se recomienda que la empresa implemente un programa de mantenimiento preventivo para sus maquinarias con el objetivo de minimizar los costos asociados a las horas extras y promover una mayor productividad.

## V. REFERENCIAS

- [1] J. M. Nivelá Icaza, C. J. Vera Márquez, R. A. Gil Avilés, R. F. Onofre Zapata y G. M. Carrasco Echevarría, «Las Pymes en el Proceso de Industrialización del Cacao en la Provincia de los Ríos, Ecuador,» *Investigación Operacional*, vol. 40, n° 4, pp. 523-529, 2019.
- [2] D. A. Correa-Mejía, L. Y. Martínez-Molina, M. C. Ruiz-Criollo y M. A. Yepes-Montoya, «Los indicadores de costos: una herramienta para gestionar la generación de valor en las empresas industriales colombianas,» *Estudios Gerenciales*, vol. 34, n° 147, 2018.
- [3] A. Worku, «Cost management practices in manufacturing companies (in case of BGI Ethiopia private limited company),» 2018.
- [4] L. A. Guitiérrez Benites, R. C. Escobar, A. Pérez Matheu, M. Inca Alayo, P. Martínez Juica y Ruiz Toledo, Marcelo, «Análisis de los factores de competitividad para la productividad sostenible de las PYMES en Trujillo (Perú),» *Revista de Métodos Cuantitativos para la Economía y la Empresa*, vol. 29, pp. 208-236, 2018.
- [5] M. E. Paucar Figueroa, «La importancia de implementar un Sistema de Gestión de Costos en las pymes del Perú para lograr un adecuado desarrollo,» *Revista Lidera*, n° 14, pp. 44-47, 2019.
- [6] BCRP, «Actividad Económica: Noviembre 2021 Resumen,» 21 enero 2022. [En línea]. Available:  
<https://www.bcrp.gob.pe/docs/Publicaciones/Notas-Estudios/2022/nota-de-estudios-05-2022.pdf>.
- [7] MINAGRI, «Evolución del Comercio Exterior Agropecuario Peruano Durante la Situación de Emergencia Sanitaria.,» 2021. [En línea]. Available:  
[https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/1636261/comercio\\_exterior\\_agrario\\_2020.pdf.pdf](https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/1636261/comercio_exterior_agrario_2020.pdf.pdf).



- [8] V. Porras Quevedo, «Efectividad de la gestión de costos en las PYMEs agroindustriales de la Región Tacna, 2015,» *La Vida & la Historia*, vol. 6, n° 9(1), pp. 61-73, 2019.
- [9] MINAGRI, «IV Censo Nacional de Arroz en Molinos, Almacenes y comercios mayoristas,» Ministerio de Agricultura y Riego, Lima, 2019.
- [10] Dirección Regional de Agricultura San Martín, «Plan Operativo Institucional (POI),» DRASAM, San Martín, 2018.
- [11] F. A. Pachecho Bautista, Módulo costos de producción, Bogotá: Ediciones USTA, 2020.
- [12] H. M. Vallejos Orbe y M. P. Chilinguina Jaramillo, Costos. Modalidad Órdenes de Producción, Ibarra - Ecuador: Editorial UTN, 2017.
- [13] G. Sinisterra Valencia, Contabilidad de costos, Bogotá - Colombia: Ecoe Ediciones, 2011.
- [14] X. Gómez Agundiz, Gestión de costos y precios, Ciudad de México: Grupo Editorial Patria, 2018.
- [15] J. Heizer y B. Render, Principios de Administración de Operaciones, Naucalpan - México: Pearson Educación, 2009.
- [16] R. Gavali, S. Chavan y G. G. Dongre, «Set-up Time Reduction of a Manufacturing Line using SMED Technique,» *IRJET*, vol. 3, n° 07, 2016.
- [17] I. A. Martínez Salazar y C. Gastón Vértiz, Investigación de Operaciones, México D.F.: Grupo Editorial Patria, 2015.
- [18] P. M. Alzate Montoya, Investigación de operaciones: conceptos fundamentales, Bogotá, Colombia: Ediciones de la U, 2018.
- [19] M. I. Puente Riofrío y Ó. D. Gavilánez Álvarez, Programación Lineal para la Toma de Decisiones, Riobamba - Ecuador: Aval ESPOCH, 2018.
- [20] G. Cabrera Gil y M. Ezilda, Modelos de programación lineal. Guía para su formulación y solución., Lima: Fondo Editorial de la Universidad de Lima, 2017.

- [21] A. Suñé, J. B. Fonollosa y V. Fernández, Programación lineal: métodos cuantitativos para la toma de decisiones, Barcelona: Universitat Politècnica de Catalunya, 2016.
- [22] F. S. Hillier y M. S. Hillier, Métodos cuantitativos para administración, México: MCGraw-Hill/INTERAMERICANA, 2008.
- [23] S. N. Chapman, Planificación y control de la producción, México: PEARSON, 2006.
- [24] L. Krajewski, L. Ritzman y M. Malhotra, Administración de Operaciones. Procesos y cadenas de valor., México: Pearson Educación, 2008.
- [25] T. F. Moreno Castro, El pronóstico de ventas en los negocios: modelos y aplicaciones., Santiago de Chile: RIL Editores, 2019.
- [26] E. J. Montemayor Gallegos, Métodos de pronósticos para negocios, Monterrey: Editorial Digital, 2013.
- [27] F. S. Hillier y G. J. Lieberman, Introducción a la investigación de operaciones, Novena ed., México D.F.: Mc Graw Hill, 2010.
- [28] K. K. Haugen, A. Olstad y B. I. Pettersen, The profit maximizing capacitated lot-size (PCLSP) problem, Norway: Molde University College, 2006.
- [29] V. Barrón de Olivares y M. D'Aquino, Proyectos y metodologías de la investigación, Ituzaingó, Provincia de Buenos Aires: Editorial Maipue, 2020.
- [30] C. M. Arispe Alburqueque, J. S. Yangali Vicente y M. A. Guerrero Bejarano, La investigación científica: una aproximación para los estudios de posgrado, Guayaquil: Universidad Internacional del Ecuador, 2020.
- [31] H. Ñaupas Paitán, M. R. Valdivia Dueñas, J. J. Palacios Vilela y H. E. Romero Delgado, Metodología de la investigación Cuantitativa - Cualitativa y Redacción de la Tesis, Bogotá: Ediciones de la U, 2018.
- [32] A. L. Noreña, N. Alcaraz Moreno, J. G. Rojas y D. Rebolledo Malpica, «Aplicabilidad de los criterios de rigor y éticos en la investigación cualitativa,» *Aquichan*, vol. 12, nº 3, pp. 263-274, 2012.

- [33] J. Delclòs, «Ética en la investigación científica,» *Quaderns de la Fundació Dr. Antoni Esteve*, nº 43, pp. 14-19, 2018.
- [34] M. M. Arias Valencia y C. V. Giraldo Mora, «El rigor científico en la investigación cualitativa,» *Invest Educ Enferm*, vol. 29, nº 3, pp. 500-514, 2011.
- [35] X. Rojas Bravo y B. Osorio A., «Criterios de Calidad y Rigor en la Metodología Cualitativa,» *Gaceta de Pedagogía*, 2017.
- [36] C. G. Aradiel Abad, D. Dávila Vilchez, T. S. Gamboa Rojas y G. P. Veliz Ponce, «Mejora en el aprovechamiento del espacio cúbico de contenedores de exportación de mangueras en una empresa agro industrial en el Perú,» *Revista Ingeniería, Investigación y Desarrollo*, vol. 21, pp. 27 - 31, 2021.
- [37] L. A. d. A. Telles, D. H. B. Binoti, A. R. d. Santos, R. T. Resende, D. G. E. Gonzales, J. E. C. Arroyo, A. S. Lorenzon, G. F. Domingues, G. E. Marcatti, N. L. M. d. Castro y B. d. A. Oliveira, «When, where and what cultivate: An optimization model for rural property planning,» *Journal of Cleaner Production*, vol. 290, 2021.
- [38] R. Santos Maza y V. Daniel Pariona, «Mejoramiento del gel de surimi de anchoveta (*Engraulis ringens*) mediante adición de surimi de brazo de calamar gigante (*Dosidicus gigas*),» *Scielo*, vol. 31, nº 1, pp. 1-8, 2020.

## **ANEXOS**

### **A. Instrumentos**

#### **ENTREVISTA AL GERENTE, JEFE DE PRODUCCIÓN Y CONTADORA DE LA EMPRESA MOLINERA – SAN MARTIN - 2022**

**Nombre del Entrevistado:**

**Fecha:**

**Objetivo:** Obtener información relevante que nos permita conocer la situación actual de la empresa, como la planificación de la producción y los costos que influyen, con la finalidad de poder adquirir información que nos sirva de referencia para la solución de los problemas existentes en el tema de la investigación “Programación lineal para minimizar los costos en una empresa molinera de arroz en Nueva Cajamarca – San Martín 2022”.

1. ¿Qué problemas son más frecuente en el área de producción?
2. ¿Ha ocurrido casos en los que se produce en exceso o, por el contrario, se produce muy poco y no se ha podido satisfacer un pedido?
3. ¿Se realiza un estudio de mercado para conocer las fluctuaciones de la demanda y así planificar sus volúmenes de producción óptimos?
4. ¿Cuenta con información histórica referente a la demanda de periodos previos de cada producto?
5. ¿De qué forma o qué herramientas usa para planificar el volumen de producción por periodo?
6. ¿Cuál es la disponibilidad de recursos que tiene por periodo?
7. ¿Cuál es la capacidad máxima de producción de su maquinaria?
8. ¿Poseen un control de inventarios para los insumos y productos finales?
9. ¿Qué factores considera para calcular su costo de producción?
10. ¿Considera los costos de set-up?
11. ¿Cómo lleva el control de todos estos costos?
12. ¿Ha tomado alguna medida para minimizar los costos incurridos?

## CUESTIONARIO DIRIGIDO A LOS COLABORADORES DEL MOLINO DE SAN MARTIN 2022

El presente instrumento de recolección de datos, tiene como objetivo conocer la situación actual y obtener información acerca del molino, para poder dar una solución al problema a través de la presente investigación “Programación lineal para minimizar los costos en una empresa molinera de arroz en Nueva Cajamarca – San Martín 2022” dicha encuesta será aplicada a los colaboradores del molino en cuestión.

### INSTRUCTIVO

Lea detenidamente cada una de las preguntas y responda marcando con una “X” o una “Aspa” la alternativa de acuerdo a su criterio.

- 1: Totalmente en desacuerdo
- 2: En desacuerdo
- 3: Ni en desacuerdo, ni de acuerdo
- 4: De acuerdo
- 5: Totalmente de acuerdo

### PREGUNTAS:

N°	Pregunta	1	2	3	4	5
1	¿El procedimiento de su trabajo se encuentra estandarizado?					
2	¿La empresa lo capacita para aumentar su desempeño en su área laboral?					
3	¿Considera usted que se tiene una buena planificación de la producción mensual?					
4	¿Se realiza una planificación para el abastecimiento de las materias primas?					
5	¿Cree usted que el molino realiza un estudio del mercado (demanda) para definir la cantidad de producción?					
6	¿Se satisface todos los pedidos o requerimientos del mercado (clientes)?					
7	¿Suelen quedar muchos productos en almacén por tiempos excesivamente largos?					
8	¿Se emplean siempre la misma proporción o cantidad de materia prima para elaborar una unidad de producto?					
9	¿Usa la maquinaria a su máxima capacidad productiva?					
10	¿Lleva un control de inventarios (unidades en almacén) de las materias primas y el producto final?					

## B. Consentimiento informado

### “AÑO DE LA UNIDAD, LA PAZ Y EL DESARROLLO”

Nueva Cajamarca, 3 de junio del 2023

#### Quien suscribe.

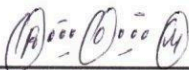
Sr. Alan Oblitas Manosalva.

Gerente General – Industria Molinera Santa Isabel Rice S.A.C.

**Asunto : Permiso y autorización para la recopilación de información pertinente.**

Por la presente yo, **Alan Oblitas Manosalva**, gerente general de la empresa cuya razón social es **Industria Molinera Santa Isabel Rice S.A.C.**, autorizo a los alumnos **Cadenillas Alejandria Karyn Juliana** y **Santa Cruz Gonzáles Brayan Alexander**, identificados con **DNI N° 75425927** y **N° 72625308** respectivamente, para la recopilación, análisis y uso de la información pertinente para efectos, exclusivamente académicos, a fin de contribuir con la elaboración de la tesis de ingeniería industrial cuyo título se denomina: **Programación Lineal Para Minimizar Los Costos En Una Empresa Molinera De Arroz En Nueva Cajamarca – San Martín 2022.**

Atentamente,



---

Alan Oblitas Manosalva  
**Gerente General de la Empresa**

### C. Opinión de Expertos – Entrevista



#### Universidad Señor de Sipán

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Industrial

#### FICHA DE OPINIÓN DE EXPERTOS

Apellidos y nombres del experto: MG. ING. Larrea Colchado Luis Roberto

Grado Académico: Magister

Cargo e Institución: Docente universitario – Universidad Señor de Sipán

Nombre del instrumento a validar: Entrevista

Autor del instrumento: Cadenillas Alejandria Karyn y Santa Cruz Gonzáles Brayan

Título del Proyecto de Tesis: Programación lineal para minimizar los costos en una empresa molinera de arroz en Nueva Cajamarca – San Martín

Indicadores	Criterios	Calificación			
		Deficiente	Regular	Bueno	Muy bueno
		De 0 a 5	De 6 a 10	De 11 a 15	De 16 a 20
Claridad	Los ítems están formulados con lenguaje apropiado y comprensible				x
Organización	Existe una organización lógica en la redacción de los ítems				x
Suficiencia	Los ítems son suficientes para medir los indicadores de las variables			x	
Validez	El instrumento es capaz de medir lo que se requiere				x
Viabilidad	Es viable su aplicación				x

#### Valoración

Puntaje: (De 0 a 20): 17

Calificación: (De Deficiente a Muy bueno): Muy bueno

Observaciones: Entrevista aplicable

Fecha: 30-11-2022

Firma:

LUIS ROBERTO LARREA COLCHADO

No. Colegiatura: 200049



**Universidad Señor de Sipán**

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Industrial

**FICHA DE OPINIÓN DE EXPERTOS**

Apellidos y nombres del experto: Mg. Ing. José Manuel Armas Zavaleta

Grado Académico: Magister

Cargo e Institución: Docente universitario – Universidad Señor de Sipán

Nombre del instrumento a validar: Entrevista

Autor del instrumento: Cadenillas Alejandria Karyn y Santa Cruz Gonzales Brayan

Título del Proyecto de Tesis: Programación lineal para minimizar los costos en una empresa molinera de arroz en Nueva Cajamarca – San Martín

Indicadores	Criterios	Calificación			
		Deficiente	Regular	Bueno	Muy bueno
		De 0 a 5	De 6 a 10	De 11 a 15	De 16 a 20
Claridad	Los ítems están formulados con lenguaje apropiado y comprensible			x	
Organización	Existe una organización lógica en la redacción de los ítems				x
Suficiencia	Los ítems son suficientes para medir los indicadores de las variables				x
Validez	El instrumento es capaz de medir lo que se requiere				x
Viabilidad	Es viable su aplicación				x

**Valoración**

Puntaje: (De 0 a 20): 18

Calificación: (De Deficiente a Muy bueno): MUY BUENO

Observaciones: Entrevista aplicable

Fecha: 04-12-2022



-----  
José Manuel Armas Zavaleta  
ING. INDUSTRIAL  
R. CIP. N° 221101





Universidad Señor de Sipán

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Industrial

**FICHA DE OPINIÓN DE EXPERTOS**

**Apellidos y nombres del experto:** Alvarado Lucero Walter Javier

**Grado Académico:** Ingeniero Industrial

**Cargo e Institución:** Jefe SSO – China Railway Tunnel Group Co. Ltd. Sucursal del Perú

**Nombre del instrumento a validar:** Entrevista

**Autor del instrumento:** Cadenillas Alejandría Karyn y Santa Cruz Gonzáles Brayan

**Título del Proyecto de Tesis:** Programación Lineal Para Minimizar Los Costos En Una Empresa Molinera De Arroz En Nueva Cajamarca – San Martín

Indicadores	Criterios	Calificación			
		Deficiente	Regular	Bueno	Muy bueno
		De 0 a 5	De 6 a 10	De 11 a 15	De 16 a 20
Claridad	Los ítems están formulados con lenguaje apropiado y comprensible				19
Organización	Existe una organización lógica en la redacción de los ítems				18
Suficiencia	Los ítems son suficientes para medir los indicadores de las variables				19
Validez	El instrumento es capaz de medir lo que se requiere				20
Viabilidad	Es viable su aplicación				19

**Valoración**

Puntaje: (De 0 a 20): 19

Calificación: (De Deficiente a Muy bueno): Muy bueno

**Observaciones:**

Fecha: 02/12/2022

Firma:

WALTER JAVIER ALVARADO LUCERO  
INGENIERO INDUSTRIAL  
REG. CIP. 227714

No. Colegiatura: 227714



**Universidad Señor de Sipán**

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Industrial

**FICHA DE OPINIÓN DE EXPERTOS**

Apellidos y nombres del experto: Arrascue Becerra Manuel Alberto

Grado Académico: MBA.

Cargo e Institución: Docente a tiempo parcial en USS, UCV, USAT y UTP.

Nombre del instrumento a validar: cuestionario para entrevista.

Autor del instrumento: Cadenillas Alejandria Karyn y Santa Cruz Gonzáles Brayan

Título del Proyecto de Tesis: Programación Lineal Para Minimizar Los Costos En Una Empresa Molinera De Arroz En Nueva Cajamarca – San Martín

Indicadores	Criterios	Calificación			
		Deficiente	Regular	Bueno	Muy bueno
		De 0 a 5	De 6 a 10	De 11 a 15	De 16 a 20
Claridad	Los ítems están formulados con lenguaje apropiado y comprensible			X	
Organización	Existe una organización lógica en la redacción de los ítems			X	
Suficiencia	Los ítems son suficientes para medir los indicadores de las variables		X		
Validez	El instrumento es capaz de medir lo que se requiere			X	
Viabilidad	Es viable su aplicación			X	


**Valoración**

Puntaje: (De 0 a 20): 15

Calificación: (De Deficiente a Muy bueno): BUENO

**Observaciones:**

Fecha: 4/12/2022

Firma: 

No. Colegiatura: CIP 41882

## D. Opinión de Expertos – Cuestionario



**Universidad Señor de Sipán**

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Industrial

### FICHA DE OPINIÓN DE EXPERTOS

Apellidos y nombres del experto: MG.ING. Ruíz Gómez Percy Jhon

Grado Académico: Magister

Cargo e Institución: Docente Universitario - UCV

Nombre del instrumento a validar: Cuestionario

Autor del instrumento: Cadenillas Alejandria Karyn y Santa Cruz Gonzales Brayan

Título del Proyecto de Tesis: Programación lineal para minimizar los costos en una empresa molinera de arroz en Nueva Cajamarca – San Martín



Indicadores	Criterios	Calificación			
		Deficiente	Regular	Bueno	Muy bueno
		De 0 a 5	De 6 a 10	De 11 a 15	De 16 a 20
Claridad	Los ítems están formulados con lenguaje apropiado y comprensible				x
Organización	Existe una organización lógica en la redacción de los ítems				x
Suficiencia	Los ítems son suficientes para medir los indicadores de las variables				x
Validez	El instrumento es capaz de medir lo que se requiere			x	
Viabilidad	Es viable su aplicación				x

#### Valoración

Puntaje: (De 0 a 20): 18

Calificación: (De Deficiente a Muy bueno): Muy Bueno

**Observaciones: Cuestionario aplicable**

**Fecha: 29/11/2022**

**Firma:**

**No. Colegiatura: 133089**



**Universidad Señor de Sipán**

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Industrial

**FICHA DE OPINIÓN DE EXPERTOS**

Apellidos y nombres del experto: MG. ING. Eva María Chavarry Huamán

Grado Académico: Magister

Cargo e Institución: Docente a tiempo parcial – universidad cesar vallejo

Nombre del instrumento a validar: Cuestionario

Autor del instrumento: Cadenillas Alejandria Karyn y Santa Cruz Gonzales Brayan

Título del Proyecto de Tesis: Programación lineal para minimizar los costos en una empresa molinera de arroz en Nueva Cajamarca – San Martín

Indicadores	Criterios	Calificación			
		Deficiente	Regular	Bueno	Muy bueno
		De 0 a 5	De 6 a 10	De 11 a 15	De 16 a 20
Claridad	Los ítems están formulados con lenguaje apropiado y comprensible				x
Organización	Existe una organización lógica en la redacción de los ítems				x
Suficiencia	Los ítems son suficientes para medir los indicadores de las variables			x	
Validez	El instrumento es capaz de medir lo que se requiere				x
Viabilidad	Es viable su aplicación				x

**Valoración**

Puntaje: (De 0 a 20): 19

Calificación: (De Deficiente a Muy bueno): MUY BUENO

**Observaciones: CUESTIONRIO APLICABLE**

Fecha: 04-12-2022



EVA MARIA CHAVARRY HUAMAN  
INGENIERA INDUSTRIAL  
REG CIP 241298



**Universidad Señor de Sipán**

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Industrial



Universidad Señor de Sipán

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Industrial

**FICHA DE OPINIÓN DE EXPERTOS**

**Apellidos y nombres del experto:** Alvarado Lucero Walter Javier

**Grado Académico:** Ingeniero Industrial

**Cargo e Institución:** Jefe SSO – China Railway Tunnel Group Co. Ltd. Sucursal del Perú

**Nombre del instrumento a validar:** Cuestionario

**Autor del instrumento:** Cadenillas Alejandria Karyn y Santa Cruz Gonzáles Brayan

**Título del Proyecto de Tesis:** Programación Lineal Para Minimizar Los Costos En Una Empresa Molinera De Arroz En Nueva Cajamarca – San Martín

Indicadores	Criterios	Calificación			
		Deficiente	Regular	Bueno	Muy bueno
		De 0 a 5	De 6 a 10	De 11 a 15	De 16 a 20
Claridad	Los ítems están formulados con lenguaje apropiado y comprensible				19
Organización	Existe una organización lógica en la redacción de los ítems				19
Suficiencia	Los ítems son suficientes para medir los indicadores de las variables				19
Validez	El instrumento es capaz de medir lo que se requiere				19
Viabilidad	Es viable su aplicación				19

**Valoración**

Puntaje: (De 0 a 20): 19

Calificación: (De Deficiente a Muy bueno): Muy bueno

**Observaciones:**

Fecha: 02/12/2022

Firma:



WALTER JAVIER ALVARADO LUCERO  
INGENIERO INDUSTRIAL  
REG. CIP. 227714

No. Colegiatura: 227714



**Universidad Señor de Sipán**

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Industrial

**FICHA DE OPINIÓN DE EXPERTOS**

Apellidos y nombres del experto: Rivasplata Sánchez Absalón

Grado Académico: Magister

Cargo e Institución: Docente Tiempo Parcial

Nombre del instrumento a validar: Cuestionario

Autor del instrumento: Cadenillas Alejandria Karyn y Santa Cruz Gonzáles Brayan

Título del Proyecto de Tesis: Programación lineal para minimizar los costos en una empresa molinera de arroz en Nueva Cajamarca – San Martín

Indicadores	Criterios	Calificación			
		Deficiente	Regular	Bueno	Muy bueno
		De 0 a 5	De 6 a 10	De 11 a 15	De 16 a 20
Claridad	Los ítems están formulados con lenguaje apropiado y comprensible			X	
Organización	Existe una organización lógica en la redacción de los ítems				X
Suficiencia	Los ítems son suficientes para medir los indicadores de las variables			X	
Validez	El instrumento es capaz de medir lo que se requiere				X
Viabilidad	Es viable su aplicación				X

**Valoración**

Puntaje: (De 0 a 20): 17

Calificación: (De Deficiente a Muy bueno): Muy Bueno

**Observaciones:**

Fecha:10.12.2022

Firma:

No. Colegiatura: 163595

NOMBRE DEL TRABAJO

**Turnitin-Cadenillas Alejandría-Santa Cruz González.docx**

RECuento DE PALABRAS

**18171 Words**

RECuento DE CARACTERES

**93323 Characters**

RECuento DE PÁGINAS

**89 Pages**

TAMAÑO DEL ARCHIVO

**2.6MB**

FECHA DE ENTREGA

**Jul 31, 2024 11:49 PM GMT-5**

FECHA DEL INFORME

**Jul 31, 2024 11:50 PM GMT-5**

● **13% de similitud general**


El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base de datos.

- 12% Base de datos de Internet
- 1% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de Crossref
- Base de datos de contenido publicado de Crossref
- 5% Base de datos de trabajos entregados

Derechos Reservados - Copyright  
Dirección de Tecnología e Información  
Desarrollo de Sistemas  
eSeuss@uss.edu.pe

● **Excluir del Reporte de Similitud**

- Material bibliográfico
- Material citado
- Coincidencia baja (menos de 8 palabras)

	<b>ACTA DE SEGUNDO CONTROL DE REVISIÓN DE SIMILITUD DE LA INVESTIGACIÓN</b>	Código:	F3.PP2-PR.02
		Versión:	02
		Fecha:	18/04/2024
		Hoja:	1 de 1

**ACTA DE SEGUNDO CONTROL DE ORIGINALIDAD DE LA INVESTIGACIÓN**

Yo, Jorge Tomás Cumpa Vásquez, Coordinador de Investigación de la Escuela Profesional de Ingeniería Industrial, he realizado el segundo control de originalidad de la investigación, el mismo que está dentro de los porcentajes establecidos según la Directiva de similitud vigente en la USS, además certifico que la versión que hace entrega es la versión final del informe titulado: **PROGRAMACIÓN LINEAL PARA MINIMIZAR LOS COSTOS EN UNA EMPRESA MOLINERA DE ARROZ EN NUEVA CAJAMARCA – SAN MARTÍN**, elaborado por los bachilleres **CADENILLAS ALEJANDRIA KARYN JHULIANA y SANTA CRUZ GONZALES BRAYAN ALEXANDER**.

Se deja constancia que la investigación antes indicada tiene un índice de similitud del **13%**, verificable en el reporte final del análisis de originalidad mediante el software de similitud TURNITIN.

Por lo que se concluye que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio y cumple con lo establecido en las directivas vigentes sobre índice de similitud de los productos académicos de investigación vigente.

Pimentel, 23 de setiembre de 2024

Derechos Reservados - Copyright  
Dirección de Tecnologías de la Información  
Desarrollo de Sistemas  
e@euss@uss.edu.pe



**Mg. Jorge Tomás Cumpa Vásquez**  
**Coordinador de Investigación**  
**Escuela Profesional de Ingeniería Industrial**  
**DNI N° 42851553**